

ECOLOGIA BÀSICA DEL MUSCLO ZEBRAT. VULNERABILITAT DE LES MASSES D'AIGUA ENFRONT L'ESPÈCIE

Antoni Palau

Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida

*BASIC ECOLOGY OF ZEBRA MUSSEL AND WATER MASSES VULNERABILITY. During summer 2001, zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) were found in the low Ebro River (Catalunya, Northeast Spain), marking the first known instance of their successful colonization in the Iberian Peninsula. This species was most likely introduced during the transport of exotic fish species to the Ebro. By 2002, these mussels had achieved densities measuring 200.000 individual/m². Since their introduction, and aided by human activity, they have spread rapidly, across the entire Ebro Basin as well as to additional watersheds. Their inherent biological characteristics make them ideally suitable to become an invading species. These traits include a great breeding capacity, few specialized requirements, a high resistance to adverse conditions and few natural predators. The negative ecological, social, and economic effects of the zebra mussel have been well documented. On an ecological level, zebra mussels affect the cycle of organic matter and nutrients, altering the composition of plankton and benthos. In addition, this species has been a vector of at least one new parasite threatening Iberian fish. In 2007, an index measuring the vulnerability of water masses was developed: the IVMZ (Index of Vulnerability to the Mussel Zebra) has been applied to approximately 90 lakes and reservoirs, with good results. The zebra mussel has proven to be an agent of radical change both in the composition and structure of aquatic ecosystems, the consequences of which still remain largely unknown.*

Introducció

El musclo zebra (*Dreissena polymorpha*) és un mol·lusc bivalve de la família dels dreissènids (fig. 1). El seu nom comú fa referència a la coloració en bandes de la seva valva i el seu nom científic d'espècie al·ludeix a la notable variabilitat morfològica entre individus. La seva distribució natural s'estén des de l'est de la regió mediterrània fins al sud-est de Rússia, una gran àrea ocupada pel mar d'Aral, el Caspi i el mar Negre.

A Europa occidental, el musclo zebra hi és des de fa molts anys, essent Anglaterra, França i Holanda els països dels quals se'n coneix la seva presència des de fa més temps; en concret des de principis o mitjan segle XIX (1820-1840). L'expansió es produí fonamentalment mitjançant l'obertura dels grans canals i vies

navegables cap a l'est, i el tràfec d'embarcacions que duïen exemplars adults adherits al seu casc o bé, pel buidat de les aigües de llast d'aquestes mateixes embarcacions, que podien venir plenes de concentracions importants de larves planctòniques, depenent d'on havien estat carregades.

La introducció de l'espècie a Amèrica del Nord, té lloc al voltant de 1988, en aquest cas sens dubte, a partir del buidat de les aigües de llast, plenes de larves, en la zona dels Grans Llacs. La dispersió de l'espècie a Amèrica del Nord ha estat molt ràpida. Davant els quasi 150 anys que ha tardat en colonitzar pràcticament tot Europa, en tan sols 6 anys ha ocupat tota la meitat oriental dels Estats Units i bona part del sud de Canadà, amb greus conseqüències econòmiques en la gestió i el manteniment de les obres hidràuliques.

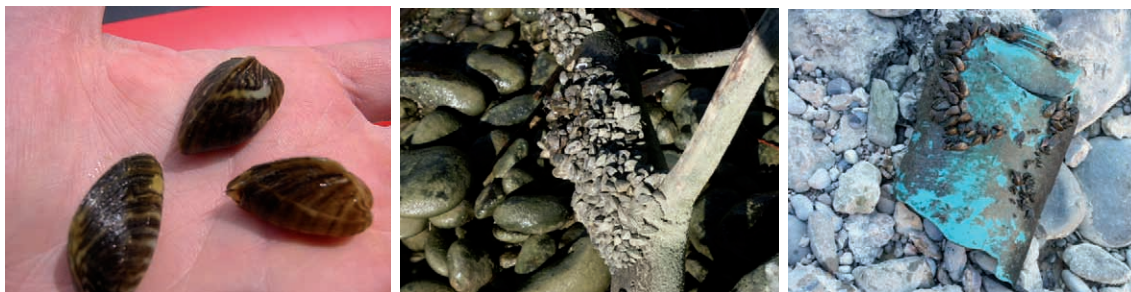


Figura 1. El musclo zebra (Fotos: A. Palau).



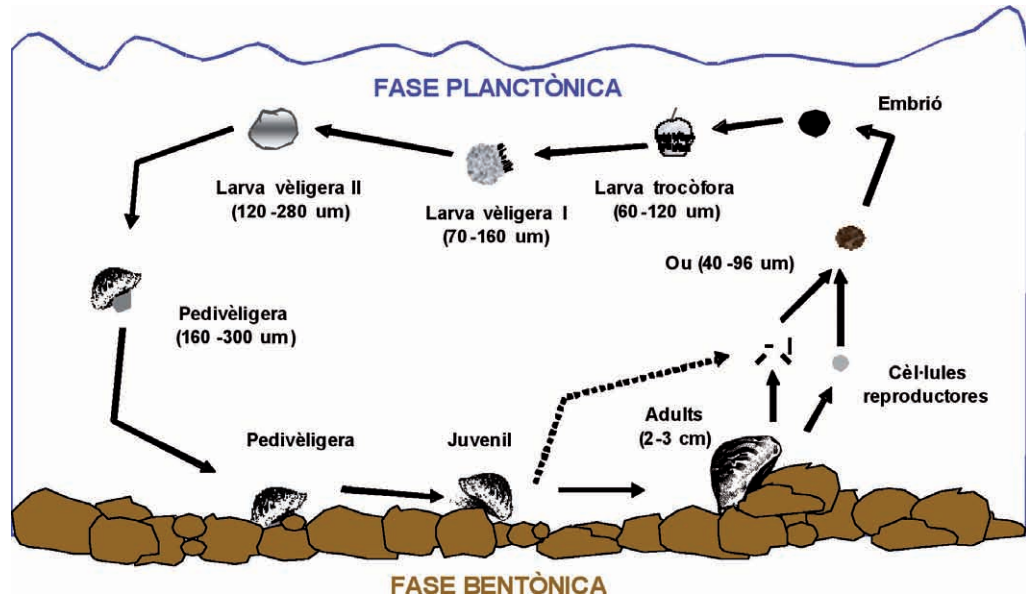


Figura 2. Cicle biològic del musclo zebra (Palau et al., 2003).

La primera troballa del musclo zebra a l'Estat Espanyol, va tenir lloc al tram baix del riu Ebre, concretament a l'embassament de Riba-roja (Tarragona) a l'estiu del 2001 (Ruíz Altaba et al., 2001). A principis del següent estiu del 2002, es van trobar densitats de fins a 250.000 individus/m² a les reixes de la central hidroelèctrica que es troben a la presa de l'embassament de Riba-roja i amb densitats menors també a les comportes i dipòsits de refrigeració de la central hidroelèctrica de Flix, situada aigües avall de l'anterior.

A data d'avui, el musclo zebra és present en bona part de la conca de l'Ebre, tant en l'eix principal com en els seus tributaris (Arga, Gàllego, Segre, Guadalupe,...). També s'ha citat la seva presència a la conca del Xúquer i a la del Segura.

Trets biològics i ecològics bàsics

El musclo zebra és una espècie molt prolífica. Presenta sexes separats i les poblacions acostumen a mantenir una proporció de mascles i femelles al voltant de 1:1. Les femelles poden produir entre 4.000 i un milió d'òvuls per temporada. L'emissió d'òvuls i esperma, s'activa quan la temperatura de l'aigua arriba a 12-13°C, és màxima entre 15 i 17°C i s'interromp en passar els 28°C (O'Neill, 1996; Jenner et al., 1998).

El cicle reproductor (fig. 2) té dues fases, una primera planctònica, que ve a durar entre 3 i 5 setmanes (Claudi i Mackie, 1994) i l'altra bentònica que s'inicia quan les larves vèligeres assoleixen pes en el desenvolupament i se'n van cap al fons (pedivèligeres).

Durant la fase planctònica és quan l'espècie es pot escampar i colonitzar tota mena de substrats durs. Els nous individus arriben a la

maduresa sexual quan tenen 8-10 mm de longitud, cosa que habitualment es dona cap al final del seu primer any de vida.

Viuen entre 2 i 3 anys, tot i que hi ha referències de més longevitat (Ludyanski et al., 1993).

El musclo zebra és filtrador. S'alimenta de partícules orgàniques en suspensió a l'aigua, bàsicament plàncton i restes orgàniques. Pot filtrar fins a més de 2 litres diaris per individu.

El seu rang tèrmic òptim de creixement està entre 18 i 20°C. No té massa limitacions pel que fa al seu hàbitat. Vol aigües amb una certa quantitat de calci i oxigen dissolt i tolera un ampli espectre de velocitats de l'aigua (fins a 1,5 m/s). No sobreviu amb salinitats per damunt del 8‰. A l'embassament de Riba-roja, no presenten unes preferències de profunditats massa marcades, i és la disponibilitat de substrat dur el factor que marca la seva distribució a la cubeta de l'embassament (fig. 3). Aquests escadussers requeriments, la fan una espècie invasora

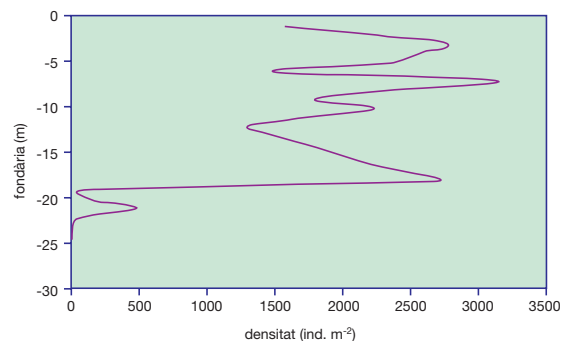


Figura 3. Distribució vertical del musclo zebra a la cubeta de l'embassament de Riba-roja. Les dades són una mitjana de diferents perfils fets des de la superfície al fons (Palau et al., 2003)





Figura 4. Aspecte de les reixes de la captació d'aigua de la central hidroelèctrica de Riba-roja, a la presa del mateix nom (Tarragona), a l'estiu de 2002 (Fotos: A. Palau).

excel·lent, amb pocs ambients aquàtics que se li puguin resistir. Només les aigües fredes i oligominerals dels rius i llacs de muntanya o les aigües salades litorals i marines li són desfavorables.

Els individus viuen en colònies, on s'amunteguen fins a densitats espectaculars (>250.000 ind./m²; fig. 4).

Efectes ecològics

Els efectes de la presència del musclo zebrat en un ecosistema aquàtic són variats, d'ampli abast, però poc perceptibles a escala temporal. D'entrada hi ha qui diu que, en filtrar les partícules en suspensió, clarifiquen l'aigua, retiren fitoplàncton i això fa que augmenti la llum i els nutrients disponibles pels macròfits, que d'aquesta manera assoleixen desenvolupaments espectaculars. Sens dubte el musclo zebrat afecta l'equilibri entre el fitoplàncton i el fitobentos, però segurament ho fa per altres vies més complexes relacionades amb el cicle dels nutrients i molt particularment del nitrogen. De fet, l'augment espectacular de macròfits en trams baixos de la conca de l'Ebre, s'ha donat tant en llocs amb musclo zebrat com en llocs sense i la limitació de l'activitat fotosintètica dels macròfits per llum, en aigües de 2-3 m de profunditat o menys, en condicions normals, és poc probable.

El fet és que el musclo zebrat tapissa tots els substrats durs que troba, i això treu espai disponible per a altres espècies bentòniques, a banda de foragitar-les. Hi ha nombroses imatges de crancs o grans bivalves amb el cos total o parcialment colonitzat per exemplars de musclo zebrat, que finalment acaben amb la mort del sofert organisme que fa de substrat.

Ateses les densitats d'individus que s'arriben a aplegar, està clar que la presència de l'espècie deu modificar la disponibilitat d'oxigen dissolt en la interfase aigua-substrat i això lliga amb els efectes que pot tenir sobre el cicle del nitrogen.

S'ha demostrat que el musclo zebrat és selectiu quan filtra, de manera que no tan sols és capaç de triar la mida de partícula que més li convé, sinó que també pot expulsar elements tòxics, com ara cianobacteris amb microtoxines, que d'aquesta forma es veuen afavorits davant altres grups de productors primaris. Val a dir que les poblacions d'aquests cianobacteris, guarden molta relació amb el cicle del nitrogen.

Finalment, cal tenir present que les espècies invasores mai venen soles. Amb elles arriba tota una cohort d'espècies acompanyants que són els seus simbiotes i paràsits habituals en el lloc d'origen, així com altres espècies que accidentalment són incorporades en el mateix mitjà de transport de l'espècie invasora. En el cas del musclo zebrat, la seva presència porta associada una munió de protozous ciliats paràsits, en principi d'espècies ja presents en les aigües peninsulars, però també ha portat hostes nous, com ara *Phyllodistomum folium*, un helmint (trematode) que en fase larvària es desenvolupa a les brànquies del musclo zebrat i en fase adulta produeix lesions serioses al sistema urinari d'alguns peixos.

Per cert, això que el musclo zebrat es va escampant pel tràfec d'embarcacions de pesca esportiva i lleure, sense que sigui fals, resulta poc convincent o si més no insuficient per explicar com, quant i en quines condicions poblacionals, arriba el musclo zebrat als nous ecosistemes aquàtics que va colonitzant. Cada cop sembla més clar que hi ha una relació directa entre la introducció i el tràfec (ambdós il·legals) d'espècies exòtiques de peixos (particularment del silur, l'alburnell, la sandra o el *black-bass*) i l'aparició de musclo zebrat.

El projecte MZ d'Endesa

L'any 2002, després de trobar unes densitats ingents de musclo zebrat a les instal·lacions hidroelèctriques d'Endesa a l'embassament de Riba-roja i al de Flix, a banda del poblament existent en tots dos embassa-



ments, l'empresa hidroelèctrica Endesa va crear el primer grup de treball de l'Estat espanyol, dedicat a l'estudi específic de l'espècie invasora. No es tractava de solucionar els problemes que l'espècie creava o podia crear a l'empresa, sinó d'analitzar què es podia fer per eradicar-la dels ecosistemes aquàtics o, si més no tenir-la controlada.

Endesa va construir un laboratori d'experimentació *ad hoc* i va començar a estudiar la vida i miracles de l'espècie, en col·laboració amb la Universitat de Lleida i la Universitat de Saragossa. Es van establir tres línies principals de recerca:

- L'estudi de l'ecologia bàsica de l'espècie a la zona del baix Ebre.
- El control parasitològic de l'espècie
- Les opcions de lluita davant l'espècie (mètodes estructurals, físics, químics i de gestió).

Els resultats d'aquests treballs han estat publicats (Palau et al., 2003; Palau i Cía, 2006) i poden obtenir-se al web www.mejilloncebra.endesa.es. Queda encara una tercera publicació que veurà la llum al 2009.

La vulnerabilitat de les masses d'aigua davant el musclo zebra

Una de les eines lògiques que fan servei davant de qualsevol amenaça d'invasió hostil, sigui militar, econòmica, social o biològica, és disposar d'un sistema que permeti reconèixer els punts febles; és a dir, els llocs pels quals és més probable rebre la invasió. Aquest és el cas del IVMZ (Índex de Vulnerabilitat al Musclo Zebra) que és va desenvolupar a la Universitat de Lleida.

Certament no és fàcil aconseguir avaluar la vulnerabilitat d'una massa d'aigua davant de la pressió de colonització d'una espècie tan ben preparada com invasora, com ho és el musclo zebra. D'altra banda, i abans d'exposar els continguts del IVMZ, val a dir que aquesta mena d'índex només funciona quan la intervenció de l'home en el procés invasiu, queda acotada. Evidentment, aquest índex no pot preveure la ximpleria d'algú que, en un moment donat i per què sí, introdueix l'espècie allí on li sembla i on, en condicions naturals, no seria ni lògic ni probable que hi arribés tan fàcilment.

L'estructura del IVMZ està pensada com un sumatori de tots aquells factors, agents o aspectes que actuen positivament en augmentar la probabilitat que el musclo zebra entri en una massa d'aigua concretada. El resultat d'aquest sumatori, queda matisat per uns quants criteris correctors, que un cop aplicats, donen ja el resultat final de l'índex. Els blocs bàsics (BB) del sumatori i els criteris correctors (Rd, Sal) que intervenen al IVMZ, juntament amb els seus respectius continguts, són els següents:

- Bloc bàsic 1 (BB1; 0-25 punts). Característiques ecològiques de la massa d'aigua:

- Estabilitat de la massa d'aigua: es quantifica a partir de la seva taxa de renovació i de l'amplitud i freqüència de les oscil·lacions de nivell (en el cas dels embassaments).

- Morfologia de la cubeta: es valora a partir del seu desenvolupament de volum i la seva profunditat relativa.

- Règim tèrmic: Té en compte la temperatura mínima a què arriba la massa d'aigua en el seu cicle anual, així com l'amplitud de variació tèrmica.

- Estat tròfic: Es mesura a partir del TSI ("Trophic State Index"), un índex clàssic per avaluar el grau d'eutròfia o d'oligotròfia, d'una massa d'aigua.

- Mineralització: Dóna la concentració de calci a l'aigua, com a catió essencial per al musclo zebra.

- Bloc bàsic 2 (BB2; 0-36 punts). Activitats recreatives a la massa d'aigua:

- Distància al focus contaminat més proper.

- Accessibilitat a la cubeta: Valora el nombre d'accessos i el grau de control de pas.

- Navegabilitat: Té en compte la intensitat d'ús nàutic de la massa d'aigua.

- Pesca esportiva o recreativa: Quantifica la intensitat de pesca.

- Presència d'espècies exòtiques: Es refereix als peixos i té en compte el número i tipus d'espècies exòtiques presents, atès que la seva introducció il·legal, com ja s'ha indicat, és el motiu més probable de l'entrada inicial i la dispersió posterior del musclo zebra.

- Bloc bàsic 3 (BB3; 0-9 punts). Connectivitat fluvial i tipus de massa d'aigua:

- Situació dins la xarxa hidrogràfica (més risc de problemes en l'ús de l'aigua, com més cap a la capçalera).

- Connexió a altres masses d'aigua.

- Volum i origen (natural o artificial): Fa referència a les possibilitats de gestió de la massa d'aigua, en el cas que el musclo zebra s'hi fiqui.

- Bloc bàsic 4 (BB4; 0-30 punts). Afectació socioeconòmica i ecològica:

- Tipus d'ús de l'aigua i finalitat (urbà, industrial, regadiu,...).

- Afectació a espais naturals o espècies protegides.

Cadascun dels paràmetres integrants dels quatre blocs bàsics es va quantificar sobre una escala comuna entre 1 i 5, que permetia normalitzar els seus respectius valors, amb independència que fossin variables quantitatives o qualitatives. Com a mostra, es presenta la taula 1.

Com a criteris correctors se'n van establir els dos següents:

- Risc directe (Rd): Va de 0 a 1 segons si aigües amunt de la massa d'aigua objecte



Taula 1. Mostra de com es van quantificar algunes de les variables que intervenen en l'índex IVMZ, sobre una escala normalitzada de 1 a 5. En color vermell es destaquen les condicions més desfavorables pel musclo zebra i en color verd, les més favorables.

Variables	1	2	3	4	5
Temps residència (dies)	>15	15 a 28	29 a 35	36 a 60	>60
Estat Tròfic (TSI)	0 a 10 ó 90 a 100	11 a 25 ó 71 a 90	26 a 35	36 a 55 ó 61 a 71	56 a 60
Calci (mg/l)	>9	9 a 20	21 a 25	26 a 120	>120
Nombre d'accessos		Baix (< 5)	Moderat (5-10)	Alt (>10)	
Intensitat de pesca		Nul·la o baixa	Moderada	Alta	

d'estudi, hi ha absència (0), indicis (0,5), probabilitat elevada (0,8) o plena certesa (1), de que hi hagi musclo zebra.

- Salinitat (Sal): També va de 0 a 1 segons el grau de salinitat de l'aigua. Ja val 0 quan la salinitat és igual o superior al 8‰ (uns 12.500 µs/cm de conductivitat elèctrica, aproximadament).

L'expressió de càlcul del IVMZ és la següent:

$$IVMZ = (\sum BB_{1-4} + Rd) \cdot Sal \quad Rd = K(100 - \sum BB_{1-4})$$

on $\sum BB_{1-4}$ és el sumatori dels valors absoluts per cadascun dels quatre blocs bàsics, "Rd" és el factor de risc directe, "Sal" és el factor de salinitat i K varia entre 1 i 0 segons si hi ha o no musclo zebra aigües amunt de la massa d'aigua considerada, tal i com ja s'ha explicat en un paràgraf anterior.

Aquest índex varia entre 6 (valor mínim residual que indica una nul·la possibilitat de colonització) i 100 (valor màxim referit a una vulnerabilitat extrema). S'ha aplicat a unes 90 masses d'aigua de la conca de l'Ebre, de diferents característiques ecològiques, morfo-

lògiques, de gestió, de presència d'activitats recreatives, de diferent ús de l'aigua, de pertinença a espais naturals protegits..., amb bons resultats, en el sentit que el IVMZ ha discriminat amb precisió les masses d'aigua contaminades amb musclo zebra des de fa temps, les que eren més sensibles i amb el temps (un parell d'anys) han acabat acollint l'espècie invasora, i les que és molt poc probable que puguin arribar a acollir-la mai per presentar característiques que li son refractàries.

Com es pot veure de la seva composició, el IVMZ mesura la vulnerabilitat d'una massa d'aigua en dues vessants, l'una referida a les característiques intrínseques que fan que una determinada massa d'aigua sigui més o menys apta per acollir l'espècie o tingui més o menys risc de colonització; i l'altra referida a la gravetat dels efectes de la colonització, un cop produïda. Està clar que una massa d'aigua qualsevol, amb independència de les característiques pròpies que presenti i que la facin més no menys receptora potencial del musclo zebra, si acull espècies protegides, o pertany a un espai natural, o be abasteix d'aigua uns usos estratègics, aleshores te una

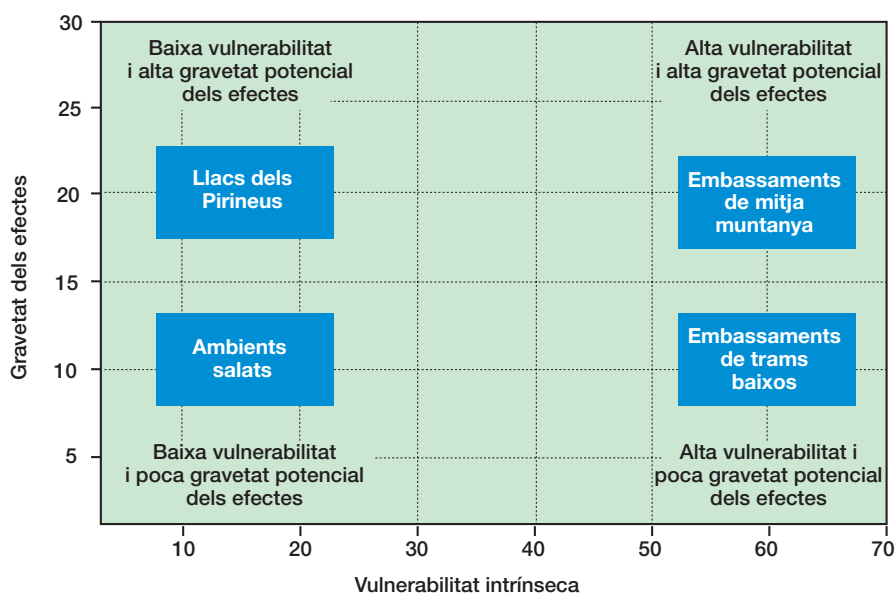


Figura 5. Gràfica de resultats del IVMZ, que permet discriminar entre la vulnerabilitat de les masses d'aigua deguda a les seves característiques favorables a la presència del musclo zebra, de la vulnerabilitat que els atorga la gravetat de les conseqüències de l'eventual presència del musclo.



vulnerabilitat afegida que calia també tenir en compte i quantificar.

La vulnerabilitat per raó de les característiques pròpies de cada massa d'aigua correspondria al sumatori dels blocs bàsics 1, 2 i 3 (0-70 punts), mentre que l'altra vulnerabilitat, la referida a la gravetat dels efectes de la colonització, correspondria al bloc bàsic 3 (0-30 punts). D'aquesta forma, a banda del valor final del IVMZ (6-100 punts), la figura 5 mostra el tipus d'informació afegida que dona l'índex, desglossant el valor total en les dues components de la vulnerabilitat tal i com ha estat definida.

Comentari final

El musclo zebra, a les aigües continentals ibèriques, té capacitat suficient per convertir-se en un factor de canvi significatiu per la biodiversitat autòctona i pel funcionament dels mateixos ecosistemes aquàtics. Reuneix tots els trets del perfecte invasor: gran capacitat reproductora, pocs requeriments específics, alta resistència a condicions adverses i molts pocs predadors efectius. Possiblement s'ha badat un pèl a l'hora de plantejar possibles actuacions contundents davant l'espècie i ara pensar en una eradicació ja és una quimera. Tot i així, cal no llençar la tovallola. Cada cop hi ha més grups estudiant l'espècie i les formes d'atacar-la. D'altra banda, cada pas que es doni cap al bon estat ecològic dels nostres rius i llacs, fita obligada que va establir la Directiva Europea de l'Aigua, augmentarà la refractància dels nostres ecosistemes aquàtics envers les espècies exòtiques invasores, en la mesura que s'hauran d'assolir unes condicions que afavoreixin les espècies del país. Actual-

ment s'estan acabant de desenvolupar unes millores del IVMZ, que han de permetre més precisió en els seus resultats, particularment a l'hora de discriminar aquelles masses d'aigua, que per les característiques físicoquímiques de les seves aigües, són més resistents davant la possible colonització pel musclo zebra.

Bibliografia

- CLAUDI, R. i MACKIE, G.L. (1994). *Practical manual for zebra mussel monitoring and control*. Lewis Publishers, London. 227 pp.
- JENNER, H.A., WHITEHOUSE, J.W., TAYLOR, C.J.L. i KHALANSKI, M. (1998). Cooling water management in European power stations. *Biology and control of fouling. Hydroécologie Appliquée*, 10(1-2).
- LUDYANSKIY, M.L., McDONALD, D. i MACNEILL, D. (1993). Impact of the zebra mussel, a bivalve invader. *Bioscience*, 43(8): 533-544.
- O'NEILL, C.R. Jr. (1996) *The zebra mussel. Impacts and control*. Cornell Cooperative Extension, Information Bulletin, n° 238. New York Sea Grant, Cornell University, State University of New York. 62 pp.
- PALAU, A., CÍA, I., FARGAS, D., BARDINA, M. i MAS-SUTI, S. (2004). *Resultados preliminares sobre ecología básica y distribución del mejillón cebra en el embalse de Riba-roja (río Ebro)*. Monografías de Endesa, Lleida. 43 pp.
- PALAU, A. i CÍA, I. (2006). *Métodos de control y erradicación del mejillón cebra (Dreissena polymorpha)*. Monografías de Endesa, Lleida. 71 pp.
- RUIZ ALTABA, C., JIMÉNEZ, P.J. i LÓPEZ, M.A. (2001) El temido mejillón cebra empieza a invadir los ríos españoles desde el curso bajo del río Ebro. *Quercus*, 188: 50-51.

