

La recuperació de les nàiades autòctones mitjançant la cria en captivitat

¹MIQUEL CAMPOS LLACH, ¹CARLOS FEO QUER,
²RAFAEL ARAUJO ARMERO i ¹QUIM POU ROVIRA

¹Consorti de l'Estany

²Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).

mcampos@consorcidelestany.org

Rebut: 3.11.2015

Acceptat: 4.11.2015

RESUM

Les nàiades o musclos de riu són els grans bivalves d'aigua dolça que es consideren bons indicadors de l'estat dels ecosistemes aquàtics. Les seves poblacions es troben en regressió. Presenten un extraordinari comportament reproductor, amb un cicle vital molt curiós i estretament relacionat amb els peixos.

A les conques internes catalanes s'han descrit 4 espècies autòctones, les quals totes elles es troben a la Garrotxa. La nàiade rodona (*Potomida littoralis*), la allargada (*Unio mancus*), *Unio ravoisieri* i la nàiade anodonta (*Anodonta anatina*) són totes espècies protegides.

El 2010 s'inicia a l'estany de Banyoles un projecte de cria en captivitat d'*Unio* en el marc d'un projecte finançat pel programa LIFE de la Unió Europea. El PROJECTE ESTANY. Millora dels Hàbitats i Espècies de la Xarxa Natura 2000 de Banyoles: un projecte demostratiu. El Consorci de l'Estany ha desenvolupat tècniques de cria en laboratori obtenint exemplars juvenils d'1 a 2 anys d'edat per ser alliberats i recuperar les poblacions naturals d'*U. mancus* i *U. ravoisieri*.

Paraules clau: cria en captivitat, estany de Banyoles, ecosistemes aquàtics, biodiversitat, conservació, repoblació, bivalves, *Unio*, LIFE, peixos, espècies autòctones.

ABSTRACT

Freshwater mussels or naiads are large freshwater bivalves that are regarded as good indicators of the state of health of aquatic ecosystems. However, their populations are in decline. They have extraordinary reproductive behavior and very curious life cycles that depend on fish. Four native species have been described from Catalan rivers, all of which are present in La Garrotxa. Round (*Potomida littoralis*), elongated (*Unio mancus*) and anodonta (*Anodonta anatina*) naiads, as well as *Unio ravoisieri*, are all protected species.

In 2010, a captive breeding project for *Unio* species was begun at Lake Banyoles as part of a project funded by a EU LIFE program, PROJECT ESTANY, Improving the Habitats and Species of Banyoles Natura 2000: a demonstrative project. The Lake Banyoles Consortium has developed laboratory-rearing techniques for obtaining 1–2-year-old juveniles for release as a means of strengthening natural populations of *U. mancus* and *U. ravoisieri*.

Key words: captive breeding, Lake Banyoles, aquatic ecosystems, biodiversity, conservation, reforestation, bivalves, *Unio*, LIFE, fish, native species.

INTRODUCCIÓ

Les nàiades o grans bivalves d'aigua dolça (Mollusca, Bivalvia, Unionoidea) es distribueixen per tot el món a excepció del continent antàrtic amb una gran diversitat, fins a 840 espècies diferents. Representen un paper clau en els ecosistemes aquàtics on viuen i es considera que en un ecosistema sense modificar les nàiades serien el grup animal amb més biomassa. Intervenen en la dinàmica dels nutrients, remenant i eliminant fitoplàncton, bacteris i matèria orgànica de l'aigua i del sediment i col·laboren en la bioturbació dels fons augmentant el seu contingut d'oxigen (Strayer *et al.*, 1999). Són espècies amb un alt poder bioindicador, el que probablement ha volgut reflectir el nom de nàiade, en referència a les fades o nimfes que mantenen la puresa de les aigües dolces. La presència (o la desaparició documentada) de poblacions reproductores (amb exemplars juvenils) d'aquests mol·luscs, pot ser de gran utilitat per conèixer canvis en l'estat de la qualitat i conservació de les aigües superficials, el que fa de les nàiades excel·lents espècies sentinelles.

Potser la principal característica d'aquests mol·luscs és el seu cicle vital, ja que presenten un estat larvari únic en el regne animal, anomenat gloquidi. Aquesta larva requereix la presència d'un hoste, en general un peix, al qual parasita fins assolir la fase lliure de juvenil un cop produïda una metamorfosi (Wächtler *et al.*, 2001; Araujo *et al.*, 2002; Barnhart *et al.*, 2008). És freqüent l'especificitat entre nàiades i peixos, de manera que no totes les espècies de peixos poden actuar com a hostes dels gloquidis de totes les nàiades. Les femelles produeixen ous que un cop fecundats pels espermatozoides alliberats pels mascles i madurats fins a la fase de larva, són alliberats al medi mitjançant uns filaments enganxosos. Pel gènere *Unio* aquest procés es desenvolupa entre març i agost. Aquests gloquidis lliures a l'aigua tenen una vida activa de fins a 48 hores durant la qual han d'enganxar-se a les brànquies o aletes d'un peix mitjançant unes petites espines que tenen a la part anterior. En 24 hores es forma un quist i s'inicia el procés de metamorfització fins a la fase de juvenil que pot durar de 10 a 25 dies en funció de la temperatura de l'aigua. Aquest cicle vital pot variar en funció de l'espècie de nàiade. El juvenil un cop es desprèn del peix cau en el sediment on es desenvoluparà com a nàiade adulta si les condicions són òptimes.

A nivell mundial els uniònids són actualment un dels grups animals més amenaçats de desaparició, situació que es repeteix tant a Catalunya com a la resta de la península Ibèrica. Entre les causes principals hi ha la fragmentació i/o desaparició dels seus hàbitats (extraccions d'aigua, alteració dels cabals i fluxos per les centrals hidroelèctriques i el reg, augment exponencial d'indústries contaminants i cultius), encara que altres factors com la presència d'espècies de peixos i bivalves invasors també poden estar jugant un paper important (Bogan, 1993; Ricciardi *et al.*, 1998; Lydeard *et al.*, 2004; Strayer *et al.*, 2004). La disminució de les poblacions de peixos autòctons ha estat generalitzada a la major part de conques fluvials per les mateixes causes que han afectat als adults de nàiades, i especialment per la introducció de peixos exòtics invasors, i això tal com s'ha explicat, té una incidència directe en el cicle reproductor de les nàiades. Aquesta disminució en les poblacions de nàiades s'està fent ja palesa en els rius peninsulars (Rolán, 1998; Martínez- Ortí & Robles, 2003; Reis, 2003; Morales *et al.*, 2004; Soler *et al.*, 2006; Velasco & Romero, 2006; Verdú & Galante, 2006; Barea *et al.*, 2008).

El primer intent modern d'estudi de les nàiades de la península Ibèrica es deu a Fritz Haas, un dels principals especialistes del grup a nivell mundial. Segons la monografia de Haas (1969) entre les espècies presents a la península Ibèrica localitzades en rius de la Garrotxa hi hauria: *Unio elongatulus penchinatianus* (Bourguignat), *U. elongatulus valentinus* (Rossmäessler), *Potomida littoralis littoralis* (Lamarck) i *Anodonta cygnea* (L.). A nivell de les províncies catalanes, Altaba (1991) cita la presència de les següents espècies: *M. auricularia*, *A. cygnea*, *Psilunio littoralis*, amb 5 subespècies: entre els quals *P. l. littoralis* (Ter i rius al nord) i *P. l. subreniformis* (estany de Banyoles), i finalment, *U. elongatulus* amb 4 subespècies: entre les quals *U. e. aleroni* (Tordera i rius al nord) i *U. e. penchinatianus* (estany de Banyoles).

En els últims anys del segle XX i inici del XXI es comença a revisar la taxonomia de les nàiades ibèriques estudiant no només els caràcters habitualment usats de morfologia de la petxina i anatomia, sinó que s'inclouen a més caràcters moleculars. L'ús és àmpliament recomanat a la bibliografia especialitzada (Graf & Cummings, 2006), especialment les seqüències dels gens mitocondrials Col i 16S, fet que ha permès superar la subjectivitat que fins ara tenallava la taxonomia de les nàiades, limitada a l'estudi d'un caràcter tan variable com és la forma de la closca, podent així identificar llinatges evolutius molt clars. Gràcies a aquests i altres estudis avui sabem que les espècies citades per Haas (1969) *U. elongatulus penchinatianus* i *U. elongatulus valentinus* corresponen la primera a *U. ravoisieri*, localitzada a l'estany de Banyoles i el riu Ser, i la segona a *U. mancus*, distribuïda pels rius mediterranis ibèrics inclòs l'Ebre, el Ter i el Fluvià (Araujo *et al.*, 2005; Araujo *et al.*, 2009). Pel que fa al gènere *Psilunio* citat per Altaba (1991), avui també sabem que ha de anomenar-se com a *Potomida* (Araujo, 2008), i que en tota la península només hi ha una espècie, *P. littoralis* (Araujo *et al.*, 2009). Finalment, l'espècie de *Anodonta* que viu als rius catalans i la majoria dels de la resta de la península és *A. anatina* i no *A. cygnea*.

En conclusió, actualment es considera l'existència a la Garrotxa de 4 espècies autòctones (Araujo *et al.*, 2009): *Potomida littoralis* Cuvier, 1798, *U. mancus* Lamarck, 1819, *U. ravoisieri* Deshayes, 1847 i *Anodonta anatina* (L. 1758). S'ha citat també la presència d'una espècie de bivalve exòtic d'origen asiàtic, *Sinanodonta woodiana* (Pou-Rovira, 2009) que ha estat citada a la conca del riu Ter i el Fluvià, a la comarca del Pla de l'Estany.

***Potomida littoralis* Cuvier**

Distribució Paleàrtica circummediterrània. Sud-oest d'Europa: França, Espanya, Portugal i Grècia (Haas, 1969; Araujo, 2008), i també el nord d'Àfrica i sud-oest d'Àsia. A la península Ibèrica té una àrea de distribució molt àmplia, ocupant la majoria dels vessants atlàntics i mediterranis. A Catalunya es troba citada a l'Ebre, al Baix Ter, a l'estany de Banyoles i localitzada recentment al riu Fluvià a Besalú. A l'estany de Banyoles s'ha convertit en una espècie raríssima, la menys abundant de les quatre nàiades presents, i també és molt escassa al riu Fluvià amb uns pocs exemplars localitzats a Besalú.

Encara que el seu aspecte és molt variable depenent de l'hàbitat, és l'espècie de nàiade ibèrica més fàcil d'identificar. Closca sòlida, alta i gruixuda, de contorn variable: oval, el·líptica, romboide o lleugerament quadrangular. Color fosc, de castany a negre, de vegades verdós i en ocasions amb línies groguenques radials

que parteixen de l'umbó. Normalment arriben mides de 6-8 cm. Es tracta d'una espècie típicament fluvial, pròpia dels sectors mitjans i baixos de les conques. Encara que prefereix els rius més grans i cabal, viu també en afluents menors amb certa corrent, en sèquies i canals de reg que mantenen els fons naturals, i, fins i tot, en grans llacs. Moltes vegades es troba enterrada en zones de substrats gruixuts, entre pedres i roques, encara que també apareix en llocs tranquils entre sorra i fang.

Unio mancus Lamarck

A la península Ibèrica viu als rius de les conques mediterrànies amb un límit meridional situat entre les conques del Xúquer i el Segura. És l'única espècie de *Unio* que viu a la conca de l'Ebre i la més comuna en els rius de la mediterrània ibèrica. A l'estany de Banyoles s'ha detectat aquesta espècie convivint amb *Unio ravoisieri*, mostrant el primer una major preferència pels recs i les zones amb aigua amb corrent, i sent més escassa en el mateix estany. Es coneix també la seva presència al riu Fluvià a la Garrotxa, on pot confondre's amb *Unio ravoisieri*.

Forma molt variable, amb alguns exemplars de petxina petita, fina i delicada, i d'altres de petxina molt robusta. Presenta l'aspecte típic de musclo de riu amb una closca generalment bombada i allargada de coloració marró- negrosa o marró-groguenca amb zones més verdoses. Part anterior arrodonida i posterior allargada i truncada, acabant en un curt bec. La mida sempre és menor de 10 cm i rarament supera els 9 cm. Es tracta d'una espècie típicament fluvial que, a excepció de les zones d'alta muntanya, és capaç d'ocupar tot tipus de trams de rius, tant de primer ordre com d'afluents menors, així com canals de reg que mantinguin els seus fons naturals. En els rius viu generalment semienterrat en fons de graves ben assentades dels braços secundaris, al centre de la llera en zones amb poca corrent i en els talussos ben conservats a l'ombra de la vegetació de ribera i, fins i tot, entre les arrels dels arbres. Amb el nom d'*U. elongatulus* està emparada per diverses figures de protecció. Atès que el nom *U. mancus* s'assigna a la península Ibèrica a les poblacions anteriorment conegudes com *U. elongatulus*, tota la normativa que s'aplica a aquesta espècie es pot assignar a *U. mancus*. Es tracta d'una espècie en franca regressió per les afeccions antròpiques al medi.

Unio ravoisieri Deshayes

A la península Ibèrica es troba restringida a l'estany de Banyoles i conca del Fluvià, on es coneix del riu Ser (Araujo *et al.*, 2009; Khalloufi *et al.*, 2011). És una espècie comuna al nord d'Àfrica a l'est del riu Moulouya (Algèria i Tunísia). A l'estany de Banyoles ha estat citada com a *Unio elongatulus penchinatianus* per Haas (1969) i Altaba (1991). Conviu amb *Unio mancus*, mostrant el primer una major preferència per les aigües quietes del mateix estany, evitant els recs i zones amb aigua corrent. Es tracta de la mateixa espècie que viu al riu Ser, citada per Altaba (1991) com *Unio elongatulus aleroni*, encara que morfològicament són molt diferents.

Els exemplars del riu Ser presenten una petxina molt fina, petita, sempre allargada i comprimida, de color marró, sovint verd o, fins i tot, groguenc, amb els

anells de creixement externs molt junts. Poques vegades major de 60 mm encara que hi ha exemplars fins de 95 mm. Una de les principals característiques d'aquesta espècie és la forma arrodonida de la vora anterodorsal de la petxina, que dibuixa un arc molt patent, encara que aquest caràcter es troba també en algunes poblacions de *U. manicus*. La forma de les petxines dels exemplars de Banyoles és força diferent, com sol passar amb les poblacions que viuen a llacs, amb mida molt gran (fins a 105 mm), la petxina molt més espessa, inflada i sòlida que en els exemplars de riu. La regió posterior apareix sempre coberta de travertí (Haas, 1917).

Anodonta anatina L.

Aquesta espècie ha estat confosa innumbrables vegades amb *A. cygnea*, sent ambdues molt polimòrfiques. Encara que Haas (1969) va considerar que *A. anatina* era un sinònim d'*A. cygnea*, avui sabem que són espècies diferents (Araujo *et al.*, 2009). Es distribueix per tota la península Ibèrica, a rius, embassaments i llacs. És l'espècie d'anodonta més comú, present al riu Ter i Fluvià. A l'estany de Banyoles s'ha detectat aquesta espècie, tant en el mateix estany com als recs de sortida.

Espècie molt polimòrfica de petxina molt fràgil i sense dents a la xarnera. Pot arribar a ser molt gran i bombada depenent de l'hàbitat que ocupa. Color marró o negre, de vegades verd. Silueta generalment oval o quadrangular, de vegades allargada però mai tant com *A. cygnea*. Viu en tot tipus de rius, també en llacs. Habitualment en fons tous de llot i aigües quietes, encara que també pot viure en graves i zones de corrent. És una de les nàiades menys exigents quant a l'hàbitat, probablement per tenir un ampli rang de peixos hosts.

L'estat actual de les poblacions de nàiades és extremadament preocupant a totes les conques fluvials de Catalunya, també al riu Fluvià i a l'estany de Banyoles. Tot i ser unes espècies molt desconegudes en general, hi ha bastanta gent gran que encara en recorda la seva presència al riu Fluvià, on fins i tot, es menjaven. Malgrat no ser molt apreciades gastronòmicament, eren utilitzades per acompanyar arrossos i altres plats tradicionals. L'alteració de la qualitat de l'aigua dels rius entre els anys 60 i 80 va afectar negativament a les poblacions de nàiades i de peixos autòctons que en garanteixen la seva reproducció. Paral·lelament, la introducció d'espècies de peixos exòtics invasors va suposar la disminució de les poblacions de peixos autòctons: barb de muntanya (*Barbus meridionalis*), bagra (*Squalius laietanus*), bavosa de riu (*Salarias fluviatilis*) i anguila (*Anguilla anguilla*) i la seva progressiva substitució. La desaparició dels peixos autòctons va suposar una manca de reclutament de joves de nàiades i un progressiu envelliment de la població, com ha passat a l'estany de Banyoles amb presència actual d'exemplars majoritàriament de 25 a 35 anys d'edat. S'han realitzat diversos talls de closques de nàiades mortes per comprovar els anells de creixement i establir una relació entre la longitud dels exemplars i la seva edat el que ha permès determinar l'edat dels exemplars vius.

A l'estany de Banyoles la història d'introduccions d'espècies ha estat àmpliament documentada, el que ha permès conèixer l'evolució de les comunitats de peixos al llarg del temps. De les 5 espècies de peixos autòctones originals, l'espinós (*Gasterosteus aculeatus*) es va extingir als anys 60, i la resta han reduït dràsticament les seves poblacions fins a gairebé desaparèixer. De fet el barb de muntanya i la

bagra només es trobaven fins fa poc a les rieres d'entrada d'aigua a l'estany, però no a dins el mateix estany ni als recs de sortida on hi ha poblacions de nàiades.

Les primeres introduccions a Banyoles es van produir a partir de l'any 1910 i la primera Festa del peix, i durant els anys posteriors, amb l'alliberament de milers d'alevins de peixos entre els quals carpes (*Cyprinus carpio*) i sols (*Lepomis gibbosus*). També el gardí (*Scardinius erythrophthalmus*) que va proliferar massivament fins a acabar amb la vegetació del fons de l'estany, i va ser tant abundant que va ser l'excusa perfecte per introduir cap als anys 50 i 60 peixos depredadors com el lluci (*Esox lucius*) primer, i posteriorment la perca americana (*Micropterus salmoides*). Aquestes introduccions van venir de la mà de les administracions. L'última entrada forta de peixos introduïts va ser a partir dels anys 80 i 90 procedents de la pesca furtiva a partir de la qual van introduir-se espècies com la perca (*Perca fluviatilis*), el rútil (*Rutilus rutilus*), el llopet de riu (*Cobitis bilineata*) o la sandra (*Sander lucioperca*). Coincideix l'arribada de depredadors com el lluci i el black bass amb la desaparició de l'espínos. Actualment més del 98% de les espècies de peixos de l'estany són d'origen exòtic (Pou-Rovira, 2007). Els resultats dels estudis de peixos de finals dels anys 90 i inicis dels 2000 ja indicaven una progressiva dominància d'espècies exòtiques com la perca americana i el peix sol per sobre d'altres espècies com els ciprínids autòctons i també els exòtics procedents de centreeuropa (Moreno *et al.*, 1992; Pou-Rovira, 2004; Zamora, 2004). És en aquests últims 25 - 30 anys quan els canvis han afectat més a les nàiades degut a la disminució dels peixos potencialment hostes de les seves larves. De les espècies autòctones només la bavosa de riu ha aconseguit mantenir poblacions mitjanament abundants a l'estany i als recs.

El Consorci de l'Estany, creat el 2004, i constituït pels ajuntaments de Banyoles i de Porqueres, la Diputació de Girona i la Generalitat de Catalunya a través del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural té per objecte la preservació i revalorització del patrimoni natural i cultural de l'Espai d'Interès Natural de l'Estany de Banyoles. A nivell pràctic gestiona les finques públiques fent el manteniment de la vegetació, la recollida de residus, manteniment de camins i itineraris i també dels equipaments i infraestructures, entre altres. Per altra banda és una entitat dedicada a la recerca de nous projectes i fons de finançament per invertir en aquest singular espai natural. Després d'un primer projecte LIFE, executat entre 2003 i 2007, on es va prioritzar la recuperació d'ambients d'aiguamolls, amb la creació de llacunes i l'ordenació de l'ús públic, el principal repte pendent era la conservació de determinades espècies en perill de desaparèixer, entre les quals les nàiades. La principal amenaça per moltes d'aquestes espècies és l'efecte de les espècies exòtiques invasores, considerat també un dels principals problemes ambientals a nivell mundial. Fruit d'aquesta preocupació neix el "Projecte Estany". A gener de 2010 es va iniciar el projecte titulat "Millora dels hàbitats i espècies de la Xarxa Natura 2000 a Banyoles: un projecte demostratiu (LIFE08 NAT/E/000078)", també presentat com a "Projecte Estany", amb una duració de 4 anys i un pressupost d'1 milió d'euros, la meitat aportat per la Unió Europea.

El projecte tenia com a principal objectiu dissenyar i executar una intervenció global per a combatre, alentar i revertir el declivi d'espècies i hàbitats que estan provocant les espècies invasores a l'espai xarxa Natura 2000, mitjançant accions de control d'espècies invasores i reforçaments poblacionals d'algunes espècies autòctones, entre les quals els musclos de riu, a través de la cria en captivitat.

ANTECEDENTS

La tècnica de reproducció de nàiades en captivitat per a la recuperació de poblacions amenaçades ha estat àmpliament desenvolupada als Estats Units els últims anys, fet que també ha inspirat diverses experiències a Europa. La majoria de projectes de cria en captivitat han estat dedicats a la cria de *Margaritifera margaritifera*, i tota aquesta experiència europea i americana publicada i revisada (Gum *et al.*, 2011) ha estat utilitzada per al plantejament del protocol de reproducció de nàiades del Consorci de l'estany dins el Projecte Estany.

Els primers esforços per a la cria de nàiades en captivitat a Catalunya es van desenvolupar al Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, que l'any 1993 van iniciar l'experiència pionera de recollir gloquidis de nàiades del riu Ser per a infectar barbs de muntanya i bagres que un cop carregats de gloquidis eren alliberats al medi i utilitzats per a repoblar el riu Ser i altres punts del riu Fluvià. L'espècie en aquells moments catalogada com a *Unio elongatulus aleroni* o *U. aleroni*, correspon actualment a *U. ravoisieri*, i l'estudi va permetre recollir els primers coneixements d'aquesta espècie única a la península Ibèrica. Els informes elaborats des del PNZVG (Minuartia, 1995-2005) van determinar la fenologia de solta de gloquidis, que es produeix entre març i juliol de cada any, amb màxims entre maig i juny, i també va permetre identificar els peixos hostes, principalment bagra, però també el barb de muntanya. Es van realitzar diversos treballs per conèixer l'abundància i distribució de l'espècie al riu Fluvià, tot i que malauradament no es va poder comprovar l'èxit de les repoblacions pel fet que els peixos un cop alliberats al medi es dispersaven i era impossible detectar les zones on eren alliberats els juvenils. Altres experiències a tenir en compte han estat els treballs realitzats a Camadoca, a Santa Maria de Merlès, on han aconseguit criar durant diverses generacions exemplars d'*Unio mancus* (Comas & Valls, 2007).

MATERIALS I MÈTODES

L'objectiu del Projecte Estany era establir un sistema de cria de juvenils a gran escala per a repoblar les aigües de l'estany de Banyoles. El sistema de cria escollit es basa en utilitzar un sistema seminatural obert amb una aportació d'aigua d'origen natural i utilització de sediment del mateix estany de Banyoles. Un dels principals reptes de la cria i engreix de les nàiades és la dificultat d'alimentar-los, doncs encara es desconeix com funciona el seu sistema d'alimentació amb exactitud.

Per a la recuperació de les nàiades o musclos de riu s'ha muntat un laboratori on s'han desenvolupat tècniques per a simular el cicle reproductiu de les nàiades en captivitat. El laboratori està instal·lat a la finca de Casa Nostra prop de l'estany de Banyoles i consta d'una part exterior amb piscines i canals artificials, i una part interior amb aquaris i tancs. L'aigua que alimenta tot el sistema prové de l'estany de Banyoles captada per una bomba i distribuïda amb un sistema de vàlvules i programadors de reg.

S'ha elaborat un protocol de cria de nàiades que inclou tota la informació necessària tant a nivell d'infraestructura, com les tècniques de reproducció i engreix de juvenils. El primer pas ha estat mantenir peixos en captivitat a dins les instal·lacions. S'han mantingut barbs, bagres i bavoses de riu en aquaris equipats

amb filtres i airejadors. Posteriorment s'han recollit adults de nàiades gràvides a l'estany mitjançant busseig, que s'han mantingut en aquaris sense sediment, només amb airejadors. Un cop les nàiades gràvides alliberen gloquidis aquests són recollits amb una pipeta i dipositades en un recipient a on es parasitaran els peixos hoste durant 5 minuts. Les larves enganxades a les brànquies dels peixos maduren i al cap de 10 a 25 dies cauen i es converteixen en petits musclos que es disposen sobre un sediment per fer-los créixer. La duració del procés de metamorfosi depèn de la temperatura de l'aigua i per tant també del mes en el qual es produeix la parasitació.

S'han habilitat uns dipòsits cònics per al manteniment dels peixos parasitats que han estat equipats amb un sistema de filtrat automàtic de recollida dels juvenils, un cop aquests cauen dels peixos. Els juvenils queden atrapats en una malla de 200 micres de malla, els juvenils fan unes 250 micres de longitud. Un cop recollits han estat sembrats en sediments en diferents sistemes. S'han sembrat en piscines exteriors directament sobre el sediment al fons, dins de caixes amb sediment dins les piscines, en aquaris i altres recipients, en una pila d'incubació amb sediment al laboratori i directament al medi natural (estany, recs i rieres).

Un dels grans reptes de la cria en captivitat és l'alimentació dels juvenils. S'ha realitzat un petit experiment utilitzant recipients de plàstic amb uns 200 exemplars de juvenils cada un, on es va provar amb cinc sistemes d'alimentació diferents. A cada un dels cinc recipients es feien canvis d'aigua cada 5 dies i es feia una nova aportació d'aliment. L'aliment s'aportava en format d'un glaçó de 0,8 gr. amb l'extracte corresponent. Les cinc proves eren: A: aigua de l'estany sense res més, B: algues marines, C: extracte de caràcies, fullaraca, algues marines i biofilm, D: algues marines i extracte de fullaraca i E: extracte de biofilm. En aquest experiment es va comprovar la supervivència i creixement d'aquests exemplars en els cinc sistemes d'engreix i en dues rèpliques.

Un altre sistema d'engreix ha estat la disposició al medi natural, al fons de l'estany i als recs, de caixes de sediment amb juvenils, tant alguns acabats de recollir, com una part dels juvenils d'1 any d'edat crescuts a les piscines. També s'han fet algunes translocacions d'adults de nàiades de zones amb bones poblacions a zones on no hi havia nàiades. Paral·lelament s'han desenvolupat treballs per a l'eliminació de peixos exòtics a l'estany de Banyoles i alliberament de peixos autòctons. Per al control de peixos s'han desenvolupat tècniques de pesca elèctrica, instal·lació de trames, xarxes, palangres i altres sistemes de captura.

RESULTATS

Les nàiades adultes extretes del medi han alliberat gloquidis que s'han utilitzat per parasitar nombrosos peixos hostes i obtenir centenars de juvenils al cap d'uns dies. La duració del procés de maduració del gloquidis fixats a les aletes i brànquies dels peixos fins a la fase de juvenil lliure varia en funció de la temperatura. En els peixos parasitats durant el mes d'abril de 2011 i 2012 els juvenils tarden entre 17 i 30 dies en caure, amb un pic cap el dia 25, el mes de maig el temps es redueix entre els 11 i 25 dies, el juny entre el 7 i el 19, i finalment al juliol el procés és molt més ràpid durant només entre 7 i 15 dies, amb el màxim de caiguda el dia 10 (FIGURA 1).

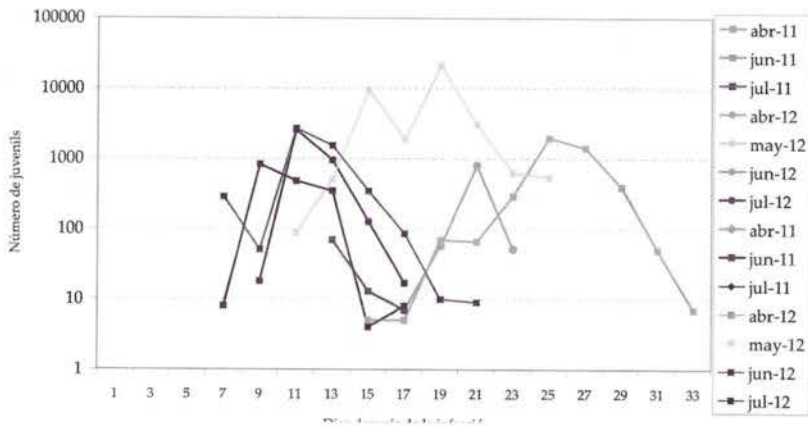


FIGURA 1. Fenologia de caiguda dels juvenils d'*Unio manicus* que han parasitat barbs de muntanya (*Barbus meridionalis*) els anys 2011 i 2012 en el laboratori. El mes i l'any indiquen el moment en el qual es va realitzar la parasitació dels barbs amb gloquidis de nàiade, i el gràfic dibuixa l'evolució de la caiguda del nombre de juvenils (en escala logarítmica) en funció del dia de caiguda després de la infecció.

El sistema de cria i recollida de juvenils en el laboratori del Consorci de l'Estany entre 2011 i 2012 ha permès obtenir 74.974 exemplars, dels quals 62.645 corresponen a *U. manicus*, i 12.329 a *U. ravoisieri*. S'han utilitzat com a peixos hoste el barb de muntanya, la bagra, la bavosa de riu i el barb de l'Ebre (*Barbus graellsii*), que tot i no ser autòcton de la conca del Ter o el Fluvià, es troba introduïda en aquestes conques. S'han obtingut 62.060 d'aquests juvenils en barb de muntanya, 11.068 en bagra, 271 en bavosa de riu i 1.575 amb barb de l'Ebre, aquest últim només d'*U. manicus* (FIGURA 2).

Els juvenils de les dues espècies recollits (TAULA 1) han estat sembrats en diferents sistemes el 2011 i 2012. Alguns d'aquests alliberaments s'han produït directament al medi natural (estany, riera de Can Morgat i rec de Ca n'Hort), altres en piscines,

Espècie / any Sistema de sembra	2011		2012	
	<i>U. manicus</i>	<i>U. ravoisieri</i>	<i>U. manicus</i>	<i>U. ravoisieri</i>
Aquari	329		489	
Piscines exteriors	2300	690	26377	7417
Caixes en piscines			5095	2302
Pila d'incubació	7464	1592	15447	874
Recipients			2653	
Estany de Banyoles			517	
Rec Hort Teixidor			5251	
Riera Can Morgat			387	

TAULA 1. Nombre de juvenils sembrats en cada un dels sistemes d'engreix utilitzats distingint el tipus d'espècie de nàiade i l'any.

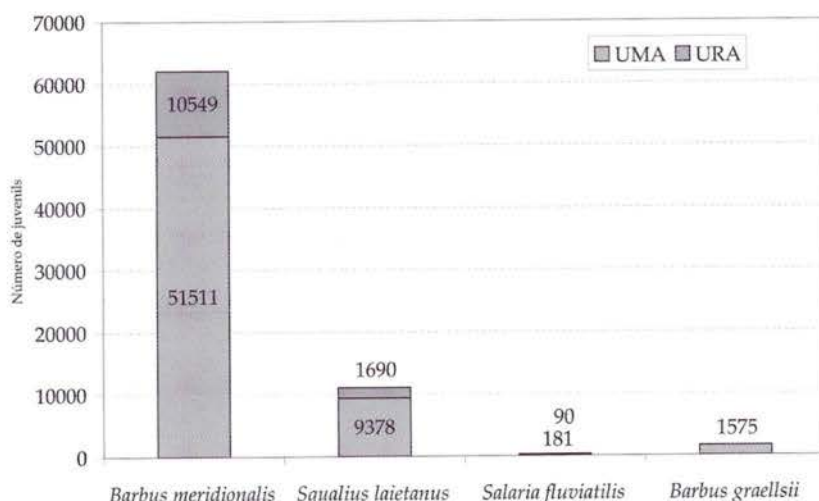


FIGURA 2. Número de juvenils de nàiade obtinguts segons el tipus de peix hoste infectat durant el 2011 i 2012 al laboratori de cria de nàiades. En color blau els juvenils d'*Unio mancus* i en color morat els juvenils d'*U. ravoisieri*.

aquaris, caixes en piscines i pila d'incubació en el laboratori, i també alguns en recipients que fan referència als experiments d'alimentació.

A finals de 2012 ja s'ha pogut comprovar l'èxit de la sembra de juvenils de l'any 2011 i 2012. La revisió dels exemplars d'*U. ravoisieri* sembrats a la piscina 2 tant a l'any 2011 (d'1 any d'edat) i 2012 (del mateix any) han permès obtenir mides compreses entre els 3 i els 17 mm., amb un màxim d'exemplars amb una mitjana de 12 mm. de longitud (FIGURA 3).

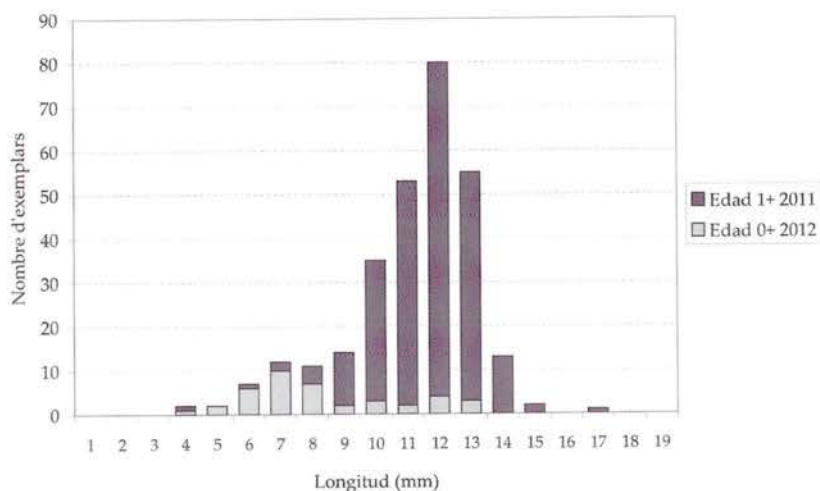


FIGURA 3. Estructura de talles dels juvenils de nàiade *Unio ravoisieri* engreixats a la piscina 2 del laboratori de cria de nàiades procedents de les sembres de la primavera de 2011 (1 any) i 2012 (menys d'1 any). Les dades han estat obtingudes la tardor de 2012.

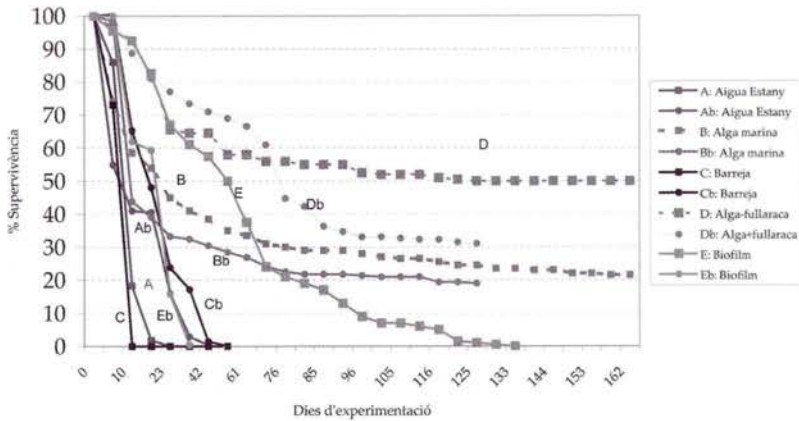


FIGURA 4. Supervivència de les dues rèpliques de juvenils d'*Unio mancus* sembrats en recipients amb 5 diferents sistemes d'alimentació suplementària experimentats. Les dades mostren l'evolució dels supervivents al llarg de 160 dies d'experimentació, amb revisions i canvis d'aigua i alimentació cada 5 dies.

Pel que fa a l'experiment amb alimentació complementària s'ha comprovat que els exemplars que no tenien suplement d'alimentació es morien completament als 20 - 40 dies (FIGURA 4). Els millors resultats de supervivència s'han obtingut pels sistemes que utilitzaven suplement d'algues marines i el d'algues marines i fullaraca, confirmant-se que aquests components poden suposar una aportació positiva extra d'alimentació per aquestes espècies en captivitat. Malgrat tot, els creixements d'aquests exemplars eren molt minsos assolint com a màxim 1,4 mm als 160 dies.

CONCLUSIONS

Els treballs per a la cria en captivitat de nàiades en el Projecte Estany han generat un conjunt de coneixements sobre la biologia reproductiva d'aquestes espècies molt poc conegudes a casa nostra.

El sistema de cria i engreix de nàiades en un sistema seminatural alimentat per aigua de l'estany s'ha mostrat molt efectiu per a l'obtenció de centenars de juvenils. Entre 2011 i 2012 s'han recollit gairebé 75.000 juvenils que han estat sembrats en sediment en diferents sistemes d'engreix. A finals de 2012 es mantien en captivitat centenars d'exemplars que no seran alliberats al medi fins a superar les mides de 2 cm i els 2 anys de vida.

S'han produït més juvenils d'*U. mancus* que d'*U. ravoisieri*, i s'han utilitzat quatre espècies de peixos hoste. El barb de muntanya ha estat el peix amb el qual s'han produït més juvenils amb les dues espècies de nàiades, però no perquè sigui més efectiu que la bagra, sinó que és un peix més fàcil d'obtenir i més resistent a la captivitat. Les bagres s'han mostrat molt sensibles a la captivitat desenvolupant malalties per estrès. Tot i ser més grans de mida i produir més juvenils, han estat menys utilitzades per a la cria. La bavosa de riu també és un bon peix hoste, però produeix molts pocs juvenils per la seva mida petita. S'ha provat també el barb de l'Ebre com a peix hoste per la seva resistència, i ha funcionat bé amb *U. mancus*. No s'ha provat encara per *U. ravoisieri*.

La repoblació de les aigües de l'estany amb aquests juvenils durant el 2013 permetrà recuperar les poblacions d'*U. manicus* i *U. ravoisieri*, dues de les espècies de nàiades en situació crítica d'aquest espai natural.

L'èxit de procés de cria i engreix permetrà implementar l'experiència per a recuperar a d'altres poblacions de nàiades, fins i tot aplicant la mateixa tècnica a altres espècies de nàiades.

BIBLIOGRAFIA

- AL TABA, C. R. 1991. Les náyades (Mollusca: Bivalvia: Unionoida) dels Països Catalans. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 60 (Secció de Zoologia, 9): 23-44.
- ARAUJO, R., CÁMARA, N. & RAMOS, M. A. 2002. Glochidium metamorphosis in the endangered freshwater mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793): A histological and scanning electron microscopy study. *Journal of Morphology*, 254: 259-265.
- ARAUJO, R., GÓMEZ, I. & MACHORDOM, A. 2005. The identity and biology of *Unio manicus* Lamarck, 1819 (= *U. elongatulus*) (Bivalvia: Unionidae) in the Iberian Peninsula. *Journal of Molluscan Studies*, 71(1): 25-31.
- ARAUJO, R. 2008. On the validity of the name *Potomida littoralis* (Cuvier, 1798) (Bivalvia: Unionidae). *Graellsia*, 64(1): 135-137.
- ARAUJO, R., REIS, J., MACHORDOM, A., TOLEDO, C., MADEIRA, M.J., GÓMEZ, I., VELASCO, J.C., MORALES, J., BAREA, J.M., ONDINA, P. & AYALA, I. 2009. Las náyades de la península Ibérica. *Iberus*, 27(2): 7-72.
- BAREA-AZCÓN, J. M., BALLESTEROS-DUPERÓN, E. & MORENO, D. (coords.). 2008. *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*. 4 Tomos. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. 1430 pp.
- BARNHART M.C., HAAG W.R. & ROSTON W.N. 2008. Adaptations to host infection and larval parasitism in Unionoida. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 27(2): 370-394.
- BOGAN, A. E. 1993. Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionoida): A search for causes. *American Zoologist*, 33: 599-609.
- COMAS, O. & VALLS, N. 2007. Informe de censos, seguiment i cria en captivitat de cranc de riu autòcton (*Austroptamobius pallipes*) i d'*Unio elongatulus aleroni* a les rieres de Merlès, Gavarresa, Lluçanesa i Segalers. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 79 pp.
- GRAF, D. & CUMMINGS, K. 2006. Palaeoheterodont diversity (Mollusca: Trigonioidea + Unionoida): what we know and what we wish we knew about freshwater mussel evolution. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 148: 343-394.
- GUM, B., LANGE, M. & GEIST, J. 2011. A critical reflection on the success of rearing and culturing juvenile freshwater mussels with a focus on the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21: 743-751.
- HAAS, F. 1917. Estudio para una monografía de las náyades de la península Ibérica. *Anuari de la Junta de Ciencias Naturals*, 2: 131-190.
- HAAS, F. 1969. Superfamilia Unionacea. *Das Tierreich*, 88: 1-663.
- KHALLOUFI, N., TOLEDO, C., MACHORDOM, A., BOUMAÏZA, M. & ARAUJO, R. 2011. The unionids of Tunisia: taxonomy and phylogenetic relationships, with redescription of *Unio ravoisieri* Deshayes, 1847 and *U. durieui* Deshayes, 1847. *Journal of Molluscan Studies*, 77: 1-13.
- LYDEARD, C., COWIE, R. H., PONDER, W. F., BOGAN, A. E., BOUCHET, P., CLARCK, S. A., CUMMINGS, K. S., FREST, T. J., GARGOMINY, O., HERBERT, D. G., HERSHLER, R., PEREZ, K. E., ROTH, B., SEDDON, M., STRONG, E. E. & THOMPSON, F. G. 2004. The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience*, 54: 321-330.
- MARTINEZ-ORTI, A. & ROBLES, F. 2003. *Moluscos continentales de la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Territori i Habitatge. Valencia. 261 pp.
- MINUARTIA, *Estudis ambientals*. 1995 a 2005. Seguiment del projecte d'estudi i recuperació de les nàiades (*Unio aleroni*) de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Inèdit.

- MORALES, J.J., NEGRO, A.I., LIZANA, M., MARTÍNEZ, A. & PALACIOS, J., 2004. Preliminary study of the endangered populations of pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in the river Tera (north-west Spain): habitat analysis and management considerations. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 14: 587-596.
- MORENO-AMICH, R., GARCÍA-BERTHOUE, E., VILA, A. & BOIX, D. 1992. Estudi de les poblacions piscícoles de l'estany de Banyoles. Avaluació y distribució espacial. Informe a l'Ajuntament de Banyoles. 90 p.
- POU-ROVIRA, Q. 2004. Ecologia demogràfica de la perca americana (*Micropterus salmoides*) a l'estany de Banyoles. Tesis doctoral. Universitat de Girona.
- POU-ROVIRA, Q. 2007. La ictiofauna del estany de Banyoles: Cambios históricos en el poblamiento de peces de la cuenca lacustre y análisis de posibilidades para la recuperación de la biodiversidad original. Consorci de l'Estany. 46 p. Document digital.
- POU-ROVIRA Q., ARAUJO, R., BOIX, D., CLAVERO, M., FEO, C., ORDREIX, M. & ZAMORA, L. 2009. Presence of the alien chinese pond mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia, Unionidae) in the Iberian Peninsula. *Graellsia*, 65(1): 67-70 (2009).
- REIS, J., 2003. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) (Bivalvia, Unionoida) rediscovered in Portugal and threats to its survival. *Biological Conservation*, 114: 447-452.
- RICCIARDI, A., NEVES, R.J. & RASMUNSEN, J.B. 1998. Impending extinctions of North American freshwater mussels (*Unionida*) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. *Journal of Animal Ecology*, 67: 613-619.
- ROLÁN, E. 1998. Evolución de la situación actual de las especies de moluscos de agua dulce existentes en el tramo del río Miño de Goián-Eiras (Galicia, NO España). *Thalassas*, 14: 99-103.
- SIMPSON, C. T. 1900. Synopsis of the Naiades or pearly fresh-water mussels. *Proceedings of the United States National Museum*, 22 (1205): 501-1044.
- SOLER, J.; MORENO, D.; ARAUJO, R. & RAMOS, M.A. 2006. Diversidad y distribución de los moluscos de agua dulce en la Comunidad de Madrid (España). *Graellsia*, 62: 201-252.
- STRAYER, D. L., CARACO, N. F., COLE, J. J., FINDLAY, S. & PACE, M. L. 1999. Transformation of freshwater ecosystem by bivalves. *BioScience*, 49: 19-27.
- STRAYER, D. L., DOWNING, J. A., HAAG, W. R., KING, T. L., LAYZER, J. B., NEWTON, T. J. & NICHOLS, S. J. 2004. Changing perspectives on pearly mussels, North America's most imperiled animals. *BioScience*, 54: 429-439.
- VAUGHN, C. C., NICHOLS, S. J. & SPOONER, D. E. 2008. Community and foodweb of freshwater mussels. *Journal of the North American Benthological Society*, 27: 409-423.
- VELASCO, J. C. & ROMERO, R. 2006. *Las náyades en Castilla y León*. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente. Valladolid. 77 pp.
- VERDÚ, J. R. & GALANTE, E. (eds.). 2006. *Libro Rojo de los Invertebrados de España*. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 411 pp.
- WÄCHTLER, K., DREHER-MANSUR, M. C. & RICHTER, T. 2001. Larval types and early postlarval biology in naiads (*Unionoida*). In Bauer, G. & Wächtler, K. (Eds.): *Ecology and Evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, *Ecological Studies*, 145: 93-125.
- ZAMORA, L. 2004. Distribució espacial y ús de l'hàbitat de la comunitat de peixos a l'estany de Banyoles. Tesis doctoral. Universitat de Girona.

NOTA D'ÚLTIMA HORA.

Aquest article correspon a la comunicació oral "La recuperació de les nàiades autòctones mitjançant la cria en captivitat" presentada al VII Seminari sobre patrimoni natural de la comarca de la Garrotxa celebrat a Olot el 23 de febrer de 2013. Per més informació ampliada podeu consultar a l'article:

ARAJO, R., FEO, C., POU, R. & CAMPOS, M. 2015. Conservation of two endangered European freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae): A three-year, semi-natural breeding experiment. *The Nautilus*, 129(3): 126-135.