



Moluscos dulceacuícolas invasores del Delta del Ebro (Cataluña, España)

Sergio Quiñonero Salgado^{1,*} & Joaquín López Soriano²

¹Teide 50, 3er 2a, 08905 L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, Spain; ²Lepant 161, esc. B àtic 1a, 08013 Barcelona, Spain.

Rebut el 6 de juliol de 2013. Acceptat l'11 d'octubre de 2013

Resum

El Delta de l'Ebre és un dels espais naturals més rics i importants de Catalunya. Durant els últims anys, s'hi han registrat nombroses invasions biològiques, particularment als ambients d'aigua dolça. En aquest article revisem la presència de mol·luscs d'aigua dolça invasors en aquest espai, amb un total de nou espècies (7 gastròpodes i 2 bivalves), de les quals quatre són citacions noves pel Delta de l'Ebre.

Paraules clau: Mollusca; Espècies invasores; Aigua dolça; Delta de l'Ebre; Península Ibèrica.

Abstract

The Ebro Delta is one of the richest and most important natural areas of Catalonia. During the last years, numerous biological invasions have been documented there, particularly in the freshwater environments. In this article we review the presence of invader freshwater mollusks in this area, with a total of nine species (7 gastropods and 2 bivalves), four of which are new citations for the Ebro Delta.

Keywords: Mollusca; Invading species; Freshwater; Ebro Delta; Iberian Peninsula.

Introducción

El Delta del Ebro es un delta de origen holoceno, con una superficie emergida de unos 325 km². Es el tercero en extensión de los del Mediterráneo, tras el del Ródano en Francia y el del Nilo en Egipto. El 45% de la llanura deltaica está por debajo de los 50 cm de cota, y las zonas más altas apenas alcanzan los 4 m de altura, con lo que sus ecosistemas son especialmente frágiles frente al cambio climático—fenómeno agravado por las retenciones de sedimentos en los embalses construidos durante el último siglo. Se calcula que las descargas de sedimento en el delta son apenas un 1% de las que llegaban a principios del siglo XX (Garriga Sala, 2008).

El 80% de la superficie total del Delta está ocupada por cultivos y zonas urbanas, siendo el principal cultivo el del arroz, con un 65% de la superficie total (21.000 ha) y una producción que supera las 110.000 toneladas (el 98% de la producción de Cataluña). Otra importante actividad es la acuicultura, localizada en las bahías del Fangar y els Alfacs, con una superficie de unas 5.000 ha, en las que se cultivan mejillones, ostras y almejas. La mayor producción se dio en los años 1980, con cerca de 8.000 toneladas, aunque actualmente se encuentra estabilizada en unas 3.000 toneladas anuales. El sector pesquero se concentra en los puertos de Sant Carles de la Ràpita y l'Ampolla, con unas capturas de unas 3.500 toneladas anuales. Finalmente, el turismo representa la actividad humana más en auge en los últimos años, con cientos de miles de visitantes anuales (Galiana Llasat, 2012).

El Delta se caracteriza por una gran diversidad de hábitats y especies (Figura 1). Incluye ocho hábitats contemplados en la Directiva 92/43/CEE, de los que dos (lagunas costeras y turberas de carrizo asociadas a surgencias de agua dulce) son considerados como prioritarios (Garriga Sala, 2008). En el

Delta existen más de 600 especies de plantas superiores (unas 20 en peligro de extinción) y algo más de 400 de vertebrados (unas 70 en peligro de extinción), entre las que destaca una diversa fauna ornitológica (Molinet Coll, 2006). Se encuentran en el Delta seis especies de peces endémicas de la península Ibérica o del Mediterráneo occidental (*Aphanius iberus*, *Valencia hispanica*, *Cobitis paludica*, *Barbus graelsii*, *Chondrostoma toxostoma*, *Leuciscus cephalus*; Molinet Coll, 2006; Garriga Sala, 2008), lo que evidencia la importancia ecológica de sus ambientes de agua dulce. Mucho menos conocida es, sin embargo, la fauna de invertebrados, aunque como ejemplo de su riqueza se han citado al menos 550 moluscos marinos (Brunet Navarro & Capdevila, 2005).

El Parque Natural del Delta del Ebro fue creado en 1983 por la Generalitat de Catalunya. Incluye todas las lagunas costeras del Delta (l'Encanyissada, la Platjola, la Tancada, l'Alfaca, els Calaixos de Buda, el Garxal, el Canal Vell y les Olles), la gran mayoría de las playas, arenas y marismas, una parte de la bahía del Fangar, una parte de los *ullals* (surgencias de agua dulce) y una pequeña parte de los arrozales. Tiene una superficie total de 7.736 ha, e incluye diversas áreas de acceso restringido para permitir la nidificación de aves. El Delta del Ebro forma parte además de la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional (Convención Ramsar), es Espacio del PEIN (10.400 ha, de las cuales 616 ha son marinas), espacio de la Red Natura 2000 (40.431 ha, de las cuales 33.720 ha son marinas), y en él se encuentran varias reservas naturales y zonas húmedas incluidas en el Inventario de las Zonas Húmedas de Cataluña (Garriga Sala, 2008; Galiana Llasat, 2012).

A pesar de todos estos esfuerzos proteccionistas, un informe de la organización SEO-Birdlife considera "pobre" su estado de conservación (Anónimo, 2012). Además, como en todos los hábitats, durante las últimas décadas se ha acelerado vertiginosamente la entrada de especies invasoras, debido al libre comercio, el transporte internacional y las mencionadas actividades económicas humanas. Destacables han sido las

* Autor corresponsal.

Adreça electrònica: sergioqs85@hotmail.com

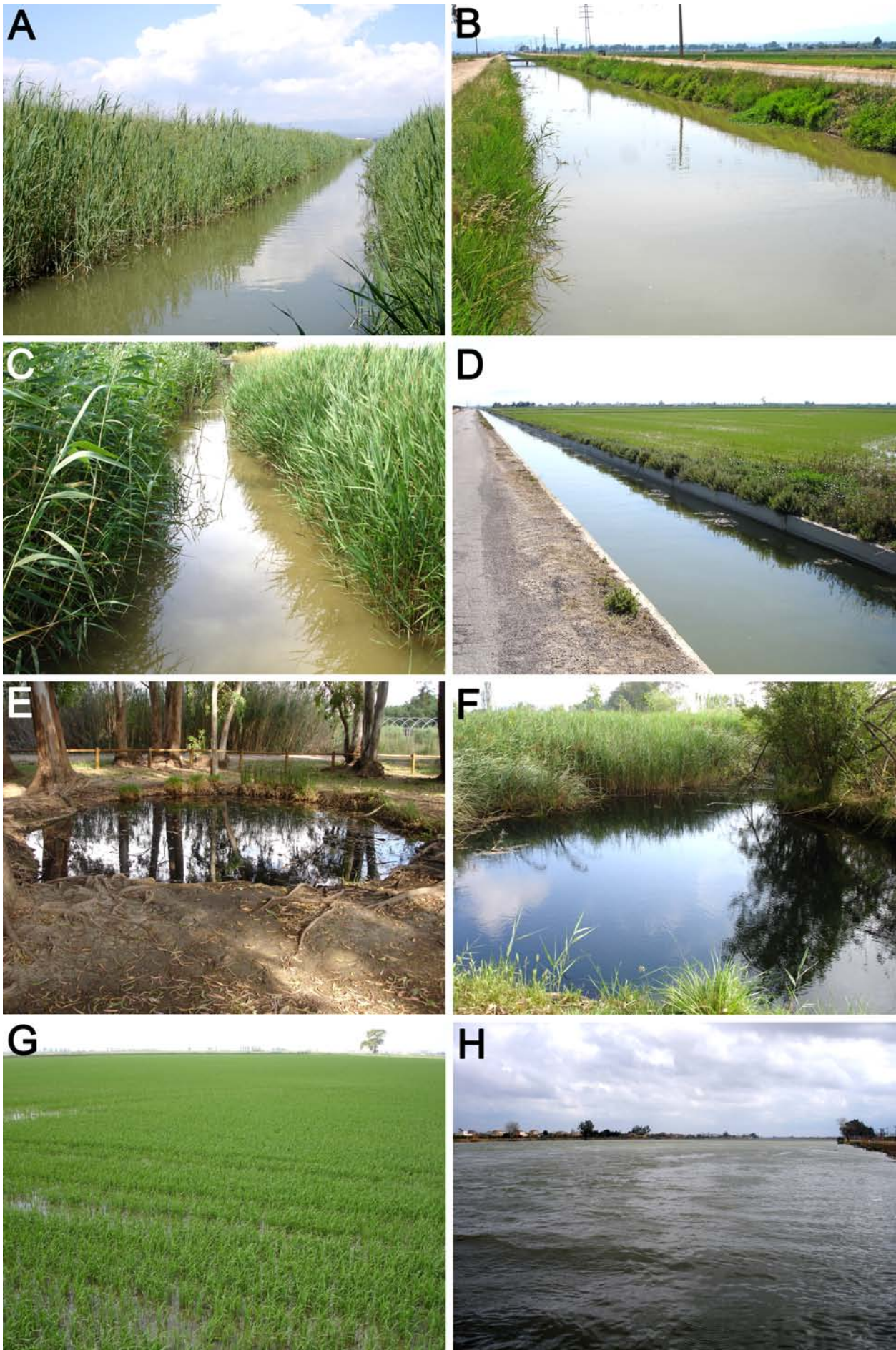


Figura 1. Algunos de los principales hábitats de moluscos dulceacuícolas en el Delta del Ebro: A–C, acequias y canales con vegetación; D, canales de cemento; E–F, *ullals*; G, campos de arroz; H, río Ebro.

invasiones del cangrejo rojo americano, *Procambarus clarkii*, llegado a finales de la década de los 70 (Oscos *et al.*, 2010), y más recientemente, en 2009, la del caracol manzana, *Pomacea maculata* Perry, 1810 [= *Pomacea insularum* (d'Orbigny, 1837); véase Hayes *et al.*, 2012] (López Soriano *et al.*, 2009a; López *et al.*, 2010). Cabe recordar que las invasiones representan la segunda causa más importante de extinción de especies, detrás de la destrucción de hábitats, según la IUCN (Lowe *et al.*, 2004). Estas especies pueden ocasionar el desplazamiento de las especies nativas por competencia, depredación, hibridación, o simplemente por alteraciones físico-químicas o ecológicas en los hábitats que invaden (Anónimo, 2011).

Es por todo ello que hace algunos años decidimos realizar un seguimiento de las especies alóctonas¹ de moluscos que se hallan en el Delta del Ebro, sobre las que ya hemos publicado diversos artículos, tanto de especies continentales (López Soriano *et al.*, 2009a; Ruiz Jarillo & Quiñonero Salgado, 2010), como marinas (López Soriano *et al.*, 2009b; López Soriano, 2011). En el presente artículo revisamos la situación actual respecto a los moluscos de agua dulce, con el resultado de nueve especies alóctonas en el espacio del Delta, cuyo estatus desarrollamos en los siguientes apartados especie por especie.

Material y métodos

Se realizaron diversas expediciones entre octubre de 2009 y junio de 2013, en las que se muestrearon los hábitats con presencia de moluscos dulceacuicolas: acequias y canales, con y sin vegetación; orillas del río Ebro; campos de arroz; lagunas y *ullals*; y sedimentos depositados en los márgenes de canales y acequias por extracción mecánica. Se visitó el Delta en diferentes estaciones del año y en las diversas fases del cultivo del arroz.

Resultados

Se presentan a continuación los resultados para las diferentes especies alóctonas localizadas, con su rango de distribución conocida representada en mapas con coordenadas UTM (Figura 2). En las Figuras 3 y 4 se ilustran las diferentes especies encontradas mediante fotos de estudio y de campo, respectivamente.

***Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774).** Es uno de los bivalvos invasores con mayor capacidad de dispersión. Originario de Asia meridional, durante la segunda mitad del siglo XX se ha extendido a prácticamente todo el continente americano y Europa. Habría entrado en los Estados Unidos en 1938 por el río Columbia (Burch, 1944), mientras que en Sudamérica lo habría hecho en 1981 (Ituarte, 1981)—el mismo año que se tiene registrada por primera vez su presencia en Europa, concretamente en Francia y Portugal (Mouthon, 1981). En España habría llegado poco después, hacia 1990, concretamente cerca de la desembocadura del río Guadiana (Pérez-Quintero, 1990), aunque este autor sugiere que la población podría llevar instalada allí hasta cinco años. Otros autores sitúan esta especie en el Miño en 1989 (Nagel, 1989; Araujo *et al.*, 1993). En la actualidad, estaría distribuida por las seis grandes cuencas de la Península (Miño, Tajo, Duero, Guadiana, Guadalquivir y Ebro) (Pérez-Quintero, 2008) y en algunos otros puntos dispersos como la cuenca del Ter (Pou-Rovira *et al.*, 2009), mientras que en el resto de Europa habría colonizado numerosos países, con citas registradas al menos en

Irlanda, Francia, Portugal, Alemania, Bélgica, Holanda, Moldavia, Hungría, Serbia e Inglaterra (Lucy *et al.*, 2012).

El impacto de esta especie sobre la ecología de los sistemas invadidos puede llegar a ser enorme. Por una parte, supone una importante competencia con otros filtradores, particularmente bivalvos, pudiendo llegar a alcanzar densidades elevadísimas, del orden de 9.600 individuos/m² (Lucy *et al.*, 2012). Puede causar importantes problemas económicos en canalizaciones, habiéndose calculado los daños ocasionados en Estados Unidos en más de 1.000 millones de dólares ya hace algunas décadas (Isom, 1986), particularmente por su preferencia por los desagües de centrales de generación de energía, incluidas las nucleares. Su capacidad de autofecundación y dispersión, su alta fecundidad (más de 68.000 larvas/individuo/año), y su tolerancia a cambios físico-químicos y perturbaciones antropogénicas le permiten colonizar prácticamente cualquier curso fluvial, salvo algunos lagos oligotróficos o ácidos (Lucy *et al.*, 2012). Su impacto ecológico se debe fundamentalmente a la filtración de enormes volúmenes de agua allí donde se presenta en altas densidades de población, con depósito de materia orgánica en el fondo, cambios en los niveles de oxigenación y biomineralización, y de la estructura de comunidades, favoreciendo en ocasiones la proliferación de macrófitos bentónicos al aclarar la columna de agua (Karatayev *et al.* 2005, 2007). El género *Corbicula* se encuentra registrado en el Pleistoceno europeo, atribuyéndose los ejemplares fósiles a la especie *Corbicula fluminalis* (O.F. Müller, 1774), actualmente también considerada invasora en diversos puntos de Europa por algunos autores (Meijer & Preece, 2000).

La primera cita de *C. fluminea* en el Delta del Ebro sería de 1997 (López & Altaba, 1997), con poblaciones en el hemidelta izquierdo, y una sola localidad en el hemidelta derecho. En este artículo se citaban como posibles barreras a su diseminación la desecación invernal de canales, registrándose las mayores densidades donde no se desecaba o donde había suficiente fondo fangoso para tolerar la desecación (López & Altaba, 1997).

En nuestras expediciones, la especie se localizó en los términos municipales de l'Aldea, l'Ampolla, Amposta, Camarles, Deltebre, Sant Jaume d'Enveja y Sant Carles de la Ràpita [31T CF00, CF01, CF10, CF11, BF90, BE99] (Figura 2). Se presenta en canales de riego, acequias, río Ebro, estanques y lagunas como Bassa de les Olles (l'Ampolla) y La Tancada (Amposta), y esporádicamente se ha encontrado en arrozales (Deltebre) (Figuras 3I y 4H). Nuestros muestreos demuestran que la especie ha ampliado su distribución hasta abarcar prácticamente todo el Delta, tanto el hemidelta izquierdo como el derecho, con especímenes muy abundantes en numerosos canales y acequias de riego con fondo fangoso, alcanzando densidades muy elevadas en ciertos puntos. También la hemos encontrado en el río Ebro y excepcionalmente en arrozales. Las densidades observadas, no obstante, son mayores en el hemidelta izquierdo, quizás por llevar más años asentada allí. Las poblaciones son estables y la erradicación de la especie parece imposible, aunque los impactos sobre la fauna autóctona no han sido evaluados.

***Melanoides tuberculatus* (O.F. Müller, 1774).** Se trata de otra especie nativa de las zonas tropicales y subtropicales de África, Asia y Australia, que actualmente se ha extendido prácticamente por todo el mundo (Ruiz Jarillo & Quiñonero Salgado, 2010). Recientes citas europeas se han reportado para Serbia (Milenkovic & Gligorijevic, 2012) y Malta (Cilia *et al.*, 2013), en este último caso aparentemente en aguas no termales, aunque algunos autores sugieren que esta isla estaría en el área de distribución natural de la especie, dada la presencia de ejemplares fósiles en Baleares y el sur de Italia (Esu, 1980; Beckmann, 2007). En España hay diversas

¹ Existe una polémica no resuelta en el tratamiento de las distintas especies no nativas como alóctonas, naturalizadas/establecidas, o invasoras. Dada la ausencia de criterios claros para distinguirlas, en este artículo se utilizan los términos "alóctono" e "invasor" de manera intercambiable.

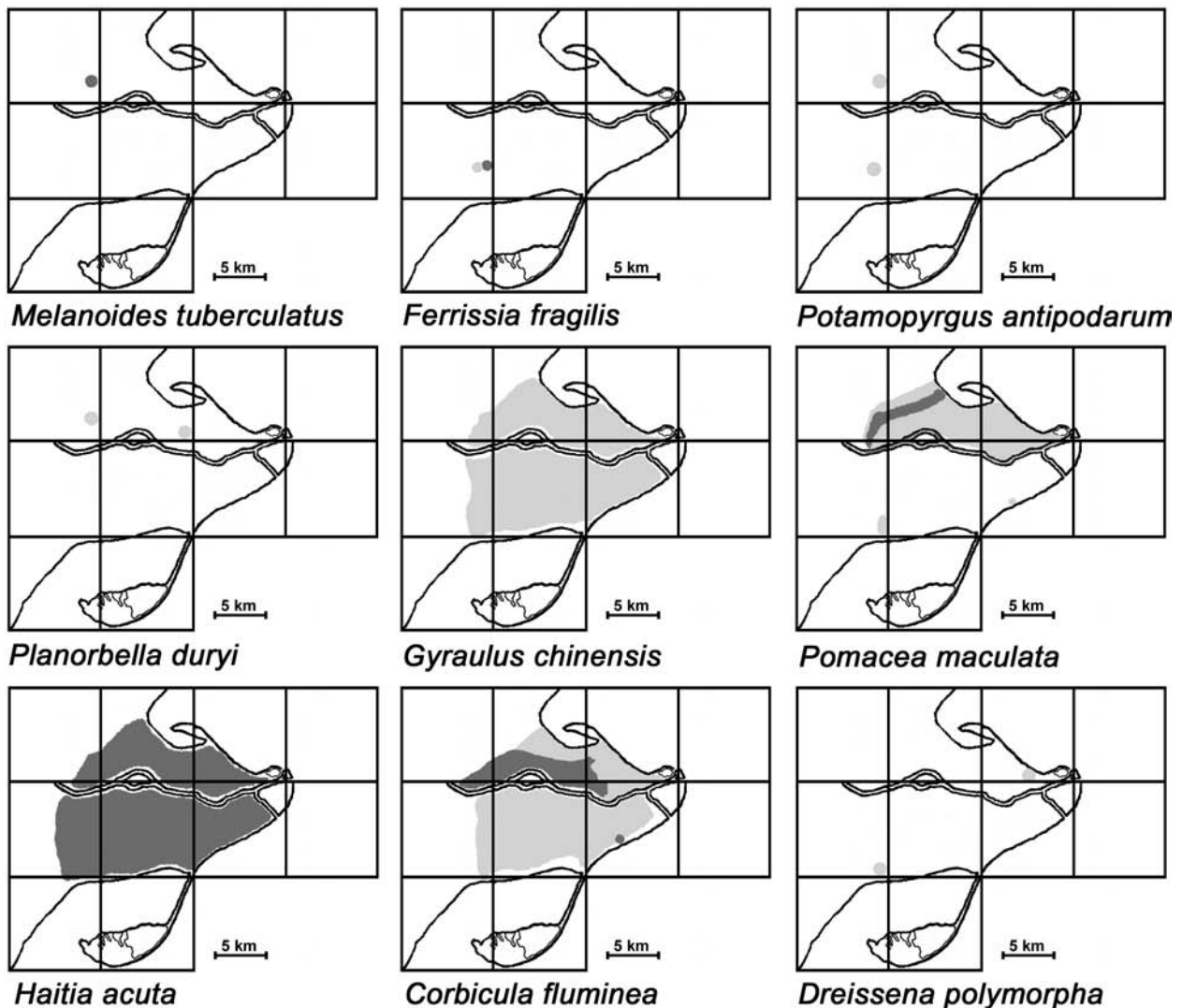


Figura 2. Mapas de distribución de las diferentes especies consideradas en este estudio en el delta del Ebro. En gris oscuro, citas anteriores de cada especie; en gris claro, nuevas citas de este artículo.

citas diseminadas por Aragón, la Comunidad Valenciana y Canarias, algunas de ellas asociadas a aguas de origen termal (Gasull, 1974; Escobar *et al.*, 1990; Álvarez Halcón, 1995; Groh & García, 2004). Su presencia en el Delta fue detectada recientemente, en diciembre de 2009, en la localidad de l'Aldea (Ruiz Jarillo & Quiñonero Salgado, 2010), donde también se dio a conocer la presencia de *Pomacea maculata*.

En la actualidad la especie sólo se encuentra en la misma localidad descrita en 2009 (Figuras 2 y 3F), sin nuevas citas para la especie. Posteriores expediciones permitieron encontrarla en grandes números en esos mismos puntos (más de 100 individuos) enterrada en el fondo arenoso o fangoso, registrándose la presencia de ejemplares vivos (tanto adultos como juveniles) en aguas a 12–13 °C de temperatura (octubre 2010). Así, parece que la especie no tiene especiales problemas para sobrevivir en las aguas relativamente frías (para una especie subtropical) de los canales y acequias del Delta. Sin embargo, la ausencia de nuevas poblaciones sugiere que la especie encuentra fuertes barreras para su dispersión. Así, la viabilidad de la población podría estar comprometida a largo plazo. No podemos descartar, sin embargo, que existan otras poblaciones dispersas por el Delta que no hemos podido localizar hasta ahora, por lo que sería recomendable realizar un seguimiento exhaustivo durante la época de desecación de canales para verificar esta eventual dispersión.

Dreissena polymorpha (Pallas, 1771). Es un bivalvo considerado como una de las 100 especies con mayor capacidad invasiva por la UICN (Lowe *et al.*, 2004; véase la Figura 4G). Es originaria de lagos y cursos de agua de flujo lento y baja salinidad de la zona del Mar Caspio y Mar Negro, que se habría extendido por gran parte de Europa a lo largo del siglo XIX, posiblemente transportada por la navegación fluvial. La primera cita de Estados Unidos es de 1986 en el lago Erie (Carlton, 2008), pero poco después colonizó todos los Grandes Lagos y la cuenca del Mississippi, hasta estar presente en la actualidad en más de 20 estados (Quiñonero & López, 2009). En Europa se encuentra prácticamente en todos los países (Muñoz Camarillo, 2013). En España se detectó por primera vez su presencia en el río Llobregat en 1982; poco tiempo después, sin embargo, desapareció de esa cuenca, aunque recientemente la Agència Catalana de l'Aigua dio a conocer su presencia en el embalse de la Baells (Muñoz Camarillo, 2013). En 2001 alcanzó la cuenca del Ebro en su curso bajo, para después extenderse aguas arriba, e incluso colonizar recientemente otras cuencas peninsulares como Duero, Júcar y Segura, además de diversos embalses en Andalucía (Quiñonero & López, 2009).

Además de los graves problemas económicos que produce por obturación de infraestructuras, *D. polymorpha* representa un grave peligro ecológico al producir un declive en las poblaciones nativas de numerosos bivalvos de agua dulce. Al menos 60 especies de bivalvos de la cuenca del Mississippi

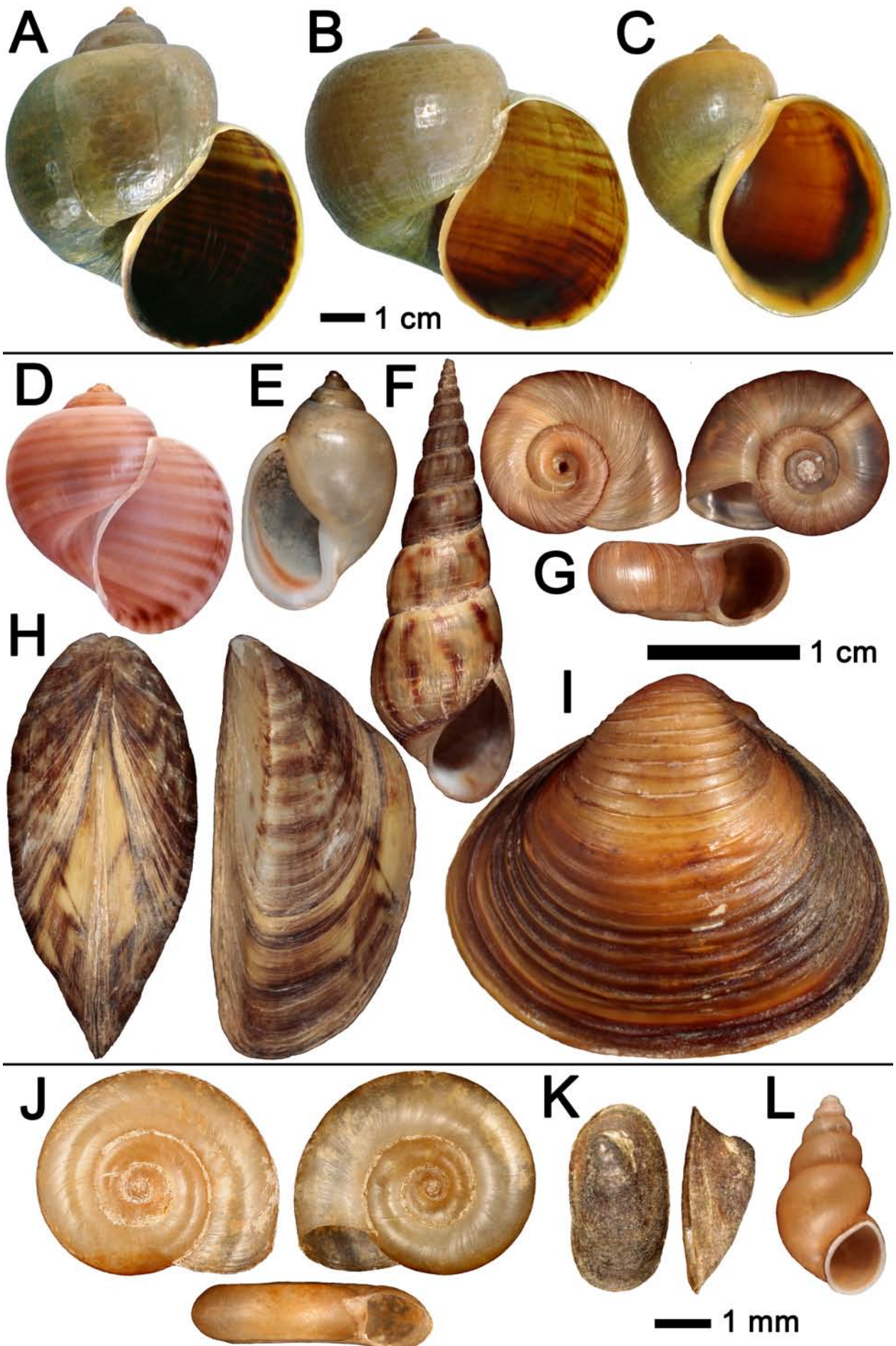


Figura 3. Fotografía de las conchas de los diversos moluscos invasores considerados en este estudio. A–D, Hembras (A, B), macho (C) y juvenil (D) de *Pomacea maculata*; E, *Haitia acuta*; F, *Melanoides tuberculatus*; G, *Planorbella duryi*; H, *Dreissena polymorpha*; I, *Corbicula fluminea*; J, *Gyraulus chinensis*; K, *Ferrissia fragilis*; L, *Potamopyrgus antipodarum*. Fotografías de A. López Alabau.



Figura 4. Fotografías de ejemplares vivos de los diversos moluscos invasores considerados en este estudio en su medio natural: A, *Potamopyrgus antipodarum*; B, *Ferrissia fragilis*; C, *Haitia acuta*; D, *Gyraulus chinensis*; E, *Pomacea maculata*; F, *Planorbella duryi*; G, *Dreisena polymorpha*; H, *Corbicula fluminea*. Fotografías (A-G) de A. López Alabau.

estarían en peligro por este motivo, unido a la destrucción de hábitats (Durán *et al.*, 2010), mientras que en la península Ibérica el daño mayor se centraría sobre la especie *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793), en grave peligro de extinción dadas sus exiguas poblaciones actuales (Araujo Romero, 2009). Igual que *C. fluminea*, *D. polymorpha* se alimenta filtrando fitoplancton, modifica la transparencia del agua y favorece el crecimiento de macrófitos allí donde forma poblaciones muy densas, pudiendo alterar el equilibrio ecológico de la red trófica, además de fijarse en grandes números a otros bivalvos, impidiendo algunas de sus funciones metabólicas (Anónimo, 2007; Muñoz Camarillo, 2013).

Sorprendentemente, después de la invasión en 2001 en la parte baja del Ebro (embalse de Riba-roja hasta Xerta), su expansión se ha producido fundamentalmente aguas arriba, cuando su principal mecanismo natural de dispersión parece ser a favor de corriente. Ciertamente, su expansión aguas arriba en el Ebro tiene que ver más con vectores humanos (navegación fluvial, cebos y aparejos de pesca) que con la capacidad de dispersión propia de la especie; pero contra pronóstico, en todos estos años, no se había registrado nunca su presencia en el Delta, a pesar de tolerar cierto grado de salinidad (hasta un 4‰) y tener una temperatura óptima de entre 12 y 20 °C (Anónimo, 2007). Sólo muy recientemente ha sido hallada en el río Ebro a su paso por Amposta, en las estribaciones del Delta (Muñoz Camarillo, 2013). En nuestras expediciones, hemos hallado dos localidades para esta especie (Figura 2), que constituyen las primeras citas publicadas para el Delta:

- Canal de riego con base de cemento, Sant Carles de la Ràpita (el Montsià) [31T BF90], 10/2012 SQS & JLS *leg.*
- Sedimento junto a acequia de cemento con fondo fangoso, Deltebre (el Baix Ebre) [31T CF11], 15/06/2013 SQS & JLS *leg.*

En octubre de 2012 encontramos los primeros ejemplares frescos (Figura 3H) en el interior de un canal de cemento desecado de Sant Carles de la Ràpita, todavía adheridos a las paredes. La cita más reciente se localiza al otro margen del río, y también corresponde a ejemplares frescos, sugiriendo que posiblemente la especie se encuentre en diversos puntos intermedios diseminados, todavía a bajas densidades, aunque nuestros sondeos no han permitido localizarla hasta el momento. Dado su altísimo potencial invasor, sería de esperar una próxima ampliación en su rango de distribución en el Delta.

***Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863).** Esta especie es también ampliamente conocida por sus sinónimos posteriores, *Ferrissia wautieri* (Mirolli, 1960) y *Ferrissia clessiniana* (Jickeli, 1882), y hasta hace poco tiempo se dudaba si se trataba de una especie críptica o bien de una especie invasora (Falkner & Proschwitz, 1995). Los estudios más recientes basados en análisis moleculares confirman que se trata de una especie norteamericana que ha invadido Europa y Asia (Walther *et al.*, 2006), y que en la actualidad estaría presente en prácticamente todos los países templados y tropicales (Semenchenko & Laenko, 2008). Es en todo caso la única especie del género que habita en Europa; se ha citado en diversos países europeos, como República Checa, Eslovaquia, Hungría, Alemania, Francia, Gran Bretaña, Polonia, Suecia, Bielorrusia, Moldavia y Ucrania (Beran & Horsák, 2007; Son, 2007; Semenchenko & Laenko, 2008). En España se ha citado en el delta del Llobregat (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2009) y diversos otros puntos de Cataluña, Comunidad Valenciana, Madrid, Castilla La Mancha, Baleares y Navarra (Altaba *et al.*, 1985; Larraz &

Equisoain, 1993; Soler *et al.*, 2006; Beckmann, 2007; Bragado *et al.*, 2009). Habita principalmente en aguas estancadas o lacustres, en menor medida en aguas fluviales con poco flujo, y más raramente en canales. Muchas citas europeas se corresponden más con aguas calentadas artificialmente que con hábitats naturales, pero se ha descrito que la especie puede sobrevivir en puntos donde la temperatura ambiental llega a -10 °C (Son, 2007), por lo que parece presentar una amplia tolerancia térmica. En el Delta hemos encontrado a esta especie en un único punto hasta la fecha (Figuras 2, 3K y 4B):

- Acequia con vegetación acuática, Amposta (el Montsià) [31T BF90], 1/10/2009 SQS *leg.*

Ésta sería la segunda localidad para el Delta, pues Altaba *et al.* (1985) la citaron en los *ullals* de Prat del Notari (Amposta) en 1983, cerca del mismo punto donde la hemos encontrado recientemente. Como se ha comentado, en la actualidad se presenta en la mayoría de los países templados, por lo que su introducción en Cataluña podría datar de mucho antes que la primera cita registrada. En algunos países europeos parecería haber entrado en la primera mitad del siglo XX; y dado su pequeño tamaño y la confusión taxonómica que ha existido durante tanto tiempo, podría haber pasado desapercibida o mal clasificada en numerosos trabajos, particularmente por la profusión de sinónimos (Semenchenko & Laenko, 2008) o confundida con *Acroloxus lacustris* (Linnaeus, 1758) (Altaba *et al.*, 1985).

***Potamopyrgus antipodarum* (Gray, 1843).** Se trata de un hidróbido de pequeño tamaño originario de Nueva Zelanda que ha colonizado prácticamente todo el mundo, desde Europa, Australia y Norteamérica (los lugares donde más se ha estudiado su presencia) a Centro- y Sudamérica y Asia, siendo su presencia en África por el momento desconocida. Ha invadido todo tipo de ambientes acuáticos, incluso salobres, y suele presentarse en grandes números en ciertos ecosistemas. Su integración en los ecosistemas invadidos puede producirse tanto con efectos adversos como aparentemente sin efectos (Schreiber *et al.* 2002; Múrria *et al.* 2008; Arango *et al.* 2009; Brenneis *et al.* 2010; Alonso & Castro-Díez, 2012), y de hecho frecuentemente su presencia, incluso a densidades elevadas, pasa inadvertida. Puede enterrarse en el sedimento para soportar periodos de frío o sequía, y presenta una estrategia reproductora muy compleja, pudiendo reproducirse sexual o asexualmente, y con hasta 6 generaciones por año (Alonso & Castro-Díez, 2012). Su alimentación es muy generalista, pudiendo incluir en su dieta desde macrófitos a materia orgánica en descomposición. Puede dispersarse de forma pasiva (pájaros, peces, objetos y macrófitos flotantes) o activamente (Alonso & Castro-Díez, 2012), y parece resistir el paso por el tracto digestivo de muchos peces (Vinson & Baker, 2008), gracias a su opérculo y a su concha resistente.

En España esta especie ha sido citada en numerosas provincias (Alonso & Castro-Díez, 2012), con presencia contrastada al menos desde 1924 en Cataluña, siendo esta última la primera cita para España (Orozco *et al.*, 2001). Altaba *et al.* (1988) y Bech (1990) la citaron en numerosos puntos de Cataluña. En nuestras prospecciones por el Delta sólo la hallamos en dos puntos a ambos lados del Delta, siendo uno de ellos donde se originó la invasión de *Pomacea maculata* y *Melanoides tuberculatus* (Figuras 2 y 3L). En ambas localidades se encontraron ejemplares vivos (Figura 4A). Éstas serían además las primeras citas para el Delta:

- Desagüe de la Ermita, l'Aldea (el Baix Ebre) [31T BF91], 7/10/2010 SQS *leg.*
- Acequia con vegetación acuática, Amposta (el Montsià) [31T BF90], 1/10/2009 SQS *leg.*

Planorbella duryi (Wetherby, 1879). Es una especie originaria de la península de Florida, donde es más abundante en la zona sur, en los Everglades (Pointier *et al.*, 2005). Se ha ido extendiendo hacia otras áreas mediante introducciones accidentales o intencionadas, estas últimas en algunos países tropicales para competir con otros moluscos transmisores de enfermedades como esquistosomiasis (Pointier *et al.*, 2005), pero en su mayoría relacionadas con la comercialización de plantas tropicales importadas para viveros (Pons *et al.*, 2003), o debidas a la liberación de especies de acuarios domésticos (Cianfanelli *et al.*, 2007). La mayoría de invasiones de *P. duryi* se ha producido en ambientes muy antropizados y de forma local, siendo rara su presencia masiva en amplios ecosistemas. Excepción notable lo constituiría el caso del delta del Nilo, donde ha proliferado por todo el sistema de canales y desagües tras introducción intencionada (Yousif *et al.*, 1993); o el del lago Albano (Italia) (Mienis, 2004), donde se ha localizado en grandes números (millones según el autor) en forma de conchas muertas en la orilla.

En España está citada en dos localidades de Barcelona ciudad (Altaba *et al.*, 1988; Bros, 2009), en la isla de Mallorca (Pons *et al.*, 2003), en Elche (Soria & Sahuquillo, 2009), y en las islas de Gran Canaria (Nilsson *et al.*, 1998) y Tenerife (Groh & García, 2004). En nuestras prospecciones por el Delta la hemos localizado en tres puntos (Figuras 2, 3G y 4F):

- Desagüe de la Ermita, l'Aldea (el Baix Ebre) [31T BF91], 15/1/2010 SQS *leg.*
- Sèquia Sanitària, l'Aldea (el Baix Ebre) [31T BF91], 12/2009 Ramon Ruiz Jarillo *leg.*
- Sedimento en arrozal, Deltebre (el Baix Ebre) [31T CF01], 15/6/2013 SQS & JLS *leg.*

Éstas serían las primeras citas confirmadas para el Delta. Aunque aquí no parezca comportarse por el momento como un verdadero invasor, *P. duryi* es considerada como tal en todos los territorios que coloniza, ya que puede multiplicarse hasta alcanzar altísimas densidades.

Gyraulus chinensis (Dunker, 1848). Se trata de un molusco nativo del sudeste asiático, donde habita principalmente en pequeñas extensiones de agua (lagunas y principalmente campos de arroz u otras masas de agua estancada; Meier-Brook, 1983). Su extensión por el mundo parecería haberse producido en la segunda mitad del siglo XX, principalmente por diversos países de Europa, fundamentalmente meridional, y África occidental (Brown *et al.*, 1998). En algunos países de Europa, se ha registrado su presencia en invernaderos, pero no naturalizada (Beran & Gloer, 2006). La fecha de llegada a España es confusa, habiendo registros simultáneos de 1983 en países como Francia y Holanda (Meier-Brook, 1983), mientras que algunos autores sugieren que ya estaría presente en las provincias de Murcia y Albacete desde 1981 (Gómez Cerezo & Vidal-Abarca, 1988), sobre todo en arrozales y pequeños cursos de agua próximos a éstos. Uno de los principales aspectos que han impedido una correcta evaluación de su presencia es la posible confusión con *Gyraulus laevis* (Alder, 1838), citada en numerosas localidades de la península Ibérica, sugiriendo algunos autores que en realidad esta segunda especie no se halla en toda el área circunmediterránea, por lo que la presencia de *G. chinensis* podría haber sido notablemente subestimada (Gómez Cerezo & Vidal-Abarca, 1988).

En nuestras expediciones hemos encontrado la especie por todo el Delta (Figura 2). En los campos de arroz se hallan grandes números de ejemplares vivos sobre el fango, siempre dentro del agua (con temperaturas del agua de hasta 28 °C) e

incluso sobre las plántulas, además de grandes cantidades de conchas vacías en los sedimentos de los márgenes de los campos (Figuras 3J y 4D). Cabe remarcar que hemos encontrado ejemplares vivos en arrozales situados a escasos metros del mar. También se halla en pequeñas acequias y canales contiguos a los campos de arroz, así como en márgenes de algunas lagunas (L'Encanyissada, La Tancada, Bassa de la Platjola y Bassa de les Olles) y el margen del río Ebro, abarcando los términos municipales de l'Aldea, l'Ampolla, Amposta, Camarles, Deltebre, Sant Jaume d'Enveja y Sant Carles de la Ràpita [31T BF91, CF01, CF00, CF11, CF10, BF90]. Este amplio rango de distribución sugiere que la especie lleva asentada numerosos años en este territorio. Éstas serían además las primeras citas confirmadas de la especie para el Delta.

Pomacea maculata Perry, 1810. Es una especie de gasterópodo dulceacuícola originaria de Sudamérica, que en los últimos años ha invadido numerosos países causando incalculables daños ecológicos y económicos, especialmente en aquellos países donde ha colonizado plantaciones de arroz (Ramakrishnan, 2007) (véase la Figura 5A–B). En general, los países donde se ha expandido pertenecen al cinturón tropical y subtropical, así como ciertas regiones templadas del hemisferio norte donde el clima es bastante cálido, como por ejemplo los estados de Texas y Florida en Estados Unidos (Ramakrishnan, 2007; Rawlings *et al.*, 2007; Barnes *et al.*, 2008; Burks *et al.*, 2010). Hasta hace poco, la mayoría de trabajos se referían a esta especie con el nombre de *P. insularum*, que recientemente se ha sinonimizado con *P. maculata*, que tiene prioridad (Hayes *et al.*, 2012).

Como la mayoría de especies del género, *P. maculata* vive preferentemente en aguas dulces de bajo flujo (lagunas, estuarios, algunos ríos y afluentes) y se alimenta de macrófitos. Su alta capacidad reproductora y versatilidad alimentaria contribuyen de forma decisiva a su capacidad invasora, especialmente en aquellos hábitats como campos de cultivo donde no presenta competidores (Ramakrishnan, 2007). La confusión taxonómica del grupo (Cowie *et al.*, 2006; Hayes *et al.*, 2008), particularmente con *P. canaliculata* (Lamarck, 1822), sugiere que algunos estudios anteriores sobre *P. canaliculata* sean posiblemente confusos o inexactos, por cuanto no existen evidencias sólidas de a qué especie en concreto se puedan referir. De hecho, *P. canaliculata* está considerada como una de las 100 especies invasoras más peligrosas (Lowe *et al.*, 2004), cuando posiblemente los datos que han permitido esta catalogación estén basados mayoritariamente en citas de *P. maculata*, considerada en general mucho más invasora que la anterior (Barnes *et al.*, 2008). Se ha reportado además su presencia en ambientes muy contaminados, siendo un buen indicador de bioacumulación de metales pesados (Yap *et al.*, 2009).

En agosto de 2009 se dio a conocer la presencia del caracol manzana en el Delta del Ebro, inicialmente considerada de forma errónea como *P. canaliculata*, en lo que constituía la primera invasión de una especie del género en territorio europeo (López-Soriano *et al.*, 2009a; López *et al.*, 2010). Nuestras observaciones de campo nos han permitido llegar a algunas conclusiones interesantes sobre la biología de la especie, poco o nada conocidas previamente.

P. maculata produce puestas de huevos altamente visibles (Figura 5D–H) dada su coloración rosada. Así, constituyen la principal evidencia de la presencia de la especie, y pueden servir como perfecto indicador de su expansión, ayudando a establecer la cronología de la invasión. Las puestas se encuentran indistintamente en vegetación o en sustratos sólidos, como ya describieron Barnes *et al.* (2008). Entre estos últimos, no sólo sustratos duros, sino en general cualquier objeto fijo o flotante (figuras 5F–H). En el

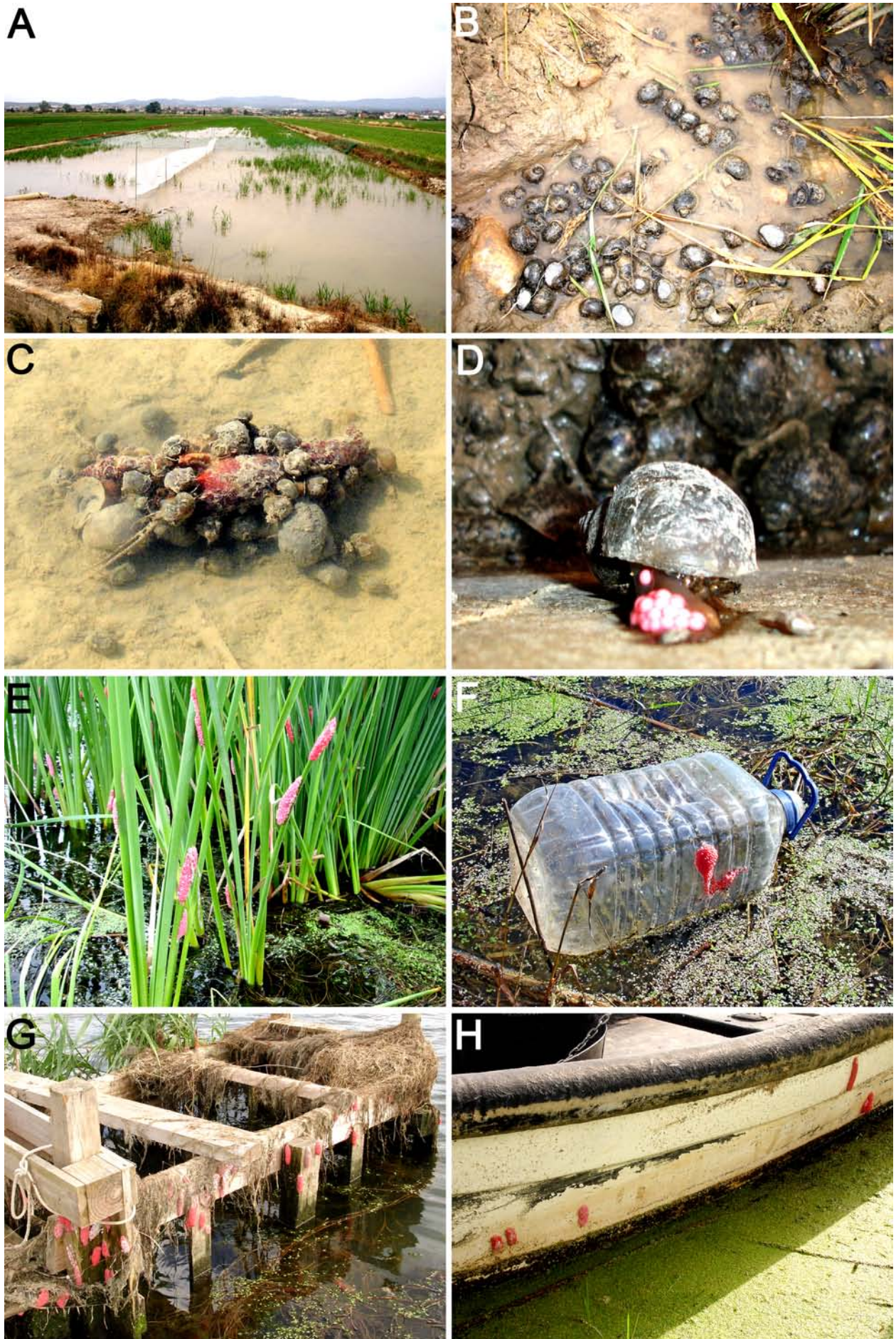


Figura 5. Diversos aspectos de la biología de *Pomacea maculata*: A, campos de arroz infestados; B, acumulación de ejemplares en un arrozal; C, ejemplares alimentándose de un cadáver de *Procambarus darkii*; D, ejemplar hembra poniendo huevos en la pared de un canal; E-H, Puestas en vegetación (E), sobre objetos flotantes (F), en embarcadero del río Ebro (G) y en embarcación (H).

momento de la puesta, producida casi siempre de noche (sólo observamos una hembra depositando los huevos a plena luz del día; Figura 5D), ésta es de color rojo intenso y aspecto gelatinoso. Uno de los aspectos más sorprendentes observados fue la cantidad de puestas sobre objetos flotantes (garrafas, plásticos, neumáticos, troncos, barcas). Aun no existiendo evidencias directas, parece factible que éste haya podido ser un buen mecanismo de dispersión de la especie por el Delta. También adultos y juveniles pueden trasladarse a favor de corriente, dejándose flotar en la superficie del agua, como pudimos observar en determinados casos. Los ejemplares adultos pueden trasladarse contracorriente y colonizar canales aguas arriba, aunque pequeñas barreras (compuertas de riego, por ejemplo) suelen representar barreras insalvables a corto plazo. Igualmente, cabe considerar como otra posible vía de expansión la maquinaria agrícola, que puede transportar ejemplares juveniles o puestas a grandes distancias.

Respecto a su tolerancia a la salinidad, se ha descrito que *P. maculata* puede soportar hasta el 6,8‰, un valor similar a la que presenta la planta del arroz (Ramakrishnan, 2007). Hemos observado presencia de la especie en canales a escasos metros del mar, sugiriendo que potencialmente podría extenderse por toda la superficie del Delta sin mayores problemas respecto a este parámetro.

Existe un importante dimorfismo sexual fácil de determinar a simple vista, siendo las hembras más grandes, y con la concha menos robusta en el labio exterior (Figura 3A). Además, las conchas de los machos presentan el peristoma claramente más redondeado, y su opérculo presenta visibles ondulaciones, siendo mucho más uniformemente plano en las hembras.

Respecto al comportamiento trófico, se ha observado que *P. maculata* se alimenta de casi cualquier vegetal y en grandes cantidades, confirmando las observaciones de campo de que su alimentación parece bastante generalista y centrada en macrófitos (Burlakova *et al.*, 2008). Sin embargo, hemos podido observar en ocasiones ejemplares alimentándose de animales muertos, principalmente cangrejos (Figura 5C), e incluso de cadáveres de individuos de la propia especie, por lo que la carroña podría representar una fuente de alimento alternativa en ciertos momentos, aspecto no descrito hasta el momento.

La colonización del Delta parecería haberse originado en las proximidades de la ermita de la Mare de Déu de l'Aldea, cerca de una instalación de acuicultura, y extendido a través de la Sequia Sanitària y canales adyacentes a casi todo el hemidelta izquierdo y el río Ebro. Su presencia en el hemidelta derecho no fue confirmada hasta 2012, aunque los trabajos de erradicación parecen haber controlado la plaga en esta zona. Se desconoce el motivo de su llegada a esos puntos.

La distribución actual de la especie abarca los términos municipales de l'Aldea, l'Ampolla, Deltebre, Camarles, Sant Jaume d'Enveja y Sant Carles de la Ràpita. [31T BF91, CF00, CF01, CF10, CF11, BF90]. Se encuentra en canales de riego, arrozales, acequias, río Ebro, estanques y lagunas (Bassa de les Olles y el desagüe de la Platjola).

Éste sería el primer episodio de colonización de la especie en Europa, y uno de los pocos fuera del ámbito tropical o subtropical. Sin embargo, la especie se ha adaptado perfectamente al nuevo ambiente. Transcurridos cuatro años de la invasión de *P. maculata*, parece que la plaga está bien establecida y será ya imposible de erradicar. La especie parece muy bien adaptada al medio, presentándose indistintamente en campos de arroz (Figura 5B), canales con vegetación, y márgenes del río, aunque no suele presentarse en acequias sin vegetación ni en las de flujo muy rápido.

Haitia acuta (*Draparnaud, 1805*). Especie también conocida como *Physa acuta* Draparnaud, 1805, es posiblemente el molusco de agua dulce con mayor rango de distribución del mundo. Originario de Norteamérica, actualmente se encuentra en Europa, África, sur de Asia, Australia y Japón (Dillon *et al.*, 2002). Curiosamente, fue descrita primero en Europa en 1805 en el río Garona (Francia), y no fue hasta la década de los años 1990 en que fue citada en Norteamérica (García-Berthou *et al.* 2007). Una de las posibles causas de esta aparente paradoja es que la fauna de agua dulce norteamericana es muy rica en especies de la familia Physidae (más de 40 especies), con morfologías muy variables y difíciles de distinguir entre ellas. Se cree que el origen de la invasión europea habría sido a través del comercio del algodón (Anderson, 2003). La dispersión actual se considera causada fundamentalmente por los acuarios domésticos, así como debido al comercio de plantas para jardines acuáticos (Larraz *et al.*, 2007). Es una especie muy resistente a la desecación temporal, a temperaturas extremas y a la contaminación, siendo incluso capaz de sobrevivir en aguas residuales de plantas de tratamiento de aguas (Larraz *et al.*, 2007).

Aunque se ha discutido ampliamente sobre si se trata de una especie nativa de Europa o alóctona, recientes evidencias muestras que sería de hecho alóctona, ya que no se conoce registro (sub)fósil de la especie en Europa con anterioridad al siglo XVIII, los estudios anatómicos, morfológicos y de aislamiento reproductor muestran homogeneidad con la población norteamericana, y finalmente los datos históricos concuerdan con la posible entrada a través del río Garona debido al comercio (García-Berthou *et al.*, 2007; Oszcoz *et al.*, 2010).

La presencia de *H. acuta* ha sido citada en numerosos puntos de la península Ibérica, incluyendo la cuenca del Ebro, y Canarias (Oszcoz *et al.*, 2010). En Cataluña ya habría sido citada por Bofill & Haas (1920). En el Delta se habría citado al menos desde 1989 (Bros i Catón & Bech i Taberner, 1989), donde se sabe que se alimenta de vegetación epifítica y macrófitos (Gonzalez-Solis & Ruiz, 1996). En nuestras expediciones la hemos encontrado en todo tipo de hábitats (Figuras 3E y 4C), entre ellos los arrozales, en altas densidades, incluyendo aquellos que se encuentran a escasos metros del mar.

Discusión y conclusiones

En el presente artículo registramos la presencia de nueve especies alóctonas en el territorio del Delta del Ebro, cuatro de ellas por primera vez en este territorio. Estas especies incluirían las ocho especies ya citadas recientemente para la cuenca del río Ebro (Álvarez Halcón *et al.*, 2012), aunque por primera vez se citan en el Delta a cuatro de ellas (*Gyraulus chinensis*, *Dreissena polymorpha*, *Planorbella duryi* y *Potamopyrgus antipodarum*), hasta ahora sólo citadas en partes más altas de la cuenca. Hemos incluido a *Haitia acuta*, ya naturalizada desde hace mucho tiempo (al menos 200 años) en Europa, al ser considerada como especie nativa de Norteamérica. Con todas estas introducciones, el Delta del Ebro sería muy posiblemente el territorio europeo en el que se ha descrito la mayor concentración de especies alóctonas de moluscos de agua dulce.

Se ha descrito que con la progresiva pérdida de marismas y ecosistemas de agua dulce en Europa durante el siglo XX, los arrozales son las principales zonas inundables que perviven para su colonización por invertebrados acuáticos, peces y aves (Gonzalez-Solis & Ruiz, 1996). Con ello, y dada la inestabilidad que caracteriza a estos ecosistemas por la acción continuada y cíclica del hombre, no es sorprendente que las comunidades de gasterópodos dulceacuícolas suelen estar

dominadas por especies invasoras (Daldorph & Thomas, 1991).

La oleada reciente de especies de moluscos invasoras continentales se suma a la de muchas otras especies (vertebrados e invertebrados, marinos o continentales) ya encontradas previamente o que se están asentando mucho más recientemente, como los cangrejos *Callinectes sapidus* y *Dyspanopeus sayi* (Castejón & Guerao, 2013) y la medusa *Phyllorhiza punctata* (Anònim, 2011), o las que hemos descrito nosotros mismos previamente de moluscos marinos (*Fukvia fragilis* y *Anadara transversa*). Algunas de ellas ya han causado graves problemas económicos y ecológicos, particularmente el cangrejo americano y más recientemente el caracol manzana. De hecho, se ha declarado el estado de plaga para esta última especie, procediéndose a drásticas medidas de erradicación de la misma (talas de ribera e incendios, uso de plaguicidas, desecación masiva de arrozales, barreras mecánicas, etc.), cuyo impacto medioambiental podría llegar a ser muy negativo a largo plazo, y sin resultado evidente respecto a la erradicación o control de la invasión.

Todos estos problemas ocasionados por las especies invasoras se suman a otros problemas quizás más serios, como la pérdida de aporte de sedimentos causada por los embalses aguas arriba, el retroceso de la línea de costa que podría agravarse en las próximas décadas con la progresión del cambio climático, y la salinización por la intrusión de aguas marinas en los acuíferos subterráneos—al margen del más que evidente deterioro de los ecosistemas marinos, que hemos verificado indirectamente con la dramática reducción de biodiversidad en las tanatocenosis de playa en la última década. Es por todo ello que conviene estar muy alerta a cualquier cambio en la composición de los ecosistemas. En este sentido, el seguimiento de las poblaciones de especies invasoras constituye uno de los pilares para comprender la biodiversidad actual y su evolución futura. Por ello, continuaremos realizando un seguimiento de estas especies invasoras o de cualquier otra que pueda presentarse en el futuro.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Alberto Martínez Ortí por la confirmación en la identificación de *Gyraulus chinensis*, a Antonio López Alabau por las excelentes fotografías de las Figuras 3 y 4, a Ramón Ruiz Jarillo por una cita de *Planorbella duryi*, y a Alejandro Pérez Ferrer por muestreos de campo. También nuestro especial agradecimiento a los compañeros de la ACM, que han compartido numerosas expediciones al delta en los últimos años, y a Javier Querol Llauro y David M. Alba por el procesamiento de las fotografías y el montaje de las láminas, respectivamente. Finalmente, damos las gracias a Lluís Prats y Josep Quintana por los comentarios críticos que han permitido mejorar el manuscrito.

Bibliografía

Anónimo (2007). *L'estat de la invasió de musclo zebra (Dreissena polymorpha) a Catalunya*. Agència Catalana de l'Aigua / Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.

Anónimo (2011). *Avaluació de l'estat i el risc d'invasió per espècies exòtiques dels ecosistemes aquàtics de Catalunya*. Agència Catalana de l'Aigua / Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.

Anónimo (2012). *Revisión del estado de conservación de los humedales Ramsar en España*. SEO-BirdLife, Madrid.

Alonso, Á. & Castro-Díez, P. (2012). The exotic aquatic mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca): state of the art of a worldwide invasion. *Aquat. Sci.* 74, 375–383.

Altaba, C.R., Traveset, A., Bogaña, E. & Bech, M. (1985). Sobre la presencia de *Ferrissia* i *Acroloxus* (Gastropoda: Basommatophora) als Països Catalans. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.* 52, 61–71.

Altaba, C.R., Traveset, A., Cadevall, J. & Orozco, A. (1988). Cargols d'aigua dolça exòtics a Barcelona. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.* 55, 27–46.

Álvarez Halcón, R.M. (1995). Presencia de *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) en Alhama de Aragón (Zaragoza, España). *Not. SEM* 23, 32–34.

Álvarez Halcón, R.M., Oscoz Escudero, J. & Larraz Azcárate, M.L. (2012). *Guía de campo. Moluscos acuáticos de la Cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.

Anderson, R. (2003). *Physella (Costatella) acuta* Draparnaud in Britain and Ireland — its taxonomy, origins and relationship to other introduced Physidae. *J. Conchol.* 38, 7–21.

Arango, C.P., Riley, L.A., Tank, J.L. & Hall, R.O. Jr. (2009). Herbivory by an invasive snail increases nitrogen fixation in a nitrogen-limited stream. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 66, 1309–1317.

Araujo, R., Moreno, D. & Ramos, M.A. (1993). The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *Am. Malacol. Bull.* 10, 39–49.

Araujo Romero, R. (2009). *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). In: Verdú, J.R. & Galante, E. (Eds.) *Atlas de los invertebrados amenazados de España (especies en peligro crítico y en peligro)*, 238–245. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

Barnes, M.A., Fordham, R.K., Burks, R.L. & Hand, J.J. (2008). Fecundity of the exotic apple snail, *Pomacea insularum*. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 27, 738–745.

Bech, M. (1990). Fauna malacológica de Catalunya. Mol·luscs terrestres i d'aigua dolça. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* 12, 1–229.

Beckmann, K.-H. (2007). *Die Land- und Süßwassermollusken der Balaarischen Inseln*. Hackenheim, ConchBooks.

Beran, L. & Glöer, P. (2006). *Gyraulus chinensis* (Dunker, 1848) – a new greenhouse species for the Czech Republic (Gastropoda: Planorbidae). *Malacol. Bohemoslov.* 5, 25–28.

Beran, L. & Horsák, M. (2007). Distribution of the alien freshwater snail *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) (Gastropoda: Planorbidae) in the Czech Republic. *Aquat. Invas.* 2, 45–54.

Bofill, A. & Haas, F. (1920). Estudi sobre la malacologia de les valls pirenaïques IV. Vall del Segre i Andorra. *Treb. Mus. Cièn. Nat. Barcelona* 3, 225–375.

Bragado, M.D., Araujo, R. & Aparicio, M.T. (2009). *Atlas y libro rojo de los moluscos de Castilla-La Mancha*. Organismo Autónomo Espacios Naturales de Castilla-La Mancha, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Guadalajara.

Brenneis, V.E.F., Sih, A. & de Rivera, C.E. (2010). Coexistence in the intertidal: interactions between the non-indigenous New Zealand mud snail *Potamopyrgus antipodarum* and the native estuarine isopod *Gnorimosphaeroma insulare*. *Oikos* 119, 1755–1764.

Bros, V. (2009). Inventari faunístic dels mol·luscs continentals de la serra de Collserola (Barcelona, NE de la península ibèrica): resultat d'una revisió bibliogràfica. *Arx. Misc. Zool.* 7, 1–45.

Bros i Catón, V. & Bech i Taberner, M. (1989). Estudi preliminar dels mol·luscs terrestres i d'aigua dolça del Delta de l'Ebre. *Bull. Parc Nat. Delta Ebre* 4, 15–21.

Brown, D.S., Grácio, M.A.A. & Meier-Brook, C. (1998). The Asian freshwater snail *Gyraulus chinensis* (Dunker, 1848) (Planorbidae) in West Africa and Europe. *J. Afr. Zool.* 112, 203–213.

Brunet Navarro, J. & Capdevila, M. (2005). *Atlas malacològic del Delta de l'Ebre*. Ed. Joan Brunet Navarro, Sant Carles de la Ràpita.

Burch, J.Q. (1944). Checklist of west American mollusks, family Corbiculidae. *Min. Conchol. Club South. California* 36, 1–18.

Burks, R.L., Kyle, C.H. & Trawick, M.K. (2010). Pink eggs and snails: field oviposition patterns of an invasive snail, *Pomacea insularum*, indicate a preference for an invasive macrophyte. *Hydrobiol.* 646, 243–251.

Burlakova, L.E., Karatayev, A.Y., Padilla, D.K., Cartwright, L.D. & Hollas, D.N. (2008). Wetland restoration and invasive species: apple snail (*Pomacea insularum*) feeding on native and invasive aquatic plants. *Restor. Ecol.* 17, 433–440.

Cañedo-Argüelles, M. & Rieradevall, M. (2009). Quantification of environment-driven changes in epiphytic macroinvertebrate communities associated to *Phragmites australis*. *J. Limnol.* 68,

- 229–241.
- Carlton, J.T. (2008). The zebra mussel *Dreissena polymorpha* found in North America in 1986 and 1987. *J. Great Lakes Res.* 34, 770–773.
- Castejón, D. & Guerao, G. (2013). A new record of the American blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae), from the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *Bioinvasions Rec.* 2, 141–143.
- Cianfanelli, S., Lori, E. & Bodon, M. (2007). Non-indigenous freshwater molluscs and their distribution in Italy. In: Gherardi, F. (Ed.) *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats*, 103–121. Springer, Dordrecht.
- Cilia, D.P., Sciberras, A. & Sciberras, J. (2013). Two non-indigenous populations of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda, Cerithioidea) in Malta. *MalaCo* 9, 447–450.
- Cowie, R.H., Hayes, K.A. & Thiengo, S.C. (2006). What are apple snails? Confused taxonomy and some preliminary resolution. In: Joshi, R.C. & Sebastian, L.S. (Eds.) *Global advances in the ecology and management of golden apple snails*, 3–23. Philippine Rice Research Institute, Nueva Ecija.
- Daldorph, P.W.G. & Thomas, D. (1991). The effect of nutrient enrichment on a freshwater community dominated by macrophytes and molluscs and its relevance to snail control. *J. Appl. Ecol.* 28, 685–702.
- Dillon, R.T. Jr., Wethington, A.R., Rhett, J.M. & Smith T.P. (2002). Populations of the European freshwater pulmonate *Physa acuta* are not reproductively isolated from American *Physa heterostropha* or *Physa integra*. *Invert. Biol.* 121, 226–234.
- Durán, C., Lanao, M., Anadón, A. & Touyá, V. (2010). Management strategies for the zebra mussel invasion in the Ebro River basin. *Aquat. Invas.* 5, 309–316.
- Escobar, J.V., López-Sancho, J.L. & Robles, F. (1990). *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia) en las proximidades de Benicassim (Provincia de Castellón). *Iberus* 9, 375–378.
- Esu, D. (1980). Neogene freshwater gastropods and their evolution in the western Mediterranean area. *Geol. Romana* 19, 231–249.
- Falkner, G. & Proschwitz, T. (1995). A record of *Ferrissia* (*Pettancyllus*) *desiniana* (Jickeli) in Sweden, with remarks on the identity and distribution of the European *Ferrissia*. *J. Conchol.* 36, 39–41.
- Galiana Llasat, P. (2012). *Ocio, negocio y protección, un equilibrio en evolución en el Delta del Ebro*. Tesis doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- García-Berthou, E., Boix, D. & Clavero, M. (2007). Non-indigenous animal species naturalized in Iberian inland waters. In: Gherardi, F. (Ed.) *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats*, 123–140. Springer, Dordrecht.
- Garriga Sala, J. (Dir.) (2008). *Estudios de base para una estrategia de prevención y adaptación al cambio climático en Cataluña. Número 1: el delta del Ebro. Documento de síntesis*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.
- Gasull, L. (1974). Una interesante localidad con *Melanoides tuberculata* (Müller) en la provincia de Castellón de la Plana (Mollusc. Prosobr.) *Bol. Soc. Hist. Nat. Bal.* 19, 148–150.
- Gomez Cerezo, R.M. & Vidal-Abarca, R. (1988). *Gyraulus chinensis* Dunker 1848 (Pulmonata, Planorbidae) en la península Ibérica. *Iberus* 8, 115–118.
- González-Solís, J. & Ruiz, X. (1996). Succession and secondary production of gastropods in the Ebro Delta ricefields. *Hydrobiol.* 337, 85–92.
- Groh, K. & García, A. (2004). Phylum Mollusca. In: Izquierdo, I., Martín, J.L., Zurita, N. & Arechavaleta, M. (Eds.) *Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres)*, 149–154. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias.
- Hayes, K.A., Joshi, R.C., Thiengo, S.C. & Cowie, R.H. (2008). Out of South America: multiple origins of non-native apple snails in Asia. *Divers. Distrib.* 14, 701–712.
- Hayes, K.A., Cowie, R.H., Thiengo, S.C. & Strong, E.E. (2012). Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive Neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda). *Z. J. Linn. Soc.* 166, 723–753.
- Isom, B.G. (1986). Historical review of the Asiam clam (*Corbicula*) invasion and biofouling of waters and industries in the Americas. *Am. Malacol. Bull. Spec. Ed.* 2, 1–5.
- Ituarte, C. (1981). Primera noticia acerca de la introducción de pelecípodos asiáticos en el área rioplatense (Mollusca, Corbiculidae). *Neotropica* 27, 79–83.
- Karatayev, A.Y., Howells, R.G., Burlakova, L.E. & Sewell, B.D. (2005). History of spread and current distribution of *Corbicula fluminea* (Müller) in Texas. *J. Shellfish Res.* 24, 553–559.
- Karatayev, A.Y., Padilla, D.K., Minchin, D., Boltovskoy, D. & Burlakova, L.E. (2007). Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. *Biol. Invas.* 9, 161–180.
- Larraz, M.L. & Equisoain, J.J. (1993). *Moluscos terrestres y acuáticos de Navarra (norte de la península Ibérica)*. Publicaciones de la Universidad de Navarra, Serie Zoológica 23, Pamplona.
- Larraz, M.L., Equisoain, J.J., Agorreta, A. & Oscoz, J. (2007). *Physa acuta* Draparnaud, 1805 (Mollusca Gastropoda) en plantas depuradoras de agua. *Not. SEM* 47, 47–49.
- López, M.A. & Altaba, C. (1997). Presència de *Corbicula fluminea* al Delta de l'Ebre. *Butll. Parc Nat. Delta Ebre* 10, 20–22.
- López, M.A., Altaba, C.R., Andree, K.B. & López, V. (2010). First invasion of the Apple snail *Pomacea insularum* in Europe. *Tentade* 18, 26–28.
- López Soriano, J., Quiñonero Salgado, S. & Tarruella, A. (2009a). Presencia masiva de *Pomacea* cf. *canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Ampullariidae) en el Delta del Ebro (Cataluña, España). *Spira* 3, 117–121.
- López Soriano, J., Quiñonero Salgado, S. & Tarruella, A. (2009b). Presencia de poblaciones estables de un inmigrante lessepsiano, *Fulvia fragilis* (Forsskal in Niebuhr, 1775), en el Delta del Ebro (Cataluña, España). *Spira* 3, 53–58.
- López Soriano, J. (2011). Presencia de un nuevo bivalvo invasor, *Anadara transversa* Say, 1822 (Bivalvia: Arcidae) en las costas catalanas. *Spira* 4, 85–87.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & De Poorter, M. (2004). *100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo*. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI) de la UICN, Auckland.
- Lucy, F.E., Karatayev, A.Y. & Burlakova, L.E. (2012). Predictions for the spread, population density, and impacts of *Corbicula fluminea* in Ireland. *Aquat. Invas.* 7, 465–474.
- Meier-Brook, C. (1983). Taxonomic studies on *Gyraulus* (Gastropoda: Planorbidae). *Malacologia* 24, 1–113.
- Meijer, T. & Preece, R.C. (2000). A review of the occurrence of *Corbicula* in the Pleistocene of North-West Europe. *Neth. J. Geosci.* 79, 241–255.
- Mienis, H.K. (2004). A graveyard of *Planorbella duryi* forma *seminole* on the shores of Lake Albano, Italy. *Ellipsaria* 6, 12–13.
- Milenković, M. & Gligorijević, V. (2012). *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774), a new species for the territory of Serbia (Gastropoda: Thiariidae). *Biol. Nyssana* 3, 43–45.
- Molinet Coll, V. (2006). *Restauración del Delta del Ebro I. Recuperación de la configuración del Delta del Ebro*. Tesina de Licenciatura inédita, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Mouthon, J. (1981). Sur la présence en France et au Portugal de *Corbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) originaire d'Asie. *Basteria* 45, 109–116.
- Muñoz Camarillo, G. (2013). *La colonización del mejillón cebra, Dreissena polymorpha (Bivalvia: Dreissenidae) en el tramo final del río Ebro: factores que controlan su distribución y abundancia*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona.
- Múrria, C., Bonada, N. & Prat, N. (2008). Effects of the invasive species *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca) on community structure in a small Mediterranean stream. *Arch. Hydrobiol.* 171, 131–143.
- Nagel, K.-O. (1989). Ein weiterer Fundort von *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774) (Mollusca: Bivalvia) in Portugal. *Mitt. Deutsch. Malakozool. Ges.* 17, 44–45.
- Nilsson, A.N., Malmqvist, B., Báez, M., Blackburn, J.H. & Armitage, P.D. (1998). Stream insects and gastropods in the island of Gran Canaria (Spain). *Ann. Limnol.* 34, 413–435.
- Orozco, A., Cadevall, J., Bros, V., Hernández, E., Nebot, J. & Uribe, F. (2001). Inventari dels mol·luscs d'aigua dolça de la Ricarda-ca l'Arana (El Prat de Llobregat, Delta del Llobregat). *Spartina* 4, 1–18.

- Oscoz, J., Tomás, P. & Durán, C. (2010). Review and new records of non-indigenous freshwater invertebrates in the Ebro River basin (Northeast Spain). *Aquat. Invas.* 5, 263–284.
- Pérez-Quintero, J.C. (1990). Primeros datos sobre la presencia de *Corbicula fluminea* en España. I. Biometría. *Scient. Gerund.* 16, 175–182.
- Pérez-Quintero, J.C. (2008). Revision of the distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1744) in the Iberian Peninsula. *Aquat. Invas.* 3, 355–358.
- Pointier, J.P., David, P. & Jarne, P. (2005). Biological invasions: the case of planorbid snails. *J. Helminthol.* 79, 249–256.
- Pons, G.X., Celià, L., Garcia, L. & McMinin, M. (2003). Presència de *Planorbella duryi* (Weatherby, 1879) (Mollusca; Gastropoda; Planorbidae) a les Illes Balears. *Boll. Soc. Hist. Nat. Bal.* 46, 135–140.
- Pou-Rovira, Q., Araujo, R., Boix, D., Clavero, M., Feo, C., Ordeix, M. & Zamora, L. (2009). Presence of the alien chinese pond mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia, Unionidae) in the Iberian Peninsula. *Graellsia*, 65, 67–70.
- Quiñonero, S. & López, J. (2009). El mejillón cebra en España. *Butll. ACM* 11, 17–20.
- Ramakrishnan, V. (2007). *Salinity, pH, temperature, desiccation and hypoxia tolerance in the invasive freshwater apple snail Pomacea insularum*. The University of Texas at Arlington, unpublished Ph.D. dissertation.
- Rawlings, T.A., Hayes, K.A., Cowie, R.H. & Collins, T.M. (2007). The identity, distribution, and impacts of non-native apple snails in the continental United States. *BMC Evol. Biol.* 7: 97.
- Ruiz Jarillo, R. & Quiñonero Salgado, S. (2010). Presencia de *Melanoides tuberculatus* (O.F. Müller, 1774) (Gastropoda: Thiariidae) en l'Aldea (el Baix Ebre, Catalunya, España). *Spira* 3, 141–147.
- Schreider, E.S.G., Lake, P.S. & Quinn, G.P. (2002). Facilitation of native stream fauna by an invading species? Experimental investigations of the interaction of the snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae) with native benthic fauna. *Biol. Invas.* 4, 317–325.
- Semenchenko, V. & Laenko, T. (2008). First record of the invasive North American gastropod *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) from the Pripyat River basin, Belarus. *Aquat. Invas.* 3, 80–82.
- Soler, J., Moreno, D., Araujo, R. & Ramos, M.A. (2006). Diversidad y distribución de los moluscos de agua dulce de la Comunidad de Madrid (España). *Graellsia* 62, 201–252.
- Son, M.O. (2007). North American freshwater limpet *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) (Gastropoda: Planorbidae) – a cryptic invader in the Northern Black Sea Region. *Aquat. Invas.* 2, 55–58.
- Soria, J.M. & Sahuquillo, M. (2009). *1150 lagunas costeras*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Vinson, M.R. & Baker, M.A. (2008). Poor growth of North American rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed New Zealand mud snail (*Potamopyrgus antipodarum*). *N. Am. J. Fish. Manag.* 28, 701–709.
- Walther, A.C., Lee, T., Burch, J.B. & Ó Foighil, D. (2006). Confirmation that the North American ancyliid *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) is a cryptic invader of European and East Asian freshwater ecosystems. *J. Moll. Stud.* 72, 318–321.
- Yap, C.K., Edward, F.B., Pang, B.H., Ismail, A., Tan, S.G. & Jambari, H.A. (2009). Distribution of heavy metal concentrations in the different soft tissues of the freshwater snail *Pomacea insularum* (D'Orbigny, 1839; Gastropoda), and sediments collected from polluted and unpolluted sites from Malaysia. *Toxicol. Environ. Chem.* 91, 17–27.
- Yousif, F., El-Emam, M. & Roushdy, M.Z. (1993). *Helisoma duryi*: its present range of distribution and implications with schistosomiasis snails in Egypt. *J. Egypt. Soc. Parasitol.* 23, 195–211.