

UVIC

UNIVERSITAT DE VIC
UNIVERSITAT CENTRAL
DE CATALUNYA

LLIÇÓ INAUGURAL 2014-2015

AIGUA I TERRITORI.
APORTACIONS DE LA CIÈNCIA
EN LA SEVA GESTIÓ.

Dr. Lluís Benejam i Vidal
Escola Politècnica Superior



SCIENTIAE PATRIAEQUE
IMPENDERE VITAM

Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya

Lliçó inaugural

2014-2015

**AIGUA I TERRITORI.
APORTACIONS DE LA CIÈNCIA
EN LA SEVA GESTIÓ.**

Dr. Lluís Benejam i Vidal

La població mundial d'individus de la nostra espècie ha crescut de manera exponencial els últims segles (Duarte *et al.*, 2009). Fa 12.000 anys, la població de caçadors-recol·lectors era de 6 milions de persones. El desenvolupament de l'agricultura i la ramaderia va facilitar que augmentés la població mundial, fins a 250 milions de persones l'any 1, i uns 800 milions el 1750. Finalment, l'augment de la població mundial es va accelerar amb la revolució industrial. Des de fa 250 anys, ha augmentat de manera pràcticament exponencial i, en l'actualitat, continua creixent, encara que a un ritme cada vegada menor. Avui vivim sobre la Terra al voltant de 7.000 milions de persones, tres vegades més que el 1930, i quasi dues vegades més que el 1960 (Sapiña, 2002; WPP, 2012). En paral·lel al creixement de la població humana també ha augmentat el consum de recursos naturals per càpita (Duarte *et al.*, 2009). El creixement exponencial de la població humana i el consum dels recursos naturals dins un planeta finit està generant problemes i reptes de primera magnitud.

CANVI GLOBAL

Al conjunt de transformacions que es produeixen en el medi ambient com a conseqüència de les nostres activitats li hem donat el nom de canvi global. El nostre planeta, com tots els altres, està instal·lat en el canvi. Un canvi que, en moltes ocasions durant la història de la Terra, ha estat espectacular, més que no pas el que ara coneixem com a "canvi global". De totes maneres, molts d'aquests grans canvis s'han produït a escala geològica, moltes vegades de milions d'anys, mentre que l'actual és un canvi accelerat que es produeix en poques dècades (Peñuelas, 1993). Efectivament, al llarg dels últims anys, el Planeta ha vist com creixia exponencialment tant la població d'una de les seves espècies, la humana, com l'ús que aquesta espècie feia dels recursos i de l'energia en les seves activitats exosomàtiques, com el transport o la indústria (Filella

i Peñuelas, 2002). El creixement de la població humana, i el creixement dels recursos necessaris per sostenir aquesta població, es manté gràcies a una sèrie d'activitats (agricultura, ramaderia i pesca, indústria, comerç internacional). Aquestes activitats transformen les terres, alteren els principals cicles biogeoquímics, i afegeixen o eliminen espècies en molts ecosistemes (Duarte *et al.*, 2009). Aquests components primaris del canvi global interaccionen entre si i poden provocar, a més, altres alteracions en el funcionament de l'ecosistema global, com el canvi climàtic, que té el seu origen en l'augment de les concentracions dels gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera, i les extincions d'espècies, és a dir, la pèrdua de diversitat biològica. Tots aquests fenòmens, juntament amb altres, com l'augment de les concentracions de productes tòxics en el medi ambient, l'erosió del sòl, la desaparició de la capa d'ozó o l'augment de l'acidesa de les precipitacions, són la conseqüència de l'apropiació de la biosfera per la nostra espècie (Sapiña, 2002).

Esquemàticament, els principals components del canvi global són:

- Pèrdua de biodiversitat: canvi d'úsos del sòl, destrucció directa dels hàbitats, extinció d'espècies, introducció d'espècies exòtiques, homogeneïtzació biòtica...
- Contaminació de la terra, l'aigua i l'aire amb productes tòxics.
- Alteració de cicles biogeoquímics: que comporta l'alteració de l'atmosfera, l'augment de l'acidesa de les precipitacions, la disminució de la capa d'ozó i el canvi climàtic.

En aquesta lliçó inaugural esmentaré com, des de treballs científics desenvolupats per membres de la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya (UVic-UCC), concretament des del grup de recerca BETA (Biodiversitat, Ecologia, Tecnologia i Gestió Ambiental), estudiem l'impacte del canvi global en l'aigua i el territori, realitzem modelitzacions per fer estimacions de futur, i desenvolupem eines per prevenir, minimitzar i gestionar el canvi global en el nostre planeta. Faré aquest repàs a partir de tres components importants del canvi global: pèrdua de biodiversitat, contaminació i canvi climàtic.

PÈRDUA DE BIODIVERSITAT

Canvi d'usos del sòl i ús de l'aigua

Un dels components més importants del canvi global és la transformació de la superfície del nostre planeta. La meitat de la superfície la Terra ja ha estat transformada per l'acció humana (MEA, 2005). A nivell mundial, al voltant del 40% de la superfície terrestre està dedicada a conreus i pastures, i més del 60% dels boscos temperats s'ha transformat en produccions agrícoles o terrenys urbanitzats (MEA, 2005; Beaudry *et al.*, 2013). A la Xina, del 1976 al 2003, 140.000 hectàrees de selva tropical van ser reemplaçades per cultius de cautxú (*Hevea brasiliensis*) (Li *et al.*, 2007). Les praderies naturals a Uruguai es van transformar en terres de pastura després de la introducció de bestiar fa 400 anys, i avui dia ocupen el 77% de la superfície del país (MGAP, 2012). D'altra banda, l'ús del sòl agrícola s'ha intensificat després de la implementació de pràctiques intensives modernes, com ara l'aplicació de fertilitzants, pesticides i herbicides per millorar els rendiments dels cultius i la concentració d'altres densitats de bestiar per augmentar l'eficiència de la producció (Tilman *et al.*, 2002). Durant els últims 40 anys, ha augmentat un 700% l'ús mundial de fertilitzants (Foley *et al.*, 2005). La transformació de la coberta natural del Planeta en sòl urbà afecta la integritat ecològica dels ecosistemes i fins i tot pot provocar canvis en el clima regional (Allan, 2004). El sòl urbà, tot i que representa un percentatge petit de la coberta, té un impacte extremadament alt en comparació amb els altres usos del sòl (Foley *et al.*, 2005). Les transformacions de la coberta natural tenen un impacte negatiu en la conservació de la biota a través d'una cascada d'interaccions biòtiques i abiòtiques (Blevins, 2013). La riquesa d'espècies i la integritat biòtica de les comunitats solen disminuir al llarg del gradient de modificació de l'ús del sòl, com es veu en diferents parts del món per als mamífers, aus, herpetofauna i peixos (Herremans, 1998; Blevins *et al.*, 2013; Bhagabati *et al.*, 2014). Estudis recents fets des del nostre grup de recerca, en col·laboració amb la Universitat de la República d'Uruguai, indiquen que els usos del sòl en aquell país tenen un efecte molt important en l'estructura de la comunitat de peixos, no solament en la riquesa i la diversitat d'espècies, sinó també en la seva estructura de mides i en la capacitat de producció de les poblacions.

Els ecosistemes d'aigua dolça són essencials per a la societat humana i per aquest mateix motiu han estat àmpliament alterats amb la construcció de preses i l'extracció d'aigua (Baron *et al.*, 2002; Nilsson *et al.*, 2005). Aquestes accions poden alterar profundament l'estructura i la funció ecològica de la biota aquàtica. Encara que els éssers humans només exploten el 10-15% de l'aigua dolça superficial mundial, l'extracció d'aigua (sobretot per a reg agrícola i aigua de boca) és molt intensiva en moltes regions àrides o semiàrides (Vörösmarty i Sahagian, 2000). Les zones mediterrànies (e.g. conca Mediterrània, Califòrnia) es veuen especialment afectades per l'extracció d'aigua (ja sigui superficial o subterrània), ja que combinen un dèficit de disponibilitat d'aigua superficial amb altes densitats de població humana i desenvolupament de l'agricultura (Gasith i Resh, 1999). El procés de reducció de la columna d'aigua dels sistemes aquàtics implica una pèrdua de la seva qualitat (a nivell fisicoquímic i biològic) i una alteració de la xarxa tròfica, així com la força i l'estructura de les interaccions interespecífiques (Lake, 2003; Davey i Kelly, 2007). Aquests canvis solen causar reduccions en la densitat de població i la riquesa d'espècies, sobretot d'espècies natives i intolerants (Lake, 2003; Magalhães *et al.*, 2007; Benejam *et al.*, 2010a). Els efectes negatius sobre la reproducció, la condició i el creixement dels peixos individuals també han estat comprovats (Keaton *et al.*, 2005; Benejam *et al.*, 2010b).

Òbviament la utilització (i.e. alteració) de la superfície del Planeta i dels sistemes d'aigua dolça és necessari per a la supervivència de la nostra espècie. Tot i així, un ús massa intensiu o una alteració massa extensiva pot anar contra els nostres propis interessos i qualitat de vida, ja que els serveis ecosistèmics es poden veure greument afectats i poden provocar problemes en el subministrament d'aigua potable, retenció de carboni, reducció en la prevenció de riudes... Per tant, convé fer un ús racional, responsable i intel·ligent de la quantitat d'hàbitats modificats i de la intensitat de l'alteració aplicada, ja no solament per garantir la biodiversitat, sinó també el nostre propi benestar.

Espècies exòtiques i homogeneïtzació biòtica

Les espècies introduïdes es consideren actualment un component més del canvi ambiental global, conjuntament amb el canvi climàtic o la destrucció i alteració d'hàbitats. La introducció d'espècies fora de la seva zona natural és una de les causes principals d'extinció d'espècies (Clavero i García-Berthou, 2005). Els ecosistemes aquàtics continentals a Ibèria estan altament afectats per la presència d'espècies exòtiques i els últims anys hem continuat detectant noves introduccions com el silur (*Silurus glanis*) al Llobregat (Benejam *et al.*, 2007), la brema (*Abramis brama*) a la Muga (Benejam *et al.*, 2005) o el cranc americà ratllat (*Orconectes limosus*) a l'embassament de Boadella (Benejam *et al.*, 2011). Els efectes de les espècies exòtiques invasores es produeixen a diferents nivells biològics: genètic, individual, població, comunitat i ecosistema. El principal impacte genètic és la hibridació i la introgressió genètica, és a dir, l'encreuament entre espècies diferents o entre individus de llinatges o poblacions genèticament diferents (Lockwood *et al.*, 2007), aquest fet és molt comú en peixos continentals ibèrics. Els impactes a nivell individual de les espècies introduïdes són l'alteració de l'eficàcia biològica així com canvis en l'etologia, morfologia, ecofisiologia i taxes demogràfiques com el creixement i la mortalitat (Cucherousset i Olden, 2011). La depredació és un dels mecanismes d'impacte de les espècies invasores més coneguts. A la península Ibèrica, han estat introduïts diversos peixos piscívors, fonamentalment per a la pesca esportiva (Leunda, 2010), com ara el lluci (*Esox lucius*), la perca americana (*Micropterus salmoides*) o el silur (*Silurus glanis*). La introducció d'aquests peixos piscívors ha tingut un gran impacte sobre la fauna nativa de la Península, ja que les seves poblacions han evolucionat sense aquesta pressió depredadora i per tant hi estan poc adaptades (Leunda, 2010). Un altre efecte de les espècies exòtiques és que actuen de vector, ja que sovint porten associada biota (interna o externa) que també pot provocar impactes. Per exemple el fong *Aphanomyces astaci* que porten sobre la cutícula les diferents espècies de cranc de riu americà introduïdes a Europa ha provocat la desaparició de centenars de poblacions de crancs de riu europeus que no són resistent a aquest fong. Així mateix, la introducció del musclo zebra (*Dreissena polymorpha*) a la conca de l'Ebre va portar associada la introducció

d'un paràsit, *Phyllodistomum folium*, fins ara no present a la Península. Aquest paràsit el vam detectar a la bufeta urinària de diferents espècies de peixos a l'Ebre (Peribáñez *et al.*, 2010). Les espècies exòtiques també comporten alteracions significatives en la comunitat en provocar canvis en la proporció d'espècies, en l'estructura tròfica i arribant a produir extirpacions i extincions massives. La introducció d'espècies exòtiques implica variacions en la proporció relativa d'individus de les diferents espècies de peixos que formen les comunitats (Cucherousset i Olden, 2011). L'impacte de les espècies exòtiques sovint 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, per exemple, peixos on no n'hi havia de forma natural o afegir una espècie exòtica que té una ecologia diferent de les natives sovint provoca efectes ecosistèmics marcats (García-Berthou, 2001).

Les comunitats biòtiques s'estan homogeneïtzant arreu del món. Als Estats Units es va detectar un augment molt significatiu de la similitud de les comunitats de peixos de les diferents conques comparant la situació actual amb la prèvia a l'arribada dels europeus (Rahel, 2000). A la Península Ibèrica, també s'han trobat resultats semblants comparant la composició de les comunitats de peixos (abans de la intervenció humana, 1991, 1995 i 2001) entre conques fluvials. Es va detectar que el percentatge d'espècies introduïdes de peixos s'ha incrementat en els últims temps (del 41.8% en 1991 al 52.5% el 2001), el que porta a un clar augment de la similitud de composició de la comunitat entre conques (Clavero i García-Berthou, 2006). En el mateix estudi es va detectar un augment de l'índex de Jaccard (una mesura de l'homogeneïtzació biòtica) des de la situació prístina fins a l'actualitat (17.1%).

A part dels impactes a nivell biològic, les espècies exòtiques poden tenir un impacte econòmic multimilionari. Com per exemple a Catalunya el cargol poma (*Pomacea bridgesii*) als arrossars del Delta de l'Ebre o el musclo zebra que col·lapsa conduccions d'aigua de rec, aigua potable, comportes d'embassaments i sistemes de refrigeració de centrals nuclears arreu d'Europa i Estats Units. L'eradicació d'espècies exòtiques una vegada s'han establert als ecosistemes és molt complicada i econòmica-

ment costosa. Per tant, una legislació clara i el desenvolupament eficient de tasques de prevenció són la millor recepta per evitar-ne l'impacte negatiu.

CONTAMINACIÓ

Els ecosistemes d'aigua dolça tenen la capacitat d'aportar-nos informació de tot allò que succeeix a la conca hidrogràfica per on transcorren. Per tant, podem utilitzar els rius, l'aigua freàtica, els embassaments i aigües subterranies com informadors del que està passant als ecosistemes terrestres. La contaminació del sòl i les aigües pot tenir, entre d'altres, origen urbà, agrícola i industrial. En tots aquests casos la contaminació pot ser més o menys intensiva pel que fa a la quantitat de contaminants així com a la seva tipologia. Malgrat els esforços que s'han realitzat durant les últimes dècades per reduir la contaminació en els ecosistemes aquàtics, encara hi ha alguns casos d'elevada acumulació de contaminants com a conseqüència d'antigues activitats industrials. Per exemple, alguns sistemes aquàtics d'Europa (com el Llac Kernaala a Finlàndia o Karatas i Menzelet a Turquia) tenen importants acumulacions de metalls pesants i PCBs. Un altre exemple més proper és a l'embassament de Flix, al riu Ebre, on hi ha al voltant de 200.000-360.000 tones de contaminants industrials amb una alta concentració de metalls pesants i compostos organoclorats a causa de l'activitat d'una indústria d'organoclorats durant més de mig segle (Grimalt *et al.*, 2003). Dins d'un gran programa de l'administració pública (catalana i espanyola) per tal de retirar aquests tòxics i restaurar el riu, diferents universitats i centres de recerca vam fer estudis preliminars a la seva retirada per tal de: 1) avaluar l'impacte que estaven produint els tòxics, 2) determinar el perill real per l'ecosistema (inclosa la població humana), 3) obtenir informació per poder planificar en detall la seva retirada. Durant aquests treballs previs a la retirada dels fangs tòxics vam poder comprovar com els contaminants (mercuri i organoclorats) havien penetrat a la xarxa tròfica del riu, ja que els vam detectar en diferents espècies de peixos i fins i tot d'ocells (Navarro *et al.*, 2009; Olivares *et al.*, 2010). L'acumulació dels contaminants a diferents parts del peix vam comprovar que comportava efectes negatius en la seva

salut (menor condició física, major presència de paràsits) i disminució de la seva capacitat reproductiva (Benejam *et al.*, 2010b). Actualment s'està portant a terme una impressionant obra d'enginyeria per tal de retirar els tòxics i restaurar el riu, la qual cosa garantirà una bona salut per a l'ecosistema i, alhora, eliminarà la possibilitat de problemes futurs per a la salut de la població de l'entorn.

Per altra banda, la contaminació per sobrefertilització de camps agrícoles amb dejeccions ramaderes és també present al nostre país. Concretament a Osona, dotzenes de fonts presenten elevades concentracions de nitrats (Prat *et al.*, 2011). El desenvolupament de noves tecnologies i processos per tal de fer tractaments integrals sobre aquestes dejeccions és imprescindible per garantir la salut (la nostra i la de l'ecosistema), alhora que obre noves possibilitats a nivell energètic i econòmic (pel biogàs produït i la cogeneració d'energies elèctrica i tèrmica) (Ponsá *et al.*, 2001; Turet *et al.*, 2014).

CANVI CLIMÀTIC

A la finals del segle XVII l'home va començar a utilitzar combustibles fòssils que la Terra havia acumulat en el subsòl durant la seva història geològica. La crema de petroli, carbó i gas natural ha causat un augment del diòxid de carboni (CO_2) a l'atmosfera juntament amb altres gasos d'efecte hivernacle responsables de l'escalfament global, com ara el metà (CH_4), l'òxid nitrós (N_2O) i els hidrofluorocarbonats (HFC), tots ells contemplats en el Protocol de Kyoto. Existeixen nombrosos treballs que constaten l'increment de temperatura experimentat arreu del món i també a Catalunya (Prat i Manzano, 2009). S'estima que aquest increment ha estat d'uns $0,15\text{ }^\circ\text{C}$ per dècada de mitjana a Catalunya, al llarg de bona part del segle passat, de forma més acusada a l'estiu i per a les temperatures màximes diàries. El reflex d'aquests canvis en la temperatura de l'aigua del mar ha estat de $0,35\text{ }^\circ\text{C}$ per dècada segons enregistrament a l'Estartit des del 1974. Les projeccions globals que proporciona el 4t informe de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) no ofereixen cap dubte en relació al fet que durant el segle XXI s'espera un augment de la tempera-

tura mitjana del Planeta. Així, la temperatura mitjana global a finals del segle XXI seria entre 1,1 i 6,4 °C superior a la mitjana global del període 1980-1999, i aquest rang d'augment depèn de l'escenari d'emissions. Concretament a Catalunya, s'estima que la temperatura mitjana podria pujar entre 4 i 5,5 °C a finals de segle. Aquest augment seria molt més important a l'estiu als Pirineus i les comarques interiors (fins a 7 °C), i més moderat a l'hivern per a les zones costaneres (a l'entorn de 3 °C). Aquest augment de temperatura, juntament amb variacions també en les precipitacions, porten associats canvis en la hidrologia i l'evapotranspiració que porten canvis en els règims de sequeres, cabals, nivell dels aqüífers i en molts altres aspectes relacionats. Pel que fa a la biota, cal destacar com l'increment de temperatura de les darreres dècades està donant lloc a importants alteracions fenològiques en el cicle anual de moltes plantes i animals. Les fulles de molts arbres, les flors de moltes plantes i molts insectes associats fan la seva aparició entre 10 i 20 dies abans del que ho feien fa uns 40 anys (Prat i Manzano, 2009). El desfasament del rellotge ecològic, que determina l'habilitat competitiva entre espècies, pot posar en risc la conservació de certs ecosistemes. Caldrà seguir de prop aquests fenòmens, així com l'evolució de la capacitat adaptativa davant de l'enorme velocitat dels canvis observats en el clima i de les seves projeccions per al futur.

Dins d'aquest context, diferents estudis realitzats per membres del grup BETA de la nostra universitat intenten aprofundir en els efectes del canvi climàtic a la biota. Durant aquest estiu de 2014 diferents professors i estudiants de la UVic-UCC han fet durant tres mesos un experiment al llac Myvatn a Islàndia. La presència de surgències termals en diferents punts del llac permet estudiar el funcionament del mateix ecosistema en diferents temperatures i modelitzar els efectes del canvi climàtic. Així mateix, en col·laboració amb la Universitat d'Aarhus (de Dinamarca), estem estudiant l'edat i el creixement de la truita alpina (*Salvelinus alpinus*) a Grenlàndia, a través dels seus otòlits. En aquest cas s'estudien poblacions d'aquesta espècie situades a diferents zones amb diferències en altitud i latitud (per tant, amb un gradient de temperatura).

Altres treballs semblants ja estan acabats i publicats. Per exemple, s'ha estudiat l'efecte del gradient latitudinal (i per tant de temperatura) al

llarg dels Països Catalans (més de 5° de gradient latitudinal) en el cicle de vida de la gambúsia (*Gambusia holbrooki*), una espècie nord-americana amb caràcter invasiu introduïda arreu del món (Benejam *et al.*, 2009). En aquest estudi es va detectar com les poblacions situades en latituds sud eren més abundants i presentaven major potencial reproductor. En canvi, les poblacions situades més al nord (coincidint amb el límit de distribució de l'espècie) presentaven densitats menors. Els resultats suggerien que un augment de temperatura permetria augmentar l'abundància i distribució de l'espècie més al nord d'Europa amb els perjudicis que comportaria a nivell de conservació de la biodiversitat, ja que és una espècie que provoca un impacte negatiu en les poblacions d'amfibis i d'invertebrats aquàtics. Per altra banda, en col·laboració amb diferents universitats europees i dins del projecte Wiser (Water bodies in Europe: Integrative Systems to assess Ecological status and Recovery) s'ha treballat amb una gran base de dades de peixos d'un miler de llacs europeus repartits al llarg d'un extens gradient latitudinal. Els treballs s'han centrat sobretot a estudiar la mida corporal com a eina predictora de l'estratègia d'adaptació del peix i, en última instància, dels efectes del canvi global. En un d'aquests estudis a gran escala es va poder comprovar com en els llacs més grans i més profunds de zones càlides (sud d'Europa) tendeixen a tenir major riquesa i diversitat d'espècies (Bruçet *et al.*, 2013). L'abundància de peixos es va relacionar principalment amb la productivitat impulsada per factors antropogènics tot i que els factors climàtics també hi tenien un pes específic. En llacs amb menor altitud (més càlids) i menys profunds, que solen ser més eutròfics, l'abundància de peix era significativament més alta que en els llacs més profunds i freds del nord d'Europa. Així mateix es va comprovar com la longitud del peix augmenta amb l'altitud i disminueix amb l'augment de l'estacionalitat i de la temperatura. En un altre treball també realitzat en llacs europeus (Emmrich *et al.*, 2014) es detecta com els llacs localitzats a la zona càlida de terres baixes d'Europa, la comunitat de peixos està formada per espècies de longitud petita i la distribució de mides segueix una relació lineal. En canvi, en els llacs de zones fredes, la comunitat de peixos està dominada per salmònids de longituds grans i distribucions de mides seguint patrons unimodals o bimodals. Aquests resultats mostren la força predictora de la temperatura per explicar la variabilitat en l'estructura de mides de la comunitat de peixos.

Al llarg d'aquesta exposició he intentat fer un repàs dels principals reptes i problemàtiques que el canvi global està generant al nostre planeta. Així mateix, hem vist com des de la ciència podem estudiar aquests efectes i els podem modelar fent prediccions de futur. Les eines que es generen des dels treballs científics per fer el seguiment d'aquest canvi global ha de permetre als gestors i a la comunitat internacional, prendre les decisions adequades per tal de reduir la pèrdua de biodiversitat i garantir el benestar del Planeta i de la nostra espècie.

Moltes gràcies a tothom, i bon curs 2014-2015.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- ALLAN J.D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 257-84.
- BARON J.S., POFF N.L., ANGERMEIER P.L. 2002. Meeting ecological and societal needs for freshwater. *Ecological Applications* 12: 1247-1260.
- BEAUDRY F., RADELOFF V.C., PIDGEON A.M., PLANTINGA A.J., LEWIS D.J., HELMERS D., BUTSIC V. 2013. The loss of forest birds habitats under different land use policies as projected by a coupled ecological-econometric model. *Biological Conservation* 165: 2-8.
- BENEJAM L., CAROL J., ALCARAZ C., GARCÍA-BERTHOU E. 2005. First record of the common bream (*Abramis brama*) introduced to the Iberian Peninsula. *Limnetica* 24: 273-274.
- BENEJAM L., BENITO J., CAROL J., GARCÍA-BERTHOU E. 2007. On the spread of the European catfish (*Silurus glanis*) in the Iberian Peninsula: first record in the Llobregat river basin. *Limnetica* 26: 169-171.
- BENEJAM L., ALCARAZ C., SASAL P., SIMON-LEVERT G., GARCÍA-BERTHOU E. 2009. Life history and parasites of an invasive fish (*Gambusia holbrooki*) along a latitudinal gradient. *Biological Invasions* 11: 2265-2277.
- BENEJAM L., ANGERMEIER P.L., MUNNÉ, A., GARCÍA-BERTHOU E. 2010a. Assessing effects of water abstraction on fish assemblages in Mediterranean streams. *Freshwater Biology* 55: 628-642.
- BENEJAM L., BENITO J., GARCÍA-BERTHOU E. 2010b. Decrease of condition and fecundity of freshwater fish in a highly polluted reservoir. *Water, Air & Soil Pollution* 210: 231-242.
- BENEJAM L., SAURA-MAS S., SAPERAS A. 2011. First record of the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) introduced to the Iberian Peninsula. *Aquatic Invasions* 6: 111-113.
- BHAGABATI N.K., RICKETTS T., SULISTYAWAN T.B.S. 2014. Ecosystem services reinforce Sumatran tiger conservation in land use plans. *Biological Conservation* 169: 147-156.
- BLEVINS Z.W., EFFERT E.L., WAHLB D.H., SUSKIA C.D. 2013. Land use drives the physiological properties of a stream fish. *Ecological Indicators* 24: 224-235.
- BRUCET S., PÉDRON S., MEHNER T., LAURIDSEN T.L., ARGILLIER C., WINFIELD I.J., VOLTA P., EMMRICH M., HESTHAGEN T., HOLMGREN K., BENEJAM L., KELLY F., KRAUSE T., PALM A., RASK M., JEPPESEN E. 2013. Fish diversity in European lakes: geographical predictors dominate over anthropogenic pressures. *Freshwater Biology* 58: 1779-1793.
- CLAVERO M., GARCÍA-BERTHOU E. 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 110-115.

- CLAVERO M., GARCÍA-BERTHOU E. 2006. Homogenization dynamics and introduction routes of invasive freshwater fish in the Iberian Peninsula. *Ecological Applications* 16: 2313-2324.
- CUCHEROUSSET J., OLDEN J.D. 2011. Ecological impacts of non-native freshwater fishes. *Fisheries* 36: 215-230.
- DAVEY A.J.H., KELLY D.J. 2007. Fish community responses to drying disturbances in an intermittent stream: a landscape perspective. *Freshwater Biology* 52: 1719-1733.
- DUARTE C., ABANADES J.C, AGUSTÍ S. 2009. *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. ISBN (CSIC): 978-84-00-08915-3 pp. 252.
- EMMRICH M., PÉDRON S., BRUCET S., WINFIELD I.J., JEPPESEN E., VOLTA P., ARGILLIER C., LAURIDSEN T.L., HOLMGREN K., HESTHAGEN T., MEHNER T. 2014. Geographical patterns in the size structure of European lake fish communities along abiotic and biotic gradients. *Journal of Biogeography*. En premsa.
- FILELLA I., PEÑUELAS J. 2002. Canvi de clima, canvi de vida. *Mètode*, 34.
- FOLEY J., DEFRIES R., ASNER G.P. 2005. Global Consequences of Land Use. *Science* 309: 570-574.
- GARCÍA-BERTHOU, E. 2001. Size- and depth-dependent variation in habitat and diet of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquatic Sciences* 63: 466-476.
- GASITH A., RESH V.H. 1999. Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 1-81.
- GRIMALT J.O., SÁNCHEZ-CABEZA J.A., PALANQUES A., CATALAN J. 2003. *Study of the dynamics of the persistent organochlorine compounds and other pollutants in the continental aquatic systems* (in catalan). Catalan Water Agency, Government of Catalonia.
- HERREMANS M. 1998. Conservation status of birds in Botswana in relation to land use. *Biological Conservation* 86: 139-160.
- KEATON M., HANEY D., ANDERSEN C.B. 2005. Impact of drought upon fish assemblage structure in two South Carolina Piedmont streams. *Hydrobiologia* 545: 209-223.
- LAKE P.S. 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology* 48: 1161-1172.
- LEUNDA P.M. 2010. Impacts of non-native fishes on Iberian freshwater ichthyofauna: current knowledge and gaps. *Aquatic Invasions* 5: 239-262.
- LI H., AIDE M., MA Y., LIU W., CAO M. 2007. Demand for rubber is causing the loss of high diversity rainforest in SW China. *Biodiversity Conservation* 16: 1731-1745.
- LOCKWOOD J., HOOPES M., MARCHETTI M. 2007. *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing, Massachusetts, EUA.
- MAGALHÃES M.F., BEJA P., SCHLOSSER I.J., COLLARES-PEREIRA M.J. 2007. Effects of multi-year droughts on fish assemblages of seasonally drying Mediterranean streams. *Freshwater Biology* 52: 1494-1510.

- MGAP: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de la República de Uruguay. 2012. *Anuario estadístico agropecuario*.
- MEA: Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- NAVARRO A., QUIRÓS L., CASADO M., FARIA M., CARRASCO L., BENEJAM L., BENITO J., DIEZ S., RALDÚA D., BARATA C., BAYONA J.M., PIÑA B. 2009. Physiological responses to mercury in feral carp populations inhabiting the low Ebro River (NE Spain), a historically contaminated site. *Aquatic Toxicology* 93: 150-157.
- NILSSON C., REIDY C.A., DYNESIUS M., REVENGA C. 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308: 405-408.
- OLIVARES A, QUIRÓS L, PELAYO S, NAVARRO A, BOSCH C, GRIMALT JO, FABREGAT MD, FARIA M, BENEJAM L, BENITO J, SOLÉ M, BARATA C, PIÑA B. 2010. Integrated biological and chemical analysis of organochlorine compound pollution and of its biological effects in a riverine system downstream the discharge point. *Science of the Total Environment* 408: 5592-5599.
- PEÑUELAS J. 1993. *El aire de la vida (una introducción a la ecología atmosférica)*. Ariel, Barcelona. pp. 260.
- PERIBÁÑEZ M.A., ORDOVÁS L., BENITO J., BENEJAM L., GRACIA M.J., RODELLAR C. 2010. Prevalence and sequence comparison of *Phyllodistomum folium* from zebra mussel and from freshwater fish in the Ebro River. *Parasitology international* 60: 59-63.
- PONSÁ S., GEA T., SÁNCHEZ A. 2011. Anaerobic co-digestion of the organic fraction of municipal solid waste with several pure organic co-substrates. *Biosystems Engineering* 108: 352-360.
- PRAT N., MANZANO A. 2009. *Aigua i canvi climàtic: diagnosi dels impactes previstos a Catalunya*. Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya. pp. 332.
- PRAT F., OLIVERAS J., Torrescasana E. 2011. Evolució dels nitrats analitzats a l'aigua de 87 fonts situades a 28 municipis de la comarca d'Osona. *Ausa*, 168: 249-280.
- RAHEL F.J. 2000. Homogenization of fish faunas across the United States. *Science* 288: 854-856.
- SAPIÑA F. 2002. Què és el canvi global? *Mètode*, 34.
- TILMAN D., CASSMAN K.G., MATSON P.A., NAYLOR R., POLASKY S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- TURET J., BUSQUETS A., MAY A., PÉREZ A., ARESPOCHAGA N. 2014. Prova pilot per a valorització de residus sòlids i semisòlids d'escorxadors de porcí per a producció d'energia renovable (biogàs) en depuradores públiques. Olot Meats S.A., en el marc d'INNOVACC.
- VÖRÖSMARTY C.J., SAHAGIAN D. 2000. Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle. *Bioscience*, 50: 753-765.
- WPP: World Population Prospects. The 2012 Revision. 2012. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat.



Universitat de Vic
Universitat Central de Catalunya
Carrer de la Sagrada Família, 7
08500 Vic, Barcelona
Tel. 93 886 12 22
Fax 93 889 10 63
www.uvic.cat