



Malacofauna alóctona asociada a la acuicultura marina

Joaquín López Soriano^{1,*} & Sergio Quiñonero Salgado²

¹Vall d'Hebron Institut de Recerca (VHIR), Passeig Vall d'Hebron 119-129, 08035 Barcelona, Spain; ²Associació Catalana de Malacologia, Museu Blau, Plaça Leonardo da Vinci 4-5, 08019 Barcelona, Spain.

Rebut el 17 de gener de 2016
Acceptat el 10 de setembre de 2016

Paraules clau:

Mol·luscos
Gastròpodes
Bivalves
Cultius marins
Invasions
Delta de l'Ebre

Keywords:

Mollusks
Gastropods
Bivalves
Marine cultures
Invasions
Ebro Delta

RESUM

Malacofauna al·lòctona associada a l'aqüicultura marina.—L'aqüicultura marina és una activitat econòmica en notable expansió, que porta associats problemes com ara la introducció d'espècies al·lòctones. Particularment a l'hemisferi nord, nombrosos mol·luscos han estat transportats per aquesta activitat, els quals poden convertir-se en espècies invasores que causen grans alteracions ecològiques i, fins i tot, pèrdues econòmiques al sector. En aquest article proporcionem una revisió de les principals espècies de mol·luscos al·lòctones implicades en aquesta activitat a les costes europees, així com les citacions recents d'aquestes espècies a la principal zona amb aquestes instal·lacions a les costes catalanes, el delta de l'Ebre.

ABSTRACT

Invasive malacofauna associated with marine aquaculture.—Marine aquaculture is an economic activity with an important expansion, which has associated a number of problems such as the introduction of allochthonous species. Particularly in the northern hemisphere, a number of mollusks have been transported by this activity, which may turn themselves into invasive species that cause important ecological alterations and even economical losses in this sector. In this article we provide a review of the main allochthonous mollusk species involved in this activity in European coasts, as well as the recent citations of these species in the main area with this type of installations in Catalan coasts, the Ebro Delta.

© Associació Catalana de Malacologia (2016)

Introducció

La acuicultura marina es una activitat econòmica de gran importància mundial, sent el sector de la alimentació d'origen animal amb major creixement en les últimes dècades. Així, des de 1970 ha crescut a un ritme anual del 8,4%, considerant tota la producció mundial (Hall *et al.*, 2011). En un moment d'agotament de les pesqueries per su sobreexplotació, la acuicultura se postula com una alternativa plausible per a l'obtenció de proteïna animal (Huntington *et al.*, 2006) y, de fet, en 2011 ja representava el 47% del total de la producció dels mars obtinguda per el ser humà, valorada en 97 mil milions d'euros (STECF, 2013). Tot i que els països asiàtics representen el major percentatge de la seva producció, la acuicultura està també plenament desenvolupada en els països occidentals, representant en la Unió Europea (UE) el 17% de la producció y el 27% del valor comercial de tota la producció marina obtinguda per els 28 països (Huntington *et al.*, 2006), y estimada en 1,28 milions de tones anuals (STECF, 2013). En aquests països, domina la producció de mejillons (36%), salmònids (28%), diversos peixos pelàgics (14%) y ostras (9%), representant el cultiu de moluscos pràcticament la meitat de esta producció (49%; STECF, 2013). Espanya és ademés el principal productor europeu, amb un 21% de la producció de la UE (STECF, 2013).

Los impactos ecològics de las instalaciones de acuicultura de moluscos son, comparados con otras instalaciones de acuicultura, relativamente modestos, al tratarse principalmente de organismos filtradores que pueden establecerse de forma más bien extensiva en grandes superficies de ambientes costeros y estuarinos, con una generación de residuos muy baja (Naylor *et al.*, 2001). Sin embargo, un impacto indeseado de esta actividad es convertirse en el origen de numerosas invasiones de especies exóticas (Naylor *et al.*, 2001), bien por tratarse de las especies de interés comercial que se establecen

fuera de las instalaciones, o por el co-transporte de otros organismos asociados a estos (depredadores, comensales, parásitos o epibiontes). Entre todas estas especies exóticas, además, se calcula que el 12% son gasterópodos y el 7% bivalvos (Gozlan, 2010).

En las costas mediterráneas europeas, los organismos marinos invasores llegan por tres grandes vías (Nunes *et al.*, 2014): transporte de agua de lastre de los grandes barcos; a través del canal de Suez (especies lessepsianas); y por la acuicultura. En esta última modalidad, hay dos puntos que han representado el origen de un gran número de invasiones europeas (Nunes *et al.*, 2014): la laguna de Thau en Francia sudoriental (29 registros de especies alóctonas como primeras citas mediterráneas), y la laguna de Venecia (12 registros). No obstante, los moluscos parecen entrar por igual por las tres vías mencionadas (Nunes *et al.*, 2014).

De entre las especies de moluscos cultivadas, los mejillones representan el mayor porcentaje en los países europeos, seguido de las ostras, almejas y otras especies de bivalvos (STECF, 2013). Uno de los principales vectores de introducciones ha sido la importación de ostras alóctonas, ya que la especie nativa, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1759) sufrió importantes declives poblacionales por la enfermedad de la marteiliosis (Carrasco *et al.*, 2007). Así, fue sustituida en numerosos puntos, particularmente del Mediterráneo, por la ostra atlántica, *Crassostrea angulata* (Lamarck, 1819) (que en realidad sería de origen asiático), o la ostra americana, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791); posteriormente, fue sustituida en la mayoría de instalaciones por la ostra japonesa, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), como por ejemplo en el delta del Ebro (Carrasco *et al.*, 2007). Todas estas translocaciones de material entre Mediterráneo, Atlántico y Pacífico, unidas también a la exportación del mejillón *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758) a las costas norteamericanas, han generado un importante intercambio faunístico, notablemente de moluscos. En este artículo, se discuten las principales especies de moluscos alóctonos (algunos de ellos no pueden considerarse todavía como invasores en ciertos ámbitos geográficos) que se han distribuido por las costas europeas

* Autor corresposal.

Adreça electrònica: qlopez@yahoo.com

Tabla 1. Sistemática de las especies de moluscos alóctonos de Norteamérica y Europa discutidas en este artículo, basada en el WoRMS (WoRMS Editorial Board, 2016).

- Clase GASTROPODA Cuvier, 1795
 Subclase CAENOGASTROPODA Cox, 1960
 Orden LITTORINIMORPHA Golikov et Starobogatov, 1975
 Familia CALYPTRAEIDAE Lamarck, 1809
Crepidula fornicata (Linnaeus, 1758)
Crepidatella dilatata (Lamarck, 1822)
 Familia LITTORINIDAE Children, 1834
Littorina littorea (Linnaeus, 1758)
Littorina saxatilis (Olivier, 1792)
 Orden NEOGASTROPODA Wenz, 1838
 Familia MURICIDAE Rafinesque, 1815
Rapana venosa (Valenciennes, 1846)
Ocenebra inornata (Récluz, 1851)
Urosalpinx cinerea (Say, 1822)
Hexaplex trunculus (Linnaeus, 1758)
Nucella lapillus (Linnaeus, 1758)
Bolinus brandaris (Linnaeus, 1758)
 Familia NASSARIIDAE Iredale, 1916 (1835)
Cyclope neritea (Linnaeus, 1758)
 Subclase HETEROBRANCHIA Burmeister, 1837
 Orden CEPHALASPIDEA P. Fischer, 1883
 Familia HAMINOEIDAE Pilsbry, 1895
Haminoea japonica Pilsbry, 1895
 Clase BIVALVIA Linnaeus, 1758
 Subclase PTERIOMORPHIA Beurlen, 1944
 Orden ARCIDA Stoliczka, 1871
 Familia ARCIDAE Lamarck, 1809
Anadara transversa (Say, 1822)
 Orden MYTILIDA Férussac, 1822
 Familia MYTILIDAE Rafinesque, 1815
Xenostrobus securis (Lamarck, 1819)
Arcuatula senhousia (Benson in Carter, 1842)
 Orden OSTREIDA Férussac, 1822
 Familia OSTREIDAE Rafinesque, 1815
Saccostrea cucullata (Born, 1778)
 Familia PTERIIDAE Gray, 1847 (1820)
Pinctada imbricata radiata (Leach, 1814)
 Subclase HETERODONTA Neumayr, 1884
 Orden Venerida Gray, 1854
 Familia VENERIDAE Rafinesque, 1815
Ruditapes philippinarum (Adams et Reeve, 1850)
Mercenaria mercenaria (Linnaeus, 1758)
 Orden ADAPEDONTA Cossman et Peyrot, 1909
 Familia PHARIDAE H. Adams et A. Adams, 1856
Ensis directus (Conrad, 1843)
 Orden MYTILIDA Stoliczka, 1870
 Familia DREISSENIDAE Gray, 1840
Mytilopsis leucophaeata (Conrad, 1831)

as como resultado de la acuicultura marina (Tabla 1). Asimismo, se revisa el estado actual de la presencia de algunas de estas especies alóctonas en la principal zona de cultivos marinos de Cataluña, el delta del Ebro.

Principales especies de moluscos alóctonos en instalaciones de acuicultura

A continuación se discuten las principales especies de moluscos alóctonos que se han establecido en diferentes ecosistemas de Norteamérica y Europa, con la cronología de su expansión, las áreas que han colonizado, y algunos aspectos importantes de su biología, así como su presencia o no en las costas mediterráneas y, particularmente, catalanas.

Familia Calyptraeidae Lamarck, 1809

Crepidula fornicata (Linnaeus, 1758). (Figura 1D) *Crepidula fornicata* es una especie nativa de la costa atlántica de Norteamérica, cuya área de distribución original comprende desde el golfo de San Lorenzo hasta el Caribe. Se considera que colonizó el Reino Unido a finales del siglo XIX, y las costas de Bélgica, Francia, Dinamarca y Alemania en la primera mitad del siglo XX (Blanchard, 1997, 2009). En el Mediterráneo, se ha localizado repetidamente en instalaciones de acuicultura de ostras (Thau en Francia y Faro en Italia; Blanchard, 1997) y, más recientemente, en el Egeo (Izmir, Turquía; Doğan *et al.*, 2014). También está presente en las costas pacíficas de Estados Unidos, Japón y Uruguay (Blanchard, 1997). Se cree que el vector original de sus introducciones fueron los cultivos de *Crassostrea virginica* en el Reino Unido, y secundariamente, en otros países de Europa, los cargamentos de la ostra nativa (*Ostrea edulis*) y, posteriormente, *Crassostrea gigas*, además de dispersarse secundariamente de forma natural con sus larvas planctónicas (Jensen, 2010a). En la península Ibérica, ha sido citada en toda la costa de Galicia (Bañón Díaz, 2012), habiendo llegado con los cargamentos de *Crassostrea gigas*. Hay, sin embargo, muy pocas citas peninsulares mediterráneas confirmadas hasta el momento: ejemplares dispersos en la provincia de Barcelona (Giribet & Peñas, 1997) y el delta del Ebro (López Soriano & Quiñonero Salgado, 2014).

Es una especie que se engancha en las conchas de otros moluscos y embarcaciones, y que se alimenta filtrando material en suspensión, pudiendo vivir desde el estrato submareal hasta 60 m de profundidad (Jensen, 2010a). Se ha descrito que puede alcanzar densidades de hasta 1.200 individuos/m² (mar de Wadden) o, excepcionalmente, 9.000 individuos/m² (Mont Saint Michel, Francia; Jensen, 2010a). Puede producir puestas de hasta 200.000 huevos, con hasta 4 puestas por año (Bañón Díaz, 2012), lo que da cuenta de su potencial invasor.

Su impacto sobre los cultivos es discutido, pues aunque compite por el alimento y el sustrato con los moluscos filtradores de interés comercial (Blanchard, 2009), también se han descrito potenciales efectos beneficiosos sobre la depredación por otros organismos en los moluscos colonizados, y reducción en los crecimientos súbitos (*blooms*) de algas (Thielges, 2005; Jensen, 2010a). También se han descrito efectos negativos sobre la fauna autóctona a causa de sus deposiciones, que tapizan el fondo y alteran significativamente su composición (Jensen, 2010a).

Crepidatella dilatata (Lamarck, 1822). (Figura 1E) Especie nativa de Sudamérica (tanto del Pacífico como del Atlántico). Tan sólo ha colonizado algunos puntos de Galicia (Rolán & Horro, 2005; Bañón Díaz, 2012), donde se considera establecida, y Asturias (Richter *et al.*, 2012), aunque recientemente ha sido citada, en el Mediterráneo, en el delta del Ebro (López Soriano & Quiñonero Salgado, 2014). Se cree que llegó a Europa con cargamentos de marisco, aunque no está muy clara su vía de introducción (Bañón Díaz, 2012). Forma poblaciones muy densas, que llegan a obturar cañerías y desagües de centros de acuicultura. Constituye un potencial competidor por el alimento, además de fijarse preferentemente a las valvas de los moluscos cultivados (Collin *et al.*, 2009; Bañón Díaz, 2012). Presenta desarrollo directo (Collin *et al.*, 2009), por lo que su rápida extensión por diferentes puntos de las costas gallegas y asturianas, y su posterior llegada al Mediterráneo, parecen de origen antropogénico.

Familia Littorinidae Children, 1834

Littorina littorea (Linnaeus, 1758). (Figura 2A) Esta especie, nativa de aguas cantábricas y atlánticas europeas, durante los últimos siglos se extendió por las costas atlánticas norteamericanas, donde ahora es extraordinariamente abundante, ha alterado significativamente los ecosistemas intermareales, y ha desplazado especies autóctonas (Bertness, 1984). Según Blakeslee *et al.* (2008), en base a estudios moleculares, su introducción dataría de hace unos 500 años, y por tanto no sería un relicto glacial en Norteamérica. Recientemente

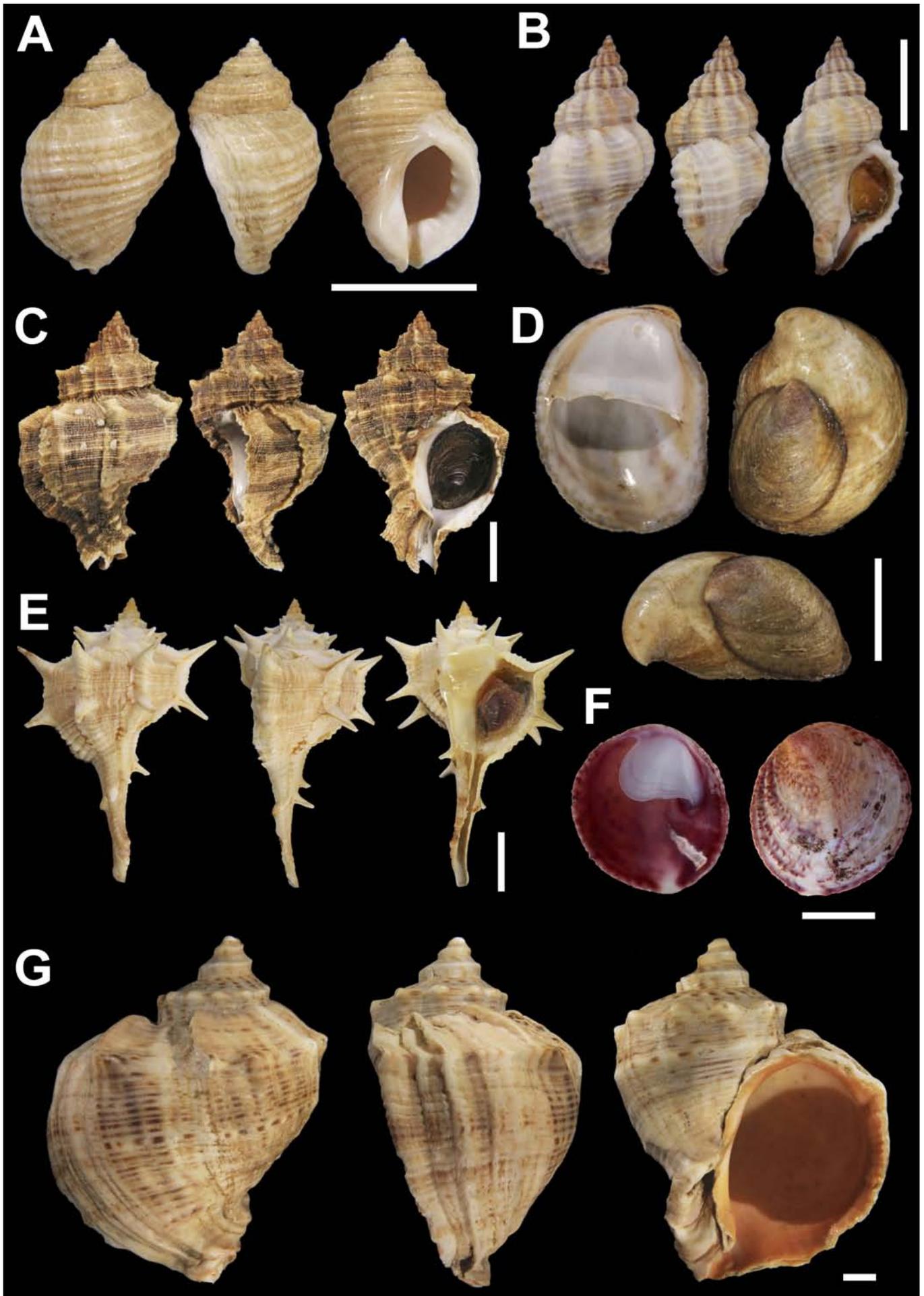


Figura 1. Algunas especies invasoras comunes en instalaciones de acuicultura marina. A, *Nucella lapillus*. B, *Urosalpinx cinerea*. C, *Hexaplex trunculus*. D, *Crepidula fornicata*. E, *Bolinus brandaris*. F, *Crepipatella dilatata*. G, *Rapana venosa*. Escalas = 1 cm.

te ha sido hallada como colonizadora en las costas de California en múltiples localidades, particularmente en la bahía de San Francisco, aunque aparentemente no establecida aún como invasora, dada la ausencia de ejemplares juveniles tras años de observaciones (Chang *et al.*, 2011). Estas poblaciones se habrían originado procedentes de la costa este norteamericana, ya que genéticamente se distinguen bastante bien de las poblaciones europeas, y se podrían haber transferido mediante el comercio de ejemplares vivos, ya que se venden en numerosos mercados callejeros de marisco de la ciudad de San Francisco (Chang *et al.*, 2011). Sin embargo, parece que sus larvas presentan problemas para eclosionar y mantener poblaciones reproductoras estables en estas nuevas localidades, posiblemente por las oscilaciones térmicas de las aguas de la bahía (Chang *et al.*, 2011).

Esta especie no ha sido citada como establecida en el Mediterráneo, a diferencia de *Littorina saxatilis* (Olivi, 1792). Sin embargo, se han localizado diversas poblaciones no consolidadas en Sicilia (Di Natale, 1982) y Toscana (Barsotti & Campani, 1982), habiéndose considerada extinta esta última población desde 1988 (Johannesson, 1988), y más recientemente en gran número en el delta del Ebro, en una población cuyo establecimiento permanece pendiente de confirmación (López Soriano & Quiñonero Salgado, 2015).

***Littorina saxatilis* (Olivi, 1792).** (Figura 2B) Esta especie constituye la primera invasión documentada de un animal marino en el Mediterráneo. Paradójicamente, la descripción original de la especie se realizó sobre una población mediterránea, sobre la que ha existido una duda permanente sobre su origen (si es introducida o un relicto de una antigua población paneuropea), que sólo se ha podido resolver con análisis genéticos recientes (Panova *et al.*, 2011; Crocetta *et al.*, 2013). Es originaria de las costas atlánticas europeas, y ha invadido las costas norteamericanas en las dos últimas décadas, tanto las atlánticas (desde bahía de Hudson a Delaware) como las pacíficas (bahía de San Francisco; Carlton & Cohen, 1998; Chang *et al.*, 2011; Blakeslee *et al.*, 2012), probablemente asociada al transporte de algas usadas para alimentación o de cebos para pesca (Blakeslee *et al.*, 2012). A diferencia de *L. littorea*, que tiene fase larvaria libre, *L. saxatilis* presenta desarrollo directo (Johannesson, 1988; Panova *et al.*, 2011).

La única población mediterránea conocida continúa siendo la descrita por Olivi (1792) en las costas venecianas, que habría llegado seguramente con el transporte marítimo comercial, ya que el haplotipo dominante en esta población se corresponde con el más abundante en las costas inglesas. Se desconoce cuándo habría sucedido este episodio, aunque el pico de actividad comercial entre estas zonas se produjo en el siglo XV (Panova *et al.*, 2011).

Familia Muricidae Rafinesque, 1815

***Rapana venosa* (Valenciennes, 1846).** (Figura 1G) Este muricido, originario de las costas pacíficas asiáticas (mar de Japón, mar de China y mar Amarillo; Mann & Harding, 2000), fue introducido en el mar Negro a mediados del siglo XX, desde donde se extendió posteriormente por el Adriático y el Egeo (Savini *et al.*, 2007). En la actualidad, se ha extendido también por la costa oriental de Estados Unidos (Mann & Harding, 2000) y el estuario del río de la Plata en Sudamérica (Pastorino *et al.*, 2000; Lanfranconi *et al.*, 2009), además de diversos puntos de Europa, como las costas de la Bretaña (Camus, 2001), Galicia (Rolán & Bañón Díaz, 2007; Trigo & Vieitis Vidal, 2013), el mar Tirreno (Savini & Occhipinti-Ambrogio, 2006) y el mar del Norte (Nieweg *et al.*, 2005). Las poblaciones europeas y americanas parecen proceder todas ellas de introducciones secundarias de ejemplares procedentes del mar Negro, según se desprende de los análisis genéticos (Chandler *et al.*, 2008). Por ahora no ha sido citada en las costas catalanas.

Es una especie con las principales características de las especies invasoras (Nieweg *et al.*, 2005): alta fertilidad, larvas pelágicas que pueden dispersarse con las corrientes oceánicas, rápido crecimiento, y tolerancia a diferentes rangos de temperatura, oxígeno, salinidad

y contaminación del agua. Es un activo depredador de bivalvos, que ha impactado notablemente en la fauna del mar Negro, causando un colapso en las instalaciones de acuicultura de ostras y mejillones (Zolotarev, 1996).

***Urosalpinx cinerea* (Say, 1822).** (Figura 1B) Es una especie de muricido de desarrollo directo, originaria de las costas atlánticas norteamericanas, que se introdujo en el Reino Unido hacia 1920, donde se ha establecido (Cole, 1942; Faasse & Lighthart, 2009). También se ha hallado en las costas holandesas y francesas (bahía de Arcachon), aunque en estas últimas no parece asentada (Faasse & Lighthart, 2009), y más recientemente se ha establecido en las costas pacíficas estadounidenses (Whitman Miller *et al.*, 2007). En todos los casos, el vector ha sido el transporte de semillas para los cultivos de ostras. Es un depredador muy activo de éstas, llegando a consumir elevados porcentajes de sus cultivos, en los que es una plaga de importancia comercial (Faasse & Lighthart, 2009). Por el momento, no ha sido hallada en el Mediterráneo.

***Ocenebra inornata* (Récluz, 1851).** (Figura 2D) Esta especie de muricido es originaria del Pacífico, comprendiendo su área de distribución original desde el norte de China, Corea y Japón, hasta las islas Sakhalin y Kuriles (García-Meunier *et al.*, 2002; Lützen *et al.*, 2012). Su área de distribución se solapa en buena medida con la de *Crassostrea gigas*, su principal presa y sobre cuyas conchas suele depositar sus puestas (Lützen *et al.*, 2012). Fue introducida en 1924 en Norteamérica (estado de Washington) con los cargamentos de ostras. En la actualidad, está distribuida en los estados de Oregón, Washington, California y Columbia Británica, siendo particularmente abundante en Puget Sound (Afonso, 2011; Lützen *et al.*, 2012). La primera cita de esta especie en Europa se produjo en 1995 en la bahía de Marennes-Oléron (Francia occidental), donde se ha asentado (García-Meunier *et al.*, 2002). Posteriormente, se extendió a la Bretaña (Gouletquer *et al.*, 2002; Martel *et al.*, 2004), Holanda (Faasse & Lighthart, 2009) y Algarve (Afonso, 2011). En las localidades invadidas, suele depredar preferentemente sobre *Crassostrea gigas* y, en menor medida, sobre *Mytilus edulis* (Lützen *et al.*, 2012). Por el momento, no ha sido hallada en el Mediterráneo.

Presenta desarrollo directo (Martel *et al.*, 2004; Afonso, 2011), por lo que sus sucesivos episodios invasivos parecen estar siempre asociados al transporte de moluscos de acuicultura, principalmente ostras. Los análisis genéticos han demostrado que las poblaciones europeas y norteamericanas están estrechamente emparentadas, y son sustancialmente diferentes de las poblaciones del rango nativo (García-Meunier *et al.*, 2002). Por tanto, se considera que el origen de las poblaciones europeas son las poblaciones norteamericanas, y esto concuerda con la importación desde Estados Unidos de grandes volúmenes de *Crassostrea gigas* a principios de los años 1970 a la bahía de Marennes-Oléron (Martel *et al.*, 2004).

***Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758).** (Figura 1C) Es una especie de muricido propia del Mediterráneo, que extiende su área de distribución por ciertas partes del Atlántico: sur de Portugal, Canarias y Madeira (Houart, 2001). Parece, no obstante, que habitó en las costas atlánticas francesas durante el Plioceno (Merle & Filipozzi, 2005). Recientemente, ha sido encontrada en Galicia y en la bahía de Arcachon (Francia), presentando en ambos puntos poblaciones estables (Merle & Filipozzi, 2005; Rolán & Bañón, 2007). También se ha localizado en puntos del Cantábrico en diversas localidades asturianas (Arias *et al.*, 2012). Dado su desarrollo directo y los puntos donde se ha localizado (principalmente en, o cerca de, instalaciones de acuicultura), parecería haber llegado con cargamentos de moluscos de vivero (ostras, mejillones o almejas) procedentes del Mediterráneo, aunque podría tratarse de una especie criptogénica, por lo menos en las costas peninsulares, cuya área de distribución original presentase tramos no habitados, mal caracterizados, o incluso con fluctuaciones poblacionales (Arias *et al.*, 2012). Su impacto por el momento parece mínimo en las nuevas áreas colonizadas, pero podría incrementar sensiblemente la presión depredadora sobre los moluscos cultivados.

***Nucella lapillus* (Linnaeus, 1758).** (Figura 1A) Se trata de una

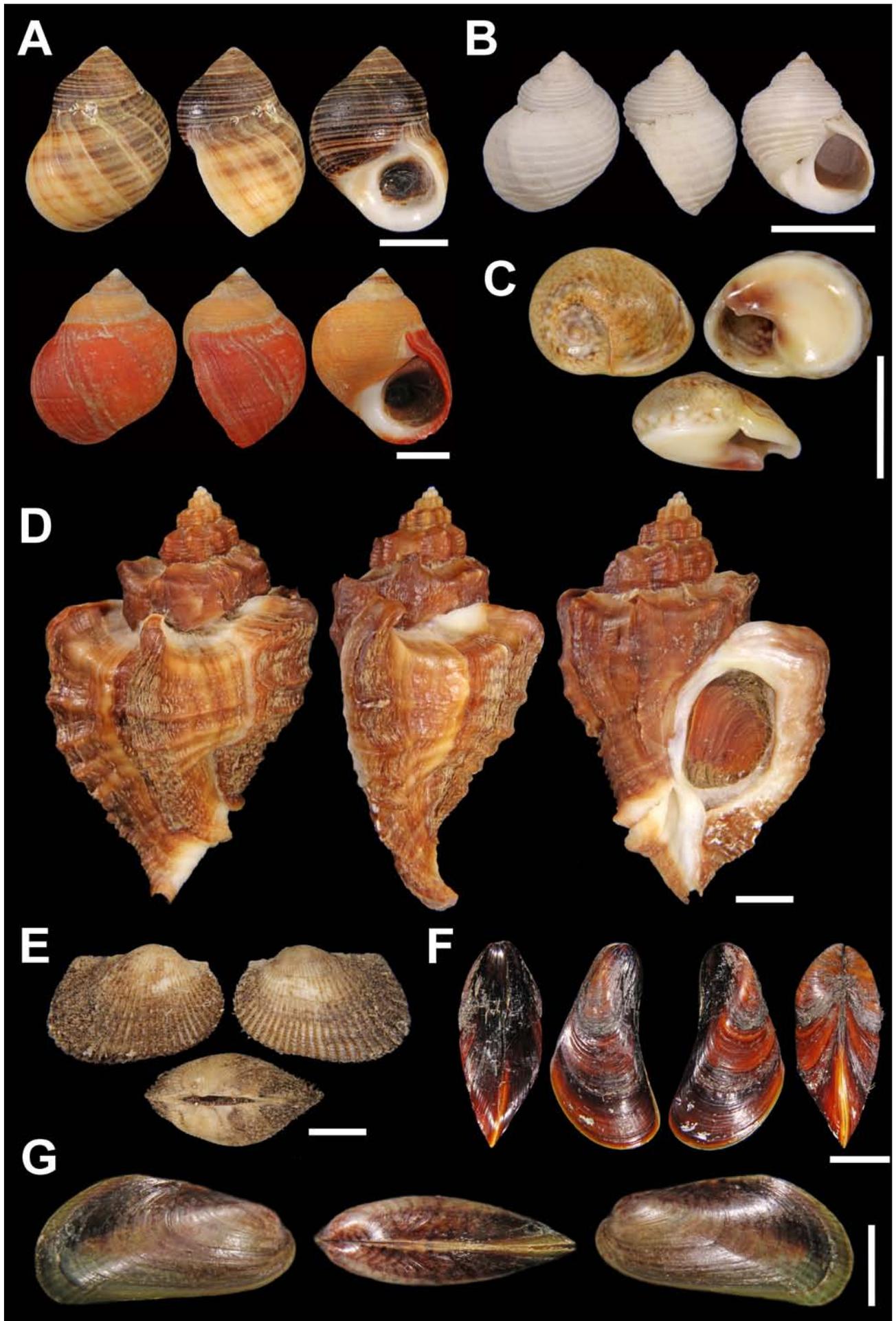


Figura 2. Algunas especies invasoras comunes en instalaciones de acuicultura marina. A, *Littorina littorea*. B, *Littorina saxatilis*. C, *Cyclope neritea*. D, *Ocenebra inornata*. E, *Anadara transversa*. F, *Xenostrobus securis*. G, *Arcuatula senhousia*. Escalas = 1 cm.

especie de murícido con distribución anfiatlántica, pues está presente tanto en costas europeas como norteamericanas (Houart, 2001). Ha sido hallada muy recientemente en las cercanías del estrecho de Gibraltar, en el puerto de Marbella (Málaga), en una instalación de acuicultura (Barrajón Mínguez & Barrajón Doménech, 2012), donde podría haber llegado con semilla de mejillón procedente de Galicia. En el Atlántico parece estar en regresión, y precisamente se ha asociado también a cultivos de mejillones en Galicia (Barrajón Mínguez & Barrajón Doménech, 2012). Al ser un activo depredador de bivalvos, podría poner en peligro los cultivos de moluscos del Mediterráneo en caso de extenderse. Presenta desarrollo directo, por lo que su futura expansión a corto plazo por el Mediterráneo sólo parece posible por vía antropogénica entre centros de acuicultura. En este sentido, recientemente se ha hallado algún ejemplar en el delta del Ebro (López Soriano & Quiñonero Salgado, 2015) asociado también a instalaciones de acuicultura, aunque no se puede afirmar que se haya establecido.

Bolinus brandaris (Linnaeus, 1758). (Figura 1F) Esta especie de murícido mediterráneo tiene un área de distribución original que se extiende también por una parte del Atlántico, desde Marruecos hasta Cascais en Portugal (Bañón Díaz, 2012). Sin embargo, en los últimos años ha sido hallada en Galicia, con citas previas discontinuas desde los años 1980 y poblaciones consolidadas al menos desde 2008 (Bañón *et al.*, 2008), particularmente en la Bahía de O Grove. Se considera que llegó con cargamentos mediterráneos de *Ostrea edulis*. Actualmente no parece representar un riesgo importante, aunque su carácter depredador supone un potencial riesgo futuro para las instalaciones de acuicultura, si bien cabe considerar que también es una especie comestible y comercializada en el Mediterráneo.

Familia Nassariidae Iredale, 1916 (1835)

Cyclope neritea (Linnaeus, 1758). (Figura 2C) El área de distribución nativa de este nasárido comprende el Mediterráneo y el mar Negro, así como las costas atlánticas del sur de la península Ibérica. Algunas citas esporádicas han sido reportadas en las costas cantábricas desde los años 1950 (Sauriau, 1991; Arias *et al.*, 2012). Más recientemente, se ha extendido por las costas francesas atlánticas: bahía de Arcachon (1976) y golfo de Morbihan (1983; Bachelet *et al.*, 2004). Igualmente, ha sido hallada en Galicia (Rolán *et al.*, 2005). En ambas localidades francesas y en numerosos puntos de Galicia, se ha establecido con densidades de más de 100 individuos/m² (Rolán *et al.*, 2005). Estudios genéticos han confirmado que su extensión reciente no se debe a una expansión natural por fluctuaciones climáticas, sino a introducciones desde poblaciones mediterráneas y del sur de Portugal en diferentes episodios independientes de colonización, muy probablemente mediante cargamentos de moluscos para acuicultura (Bachelet *et al.*, 2004). Esta especie presenta desarrollo directo (Rolán *et al.*, 2005), lo que apunta a una capacidad de dispersión discreta a corto plazo, si no es debida a factores antrópicos. Al tratarse de una especie necrófaga, no parece tener impactos importantes sobre los cultivos de moluscos, aunque sí parece competir con otros nasáridos autóctonos (Rolán *et al.*, 2005), como *Nassarius reticulatus* (Linnaeus, 1758).

Familia Haminoeidae Pilsbry, 1895

Haminoea japonica Pilsbry, 1895. Es una especie de opisto-branquio originaria del Japón, que ha sido introducida a través de cargamentos de la almeja *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve, 1850) en puntos de la costa pacífica de Estados Unidos (bahía de San Francisco; Gosliner & Behrens, 2006), además de Italia (Venecia) y costas de Galicia y Asturias (Álvarez *et al.*, 1993). En estos últimos puntos, ha sido reportada bajo el sinónimo posterior de *Haminaea callidegenita* Gibson et Chia, 1989.

Familia Arcidae Lamarck, 1809

Anadara transversa (Say, 1822). (Figura 2E) Esta especie atlántica ha colonizado buena parte del Mediterráneo, incluidas las costas catalanas (Lodola *et al.*, 2011; López Soriano, 2011; Nerlović *et al.*, 2012). Aunque generalmente no se ha correlacionado su presencia con las instalaciones de acuicultura, diversos autores consideran esta actividad como la posible fuente de introducción en diversos puntos del Mediterráneo (Lodola *et al.*, 2011; Nerlović *et al.*, 2012; López Soriano & Quiñonero Salgado, 2014). Nuestras más recientes observaciones confirmarían este punto, pues entre los grupos de mejillones del delta del Ebro hemos localizado grandes cantidades de ejemplares de esta especie (JLS, observación personal, 11/2015), que parece hallar un hábitat ideal entre los moluscos cultivados.

Familia Mytilidae Rafinesque, 1815

Xenostrobus securis (Lamarck, 1819). (Figura 2F) Especie de bivalvo mitilido de pequeño tamaño, originaria del Pacífico sur (Australia y Nueva Zelanda). Ha sido descrita como invasora en el Índico (Kimura *et al.*, 1999) y el Mediterráneo. La primera cita en el mar Mediterráneo fue en la laguna de Ravenna (Italia; Lazzari & Rinaldi, 1994), con registros posteriores en el delta del río Po, el mar Tirreno y el Mediterráneo francés, además de haber sido citada en Japón (Pascual *et al.*, 2010). También ha sido citada en Galicia (García *et al.*, 2006), el norte de Cataluña (desembocadura del río Fluvià; Barbieri *et al.*, 2011) y en el Cantábrico (ría del Nervión; Adarraga & Martínez, 2012), además de una única cita (no confirmada por otros autores) en el delta del Ebro (Brunet Navarro & Capdevila, 2005).

Su capacidad de colonización es muy elevada. Puede fijarse a rocas, piedras y otros objetos, y también directamente sobre arena o fango. Vive en aguas salobres, soportando un amplio rango de salinidad (entre 1 y 31‰; Zenetos *et al.*, 2004), y puede alcanzar densidades de más de 100.000 ejemplares/m² (Bañón Díaz, 2012). Puede tener un impacto negativo en los ecosistemas fluviales y estuarinos cuando se convierte en invasora, tapizando los sedimentos blandos y desplazando a los organismos del bentos (Bañón Díaz, 2012). También puede competir con, y desplazar a, las poblaciones nativas de mejillón que habitan en los estuarios (Bañón Díaz, 2012). Además, es portadora del protozoo parásito que causa la martieliosis, enfermedad que diezma las especies comerciales de bivalvos (Pascual *et al.*, 2010; Bañón Díaz, 2012). Su introducción en el Mediterráneo y las costas gallegas se ha vinculado a la acuicultura (Occhipinti-Ambrogio, 2000; García *et al.*, 2006).

Arcuatula senhousia (Benson in Cantor, 1842). (Figura 2G) Es una especie de mitilido originaria de las costas del Pacífico occidental (costas asiáticas desde Siberia a Singapur) que ha colonizado América noroccidental, Australia, las costas atlánticas francesas y buena parte del Mediterráneo (Hoenselaar & Hoenselaar, 1989). En este último mar, fue citada inicialmente en Israel (Barash & Danin, 1971), y posteriormente se ha ido extendiendo por diferentes puntos de la cuenca occidental, particularmente lagunas litorales y bahías: Ravenna, Thau, y puntos del Adriático (Hoenselaar & Hoenselaar, 1989; Lazzari & Rinaldi, 1994; Mistri, 2002) y delta del Ebro (López Soriano & Quiñonero Salgado, 2014). Parece haber llegado a los diferentes puntos colonizados con transportes de ostras o almejas para su cultivo. Presenta algunas de las características propias de los organismos altamente invasores (Mistri, 2002): gran adaptabilidad a variaciones ambientales, alta fecundidad, dispersión planctónica y vida media corta.

Familia Ostreidae Rafinesque, 1815

Saccostrea cucullata (Born, 1778). Es una especie originaria del Indopacífico y del mar Rojo, que habría entrado en el Mediterráneo por aguas de lastre de grandes buques, y que secundariamente se habría extendido en este mar mediante sus larvas pelágicas. Ha sido

citada en Turquía, Egipto y Túnez (Zenetos *et al.*, 2004; Antit *et al.*, 2011), donde se ha establecido. Habría llegado más recientemente a las costas del Algarve (Portugal; Trigo & Rolán, 2010), donde también se ha establecido; se desconoce el vector de la introducción en las costas atlánticas, si bien podría ser el transporte de ostras.

Familia Pteriidae Gray, 1847 (1820)

Pinctada imbricata radiata (Leach, 1814). Es la especie invasora lessepsiana más antigua que se conoce, pues fue encontrada en Egipto en 1874 (Zenetos *et al.*, 2004). Ya en 1892 se encontró en las costas de Túnez, donde más de un siglo después es uno de los moluscos más comunes, siendo particularmente abundante en el golfo de Gabes (Antit *et al.*, 2011). Está también presente en buena parte de las costas de Turquía y Grecia (Zenetos *et al.*, 2004). Al parecer, su introducción en algunos puntos del Mediterráneo, particularmente en Grecia, habría sido en un intento deliberado de utilizar esta especie en instalaciones de acuicultura (Serbetis, 1963).

Familia Veneridae Rafinesque, 1815

Ruditapes philippinarum (Adams et Reeve, 1850). Es una especie originaria de las costas pacíficas de Asia, que se introdujo para su uso en acuicultura en las costas atlánticas de Francia hacia 1970 y, poco más tarde, en diversos puntos del Mediterráneo (Gouilletquer *et al.*, 2002). Actualmente, se cultiva en numerosas instalaciones de todo el mundo (Breber, 2002; Drummond *et al.*, 2006), incluido el delta del Ebro (Elandaloussi *et al.*, 2008), y presenta poblaciones establecidas en diversos puntos del Mediterráneo y Atlántico, que parecen desplazar a la nativa *Ruditapes decussatus* Linnaeus, 1758 (Lazzari & Rinaldi, 1994; Breber, 2002).

Mercenaria mercenaria (Linnaeus, 1758). Esta especie de venérido, originaria de la costa oriental de Norteamérica (de Florida al golfo de San Lorenzo), fue introducida en Francia en el siglo XIX (Gouilletquer *et al.*, 2002), y actualmente está establecida en la Bretaña francesa y varios puntos de Reino Unido (Jensen, 2010b), además de Asturias (Arias & Anadón, 2012). Ha sido introducida con cargamentos de ostras desde Francia en diferentes puntos de las costas atlánticas de Holanda y Bélgica, donde no parece establecida, e igualmente en diferentes localidades de las costas pacíficas norteamericanas, China y el Mediterráneo (Jensen, 2010b). No se conocen impactos desfavorables de su presencia en las costas europeas (Jensen, 2010b).

Familia Pharidae H. Adams et A. Adams, 1856

Ensis directus (Conrad, 1843). También conocida por su sinónimo posterior *Ensis americanus* (Gould, 1870), es una especie nativa de las costas atlánticas norteamericanas, que fue introducida accidentalmente en las costas alemanas en 1978 (Cosel *et al.*, 1982). Desde allí, se extendió rápidamente hacia las costas del mar del Norte, estando actualmente presente desde Francia septentrional y el sur de Inglaterra hasta el sur de Escandinavia (Armonies & Reise, 1999; Streftaris *et al.*, 2005); también se ha citado recientemente en Asturias (Arias & Anadón, 2012). No se han descrito graves alteraciones ecológicas debidas a su colonización, aunque sus afilados cantos pueden causar heridas si son pisadas, e incluso dañar las redes de pesca, y en algunos puntos de Inglaterra constituye el bivalvo más común en el espacio intermareal y sublitoral (Armonies & Reise, 1999; Palmer, 2004; Arias & Anadón, 2012). No parece directamente asociada a cultivos de acuicultura, aunque podría haber sido transportada con especies cultivadas, y podría potencialmente desplazar a comunidades propias de estuario, entre ellas las de interés comercial (Arias & Anadón, 2012).

Familia Dreissenidae Gray, 1840

Mytilopsis leucophaeata (Conrad, 1831). Este bivalvo dreiséni-

do, originario del Golfo de México y algunas zonas de la costa atlántica de América del Norte, es propio de ambientes de agua dulce, pero también se ha hallado en ambientes estuarinos (Oliver *et al.*, 1998). Al menos en un punto de Estados Unidos se ha asociado su introducción a la acuicultura, concretamente a la importación de la ostra *Crassostrea virginica*, aunque generalmente se dispersa con agua de lastre de barcos (Escot *et al.*, 2003). Está presente en España en el estuario del Guadalquivir (Escot *et al.*, 2003), así como en numerosos países del Atlántico (Holanda, Francia, Bélgica, Finlandia y País de Gales), pero no en el Mediterráneo (Oliver *et al.*, 1998).

Otros moluscos alóctonos

Bostrycapulus odites Collin, 2005 es un caliptreido originario de Sudamérica encontrado en la década de 1970 en el puerto de Alicante, donde ahora es muy abundante, con densidades de hasta 275 individuos/m² (Zibrowius, 2002; Izquierdo *et al.*, 2007). A pesar del tiempo transcurrido, no se ha extendido fuera del puerto, posiblemente por presentar desarrollo directo y por la ausencia de hábitats adecuados en las cercanías (Izquierdo *et al.*, 2007). Recientemente, su identificación ha sido confirmada molecularmente, ya que las especies del género son morfológicamente casi indistinguibles (Collin *et al.*, 2010). Es por tanto un molusco cuya invasión no parece deberse a la acuicultura, aunque potencialmente podría colonizar este tipo de instalaciones.

Recientes citas de otros bivalvos asociados a instalaciones de acuicultura fuera de su rango de distribución nativa corresponderían a *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758), *Talochlamys multistriata* (Poli, 1795) y *Macra glauca* (Linnaeus, 1758), especies mediterráneas citadas recientemente en aguas gallegas (Trigo *et al.*, 2010). Una especie de bivalvo invasora que ha colonizado prácticamente todo el Mediterráneo y el mar Negro es *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906), habitualmente mal identificada como *Anadara inaequalis* (Bruguère, 1789), que en realidad no habitaría el Mediterráneo (Zenetos *et al.*, 2010). Se sumaría a otras cuatro especies no nativas del género (Zenetos *et al.*, 2010; Nerlović *et al.*, 2012): *Anadara transversa*, *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758), *Anadara inflata* (Reeve, 1844) y *Anadara natalensis* (Krauss, 1848).

Otra especie de bivalvo invasor, que podría generar importantes daños en las instalaciones de acuicultura, es el mitilido *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), una especie de origen asiático encontrada en 1991 en el estuario de La Plata (Argentina; Darrigran & Pastorino, 1995), donde alcanza densidades elevadísimas, de hasta 150.000 individuos/m² (Darrigran & Ezcurra de Drago, 2000). Aunque prefiere aguas dulces, sobrevive bien en estuarios.

Citas recientes de moluscos alóctonos en el delta del Ebro

El delta del Ebro es la principal zona de cultivo de moluscos del Mediterráneo español (Figura 3), con una producción estimada en 2013 en unas 3.600 Tm, la casi totalidad de la producción en Cataluña. Ésta se centra en el mejillón (94,9%) y la ostra japonesa (4,7%), con una pequeña producción de almejas (0,4%; Ramón *et al.*, 2007; anónimo, 2015). Aunque, normalmente, las instalaciones se abastecen con su propia semilla, en episodios de baja producción de ésta se ha importado históricamente semilla de Francia, tanto de Arcachon como de Marennes-Oleron (Ramón *et al.*, 2007), ambas zonas ampliamente afectadas por la presencia de especies invasoras, como se ha comentado anteriormente.

Hasta el momento, se ha descrito en el delta del Ebro la presencia de varias de las anteriormente mencionadas especies invasoras asociadas a instalaciones de acuicultura (*Anadara transversa*, *Arcuatula senhousia*, *Crepidula dilatata*, *Crepidula fornicata*, *Nucella lapillus* y *Littorina littorea*; López Soriano & Quiñonero Salgado, 2014, 2015), además de otro bivalvo, *Fulvia fragilis* (Forsskål, 1775), cuya llegada no parecería directamente asociada a esta actividad comercial, pero que estaría asentada en los ambientes ocupados por estas instala-

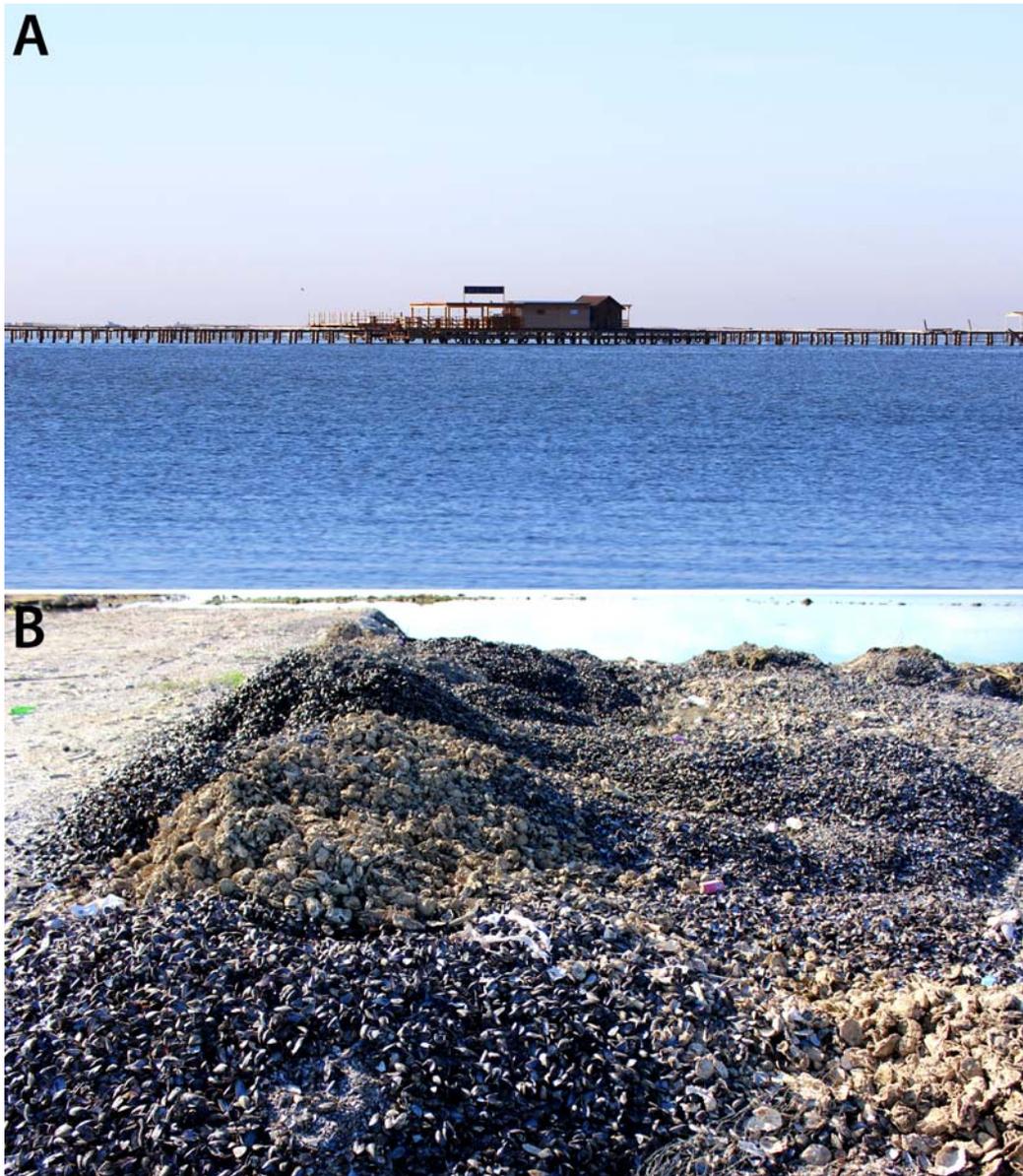


Figura 3. A, Aspecto de las bateas de mejillones del delta del Ebro (provincia de Tarragona). B, Acumulación de conchas de ostras y mejillones en un puerto de descarga en las cercanías de las bateas del delta del Ebro. Entre las conchas de estas acumulaciones pueden hallarse frecuentemente numerosas especies alóctonas.

ciones (López Soriano *et al.*, 2009). También se han descrito, en las bahías donde se localizan las instalaciones de acuicultura, diversos crustáceos invasores como *Callinectes sapidus* y *Dyspanopeus sayi*, la medusa *Phyllorhiza punctata* (Quiñonero Salgado & López Soriano, 2013), y el ctenóforo *Mnemiopsis leidyi* (Fuentes *et al.*, 2010), lo que evidencia la fragilidad de estos ecosistemas ante nuevos episodios de invasión.

Durante el último año, se ha reportado además el hallazgo de otras especies de moluscos alóctonas, de las que no existe evidencia de la presencia de poblaciones consolidadas (López Soriano & Quiñonero Salgado, 2015), como *Littorina obtusata* (Linnaeus, 1758), *Gibbula cineraria* (Linnaeus, 1758) y *Gibbula umbilicalis* (da Costa, 1778). Similar sería el caso de *Rapana venosa*, de la que hemos llegado a encontrar fragmentos de concha explayados perfectamente identificables (datos inéditos de los autores), pudiendo deberse a la presencia de ejemplares adultos translocados con cargamentos comerciales de bivalvos, y que no han llegado a reproducirse con éxito. La posible presencia de una población estable de esta especie sería motivo de gran preocupación para los productores de marisco, por su carácter de gran depredador de bivalvos comerciales.

Discusión y conclusiones

El crecimiento de la actividad de la acuicultura en todas sus variedades (pescado y marisco, aguas dulces y continentales) y en todos los continentes supone un grave riesgo de incrementar la presencia

de especies invasoras en los ecosistemas acuáticos. Este tipo de actividad lleva intrínseco el riesgo de liberación de organismos alóctonos por varios motivos: (1) la importación de especies no nativas para su cultivo en un área concreta, que luego pueden liberarse y naturalizarse en nuevas áreas (tal ha sido el caso, por ejemplo, de *Crassostrea gigas* o *Ruditapes philippinarum* en Europa, o de *Mytilus edulis* en Norteamérica); (2) la importación de organismos asociados a las especies de interés comercial, entre ellas depredadores, comensales, parásitos o incluso otras especies oportunistas o epibiontes, con o sin impacto directo en la especie de interés comercial (*Rapana venosa*, *Ocenebra inornata*, *Crepidula fornicata* y *Cyclope neritea*, entre los moluscos); (3) la reducción de la biodiversidad que genera este tipo de instalaciones, al tratarse en la mayoría de casos de monocultivos de una sola especie, lo que representa una situación ideal para las nuevas colonizaciones, sin apenas competidores o depredadores, y en ocasiones por la destrucción o alteración de ecosistemas costeros, deltaicos y estuarinos; (4) el empobrecimiento genético de las poblaciones de interés comercial, particularmente cuando se liberan después al medio y desplazan a la población nativa original más rica genéticamente, o se hibridan con ella (caso, por ejemplo, de los salmónidos, pero posiblemente también en las poblaciones europeas de *Ostrea edulis*; véanse Naylor *et al.*, 2001; Huntington *et al.*, 2006). Los moluscos constituyen un porcentaje muy significativo de las especies de interés comercial, y a la vez, uno de los grupos mejor representados entre las especies alóctonas que se introducen por esta vía.

Existe, pues, una tendencia hacia la presencia de unas pocas es-

pecies que se comportan como invasoras y acaban colonizando la mayoría de instalaciones, desplazando o compitiendo con las especies autóctonas, estableciéndose en las aguas próximas, ocasionando en algunos casos pérdidas económicas importantes y alteraciones en la composición de los ecosistemas, e incluso dispersándose a grandes distancias desde estos centros. En el caso de los moluscos, especies del Pacífico, el Atlántico y el Mediterráneo se han establecido de forma cruzada, incluso invadiendo ecosistemas de características físico-químicas (temperatura y salinidad de las aguas) bastante diferentes a las de su área de distribución nativa. Muchas de ellas son especies de desarrollo directo (sin larvas planctotróficas), e incluso con características biológicas que, a priori, no las definirían como potenciales invasores (baja producción de huevos y puestas, desarrollo lento y alta longevidad). Tal sería el caso de la especie de gasterópodo *Ocenebra inornata*, que podría haber tardado más de veinte años en establecerse como invasora en las costas atlánticas francesas tras su importación (Lützen *et al.*, 2012), y también algunos años desde sus primeros avistamientos en el sur de Portugal (Afonso, 2011).

En Europa se han catalogado bastante exhaustivamente todas estas especies invasoras, y se han establecido estrictas normas de control de las importaciones y translocaciones de materiales entre instalaciones (particularmente, semillas para el arranque de los cultivos), para evitar nuevas invasiones. Pese a ello, el número de especies invasoras sigue creciendo, y muchas de ellas continúan expandiéndose.

La principal zona con instalaciones de estas características en Cataluña, el delta del Ebro, parecía no haber registrado excesivas introducciones de invertebrados hasta muy recientemente (dos cangrejos alóctonos, una medusa, un ctenóforo y dos bivalvos), pero se ha reportado, en los dos últimos años, la presencia de diversas nuevas especies de moluscos alóctonos, algunas de las cuales no parecen establecidas todavía (López Soriano & Quiñonero Salgado, 2014, 2015). Por ello, debe prestarse particular atención a la nueva entrada o el establecimiento de todas ellas (algunas han sido observadas repetidas veces o presentan poblaciones abundantes), puesto que podrían producir futuras alteraciones ecológicas y pérdidas económicas de consideración.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Carles Dorado por la realización de algunas fotografías de las Figuras 1 y 2, y a Manuel Ballesteros y David M. Alba por sugerencias críticas que han permitido la mejora de una versión previa de este trabajo. Este artículo ha sido realizado por miembros del “Grup de Malacofauna Invasora de Catalunya”, en el marco del proyecto MINVACAT de la ACM.

Bibliografía

- Adarraga, I. & Martínez, J. (2012). First record of the invasive brackish water mytilid *Limnoperna securis* (Lamarck, 1819) in the Bay of Biscay. *Aquat. Inv.* 7, 171–180.
- Afonso, C.M.L. (2011). Non-indigenous Japanese oyster drill *Pteropurpura (Ocinebrellus) inornata* (Récluz, 1851) (Gastropoda: Muricidae) on the South-west coast of Portugal. *Aquat. Inv.* 6, S85–S88.
- Álvarez, L., Martínez, E., Cigarria, J., Rolán, E. & Villani, G. (1993). *Haminoea callideginata* Gibson and Chia, 1989 (Opisthobranchia: Cephalaspidea), a Pacific species introduced in European coasts. *Iberus* 11, 59–65.
- Anónimo (2015). Producció aqüícola. Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/pesca/dar_aquicultura/dar_estadistica_aquicultura/dar_produccio_aquicola/ [Accedido el 1/12/2015]
- Antit, M., Gofas, S., Salas, C. & Azzouna, A. (2011). One hundred years after *Pictada*: an update on alien Mollusca in Tunisia. *Medit. Mar. Sci.* 12, 53–73.
- Arias, A. & Anadón, N. (2012). First record of *Mercenaria mercenaria* (Bivalve: Veneridae) and *Ensis directus* (Bivalvia: Pharidae) on Bay of Biscay, Iberian Peninsula. *J. Shellfish Res.* 31, 57–60.
- Arias, A., Richter, A. & Anadón, N. (2012). Estado actual de los moluscos marinos no autóctonos en aguas del Cantábrico. In: GEIB Grupo Especialista en Invasiones Biológicas (Ed.), *EEI 2012. Notas Científicas 4º Congreso Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras “EEI 2012”*, 99–103. GEIB, León.
- Armonies, W. & Reise, K. (1999). On the population development of the introduced razor clam *Ensis americanus* near the Island of Sylt (North Sea). *Helgol. Meeresunters.* 52, 291–300.
- Bachelet, G., Simon-Bouhet, B., Desclaux, C., Garcia-Meunier, P., Mairesse, G., de Montaudouin, X., Raigné, H., Randriambao, K., Sauriau, P.-G. & Viard, F. (2004). Invasion of the eastern Bay of Biscay by the nassariid gastropod *Cyclope neritea*: origin and effects on resident fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 276, 147–159.
- Bañón Díaz, R. (2012). Introducción al estudio de las especies exóticas marinas en Galicia. *Rev. Gal. Rec. Mar. (Monog.)* 3, 1–67.
- Bañón, R., Rolán, E. & García-Tasende, M. (2008). First record of the purple dye murex *Bolinus brandaris* (Gastropoda: Muricidae) and a revised list of non native molluscs from Galician waters (Spain, NE Atlantic). *Aquat. Inv.* 3, 331–34.
- Barash, A. & Danin, Z. (1971). Mollusca from the stomach of *Sparus auratus* fished in the lagoon of Bardawil. *Argamon* 2, 97–104.
- Barbieri, M., Maltagliati, F., di Giuseppe, G., Cossu, P., Lardicci, C. & Castelli, A. (2011). New records of the pygmy mussel *Xenostrobus securis* (Bivalvia: Mytilidae) in brackishwater biotopes of the western Mediterranean provide evidence of its invasive potential. *Mar. Biodiv. Rec.* 4, e48.
- Barrajón Mínguez, A. & Barrajón Doménech, A. (2012). Primera cita de *Nucella lapillus* (Linnaeus, 1758) (Gastropoda: Muricidae) en el Mediterráneo donde debe ser considerada como una especie exótica. *Not. SEM* 58, 42–44.
- Barsotti, G. & Campani, E. (1982). Il promontorio di Castiglioncello (LI): III. Rinvenimento di una popolazione di *Littorina littorea* (L.) — Moll. Gastropoda Prosobranchia. *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 3, 65–71.
- Bertness, M.D. (1984). Habitat and community modification by an introduced herbivorous snail. *Ecology* 65, 370–381.
- Blakeslee, A.M.H., Byers, J.E. & Lesser, M.P. (2008). Solving cryptogenic histories using host and parasite molecular genetics: the resolution of *Littorina littorea*'s North American origin. *Mol. Ecol.* 17, 3684–3696.
- Blakeslee, A.M.H., Altman, I., Whitman Miller, A., Byers, J.E., Hamer, C.E. & Ruiz, G.M. (2012). Parasites and invasions: a biogeographic examination of parasites and hosts in native and introduced ranges. *J. Biogeogr.* 39, 609–622.
- Blanchard, M. (1997). Spread of the slipper limpet *Crepidula fornicata* (L., 1758) in Europe. Current state and consequences. *Sci. Mar.* 61, 109–118.
- Blanchard, M. (2009). Recent expansion of the slipper limpet population (*Crepidula fornicata*) in the Bay of Mont-Saint-Michel (Western Channel, France). *Aquat. Living Resour.* 22, 11–19.
- Breber, P. (2002). Introduction and acclimatisation of the Pacific carpet clam, *Tapes philippinarum*, to Italian waters. In: Leppäkoski, E., Gollasch, S. & Olenin, S. (Eds.), *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*, 120–126. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Brunet Navarro, J. & Capdevila, M. (2005). *Atlas malacològic del delta de l'Ebre*. Joan Brunet Navarro, Sant Carles de la Ràpita.
- Camus, P. (2001). Un bien discret et redoutable prédateur de coquillages, l'exotique globe-trotter: *Rapana venosa*. *La Vigie* 26, 3–9.
- Carlton, J.T. & Cohen, A.N. (1998). Periwinkle's progress: the Atlantic snail *Littorina saxatilis* (Mollusca: Gastropoda) establishes a colony on a Pacific shore. *Veliger* 41, 333–338.
- Carrasco, N., López-Flores, I., Alcaraz, M., Furones, M.D., Berthe, F.C.J. & Arzul, I. (2007). First record of *Marteilia* parasite (Para-

- myxea) in zooplankton populations in a natural estuarine environment. *Aquaculture* 269, 63–70.
- Chandler, E.A., McDowell, J.R. & Graves, J.E. (2008). Genetically monomorphic invasive populations of the rapa whelk, *Rapana venosa*. *Mol. Ecol.* 17, 4079–4091.
- Chang, A.L., Blakeslee, A.M.H., Miller, A.W., & Ruiz, G.M. (2011). Establishment failure in biological invasions: a case history of *Littorina littorea* in California, USA. *PLoS ONE* 6, e16035.
- Cole, H.A. (1942). The American whelk tingle, *Urosalpinx cinerea* (Say), on British oyster beds. *J. Mar. Biol. Ass.* 25, 477–508.
- Collin, R., Farrell, P. & Cragg, S. (2009). Confirmation of the identification and establishment of the South American slipper limpet *Crepidatella dilatata* (Lamarck 1822) (Caenogastropoda: Calyptraeidae) in Northern Spain. *Aquat. Inv.* 4, 377–380.
- Collin, R., Ramos-Esplá, A.A. & Izquierdo, A. (2010). Identification of the South Atlantic spiny slipper limpet *Bostrycapulus odites* Collin, 2005 (Caenogastropoda: Calyptraeidae) on the Spanish Mediterranean coast. *Aquat. Inv.* 5, 197–200.
- Cosel, R. von, Doerjes, J. & Mühlenhardt, U. (1982). The American jackknife clam *Ensis directus* (Conrad) in the German Bight. 1. Zoogeography and taxonomy in comparison with the native jackknife and razor clams. *Senckenb. Marit.* 14, 147–173.
- Crocetta, F., Macali, A., Furfaro, G., Cooke, S., Villani, G. & Valdés, A. (2013). Alien molluscan species established along the Italian shores: an update, with discussions on some Mediterranean “alien species” categories. *ZooKeys* 277, 91–108.
- Darrigran, G. & Ezcurra de Drago, I. (2000). Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *Nautilus* 114, 69–73.
- Darrigran, G. & Pastorino, G. (1995). The recent introduction of a freshwater Asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *Veliger* 38, 171–175.
- Di Natale, A. (1982). Extra-Mediterranean species of Mollusca along the southern Italian coasts. *Malacol.* 11, 571–580.
- Doğan, A., Öztürk, B., Bakir, B.B. & Önen, M. (2014). Additions to the knowledge of the molluscs of the Aegean Sea with three species: *Crepidula fornicata* (Linnaeus, 1758), *Anadara polii* (Mayer, 1868) and *Arcuatula senhousia* (Benson in Cantor, 1842). *Turk. J. Fish. Aqu. Sci.* 14, 255–260.
- Drummond, L., Mulcahy, M. & Culloty, S. (2006). The reproductive biology of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, from the North-West of Ireland. *Aquaculture* 254, 326–340.
- Elandalousi, L., Carrasco, N., Roque, A., Fernández-Tejedor, M. & Furones, D. (2008). Occurrence of *Perkinsus* sp. in two clam species (*Ruditapes philippinarum* and *R. decussatus*) from the Ebro Delta, Spain. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 28, 1–5.
- Escot, C., Basanta, A., Cobo, F. & González, M.A. (2003). Sobre la presencia de *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) (Bivalvia, Dreissenacea, Dreissenidae) en el río Guadalquivir (sur de la Península Ibérica). *Graellsia* 59, 91–94.
- Faasse, M. & Ligthart, M. (2009). American (*Urosalpinx cinerea*) and Japanese oyster drill (*Ocenebrellus inornatus*) (Gastropoda: Muricidae) flourish near shellfish culture plots in The Netherlands. *Aquat. Inv.* 4, 321–26.
- Fuentes, V., Angel, D.L., Bayha, K.M., Atienza, D., Edelist, D., Bordehore, C., Gili, J.M. & Purcell, J.E. (2010). Blooms of the invasive ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, span the Mediterranean Sea in 2009. *Hydrobiol.* 645, 23–37.
- García, M.E., Trigo, J.E., Pascual, S., González, A.F., Rocha, F. & Guerra, A. (2006). *Xenostrobus securis* (Lamarck, 1819) (Mollusca: Bivalvia): first report of an introduced species in Galician waters. *Aquacult. Int.* 15, 19–24.
- García-Meunier, P., Martel, C., Pigeot, J., Chevalier, G., Blanchard, G., Gouletquer, P., Robert, S. & Sauriau, P.-G. (2002). Recent invasion of the Japanese oyster drill along the French Atlantic coast: identification of specific molecular markers that differentiate Japanese, *Ocenebrellus inornatus*, and European, *Ocenebra erinacea*, oyster drills. *Aquat. Liv. Resour.* 15, 67–71.
- Giribet, G. & Peñas, A. (1997). Fauna malacológica del litoral del Garraf (NE de la Península Ibérica). *Iberus* 15, 41–93.
- Gosliner, T.M. & Behrens, D. (2006). Anatomy of an invasion: systematic and distribution of the introduced opisthobranch snail, *Haminoea japonica* Pilsbry, 1895 (Gastropoda: Opisthobranchia: Haminoeidae). *Proc. Calif. Acad. Sci.* 57, 1003–1010.
- Gouletquer, P., Bachelet, G., Sauriau, P.G. & Noel, P. (2002). *Open Atlantic coast of Europe – a century of introduced species into French waters*. In: Leppäkoski, E., Gollasch, S. & Olenin, S. (Eds.), *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*, 276–290. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Gozlan, R.E. (2010). The cost of non-native aquatic species introductions in Spain: fact or fiction? *Aquat. Inv.* 5, 231–238.
- Hall, S.J., Delaporte, A., Phillips, M.J., Beveridge, M. & O’Keefe, M. (2011). *Blue frontiers: Managing the environmental costs of aquaculture*. The WorldFish Center, Penang.
- Hoenselaar H.J. & Hoenselaar J. (1989). *Musculista senhousia* (Benson in Cantor, 1842) in the western Mediterranean (Bivalvia, Mytilidae). *Basteria* 53, 73–76.
- Houart, R. (2001). *A review of the recent Mediterranean and North-eastern Atlantic species of Muricidae*. Evolver, Roma.
- Huntington, T.C., Roberts, H., Cousins, N., Pitta, V., Marchesi, N., Sanmamed, A., Hunter-Rowe, T., Fernandes, T.F., Tett, P., McCue, J. & Brockie, N. (2006). *Some aspects of the environmental impact of aquaculture in sensitive areas*. Report to the DG Fish and Maritime Affairs of the European Commission. Napier University, Edinburgh. http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/studies/aquaculture_environment_2006_en.pdf
- Izquierdo, A., Loya, A., Díaz-Valdés, M. & Ramos-Esplá, A.A. (2007). Non-indigenous species at the Alicante harbor (SE-Spain): *Oculina patagonica* De Angelis, 1908 and *Bostrycapulus aculeatus* (Gmelin, 1791). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 38, 506–506.
- Jensen, K.R. (2010a). NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Crepidula fornicata*. In: *Identification key to marine invasive species in Nordic waters–NOBANIS*. <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/c/crepidula-fornicata/crepidula-fornicata.pdf> [Accedido el 1/11/2014]
- Jensen, K.R. (2010b). NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Mercenaria mercenaria*. In: *Identification key to marine invasive species in Nordic waters–NOBANIS*. <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/m/mercenaria-mercenaria/mercenaria-mercenaria-mercenaria.pdf> [Accedido el 1/11/2014].
- Johannesson, K. (1988). The paradox of Rockall: why is a brooding gastropod (*Littorina saxatilis*) more widespread than one having a planktonic larval dispersal stage (*L. littorea*)? *Mar. Biol.* 99, 507–513.
- Kimura, T., Masaki, T. & Yasuhiro, S. (1999). *Limnoperna fortunei kuchii* Habe, 1981 (Bivalvia: Mytilidae) is a synonym of *Xenostrobus securis* (Lamarck, 1819): introduction into Japan from Australia and/or New Zealand. *Jap. J. Malacol.* 58, 101–117.
- Lanfranconi, A., Hutton, M., Brugnoli, E. & Muniz, P. (2009). New record of the alien mollusc *Rapana venosa* (Valenciennes 1846) in the Uruguayan coastal zone of Río de la Plata. *Pan-Am. J. Aquat. Sci.* 4, 216–221.
- Lazzari, G. & Rinaldi, E. (1994). Alcune osservazioni sulla presenza di specie extra mediterranee nelle lagune salmastre di Ravenna. *Boll. Malacol.* 30, 195–202.
- Lodola, A., Savini, D., Mazziotti, C. & Occhipinti-Ambrogi, A. (2011). First record of *Anadara transversa* (Say, 1822) (Bivalvia: Arcidae) in Sardinian waters (NW Tyrrhenian Sea). *Biol. Mar. Mediterr.* 18, 256–257.
- López Soriano, J. (2011). Presencia de un bivalvo invasor, *Anadara transversa* (Say, 1822) (Bivalvia: Arcidae) en las costas catalanas. *Spira* 4, 85–87.
- López Soriano, J. & Quiñonero Salgado, S. (2014). Primeras citas de diversos moluscos marinos alóctonos en el Delta del Ebro. *Spira*

- 5, 149–151.
- López Soriano, J. & Quiñonero Salgado, S. (2015). Seis nuevos gasterópodos marinos alóctonos en el delta del Ebro (Cataluña, España). *Spira* 5, 201–203.
- López Soriano, J., Quiñonero Salgado, S. & Tarruella, A. (2009). Presencia de poblaciones estables de un inmigrante lessepsiano, *Fulvia fragilis* (Forsskål in Niebuhr, 1775), en el Delta del Ebro (Cataluña, España). *Spira* 3, 53–58.
- Lützen, J., Faasse, M., Gittenberger, A., Glenner, H., & Hoffmann, E. (2012). The Japanese oyster drill *Ocenebrellus inornatus* (Récluz, 1851) (Mollusca, Gastropoda, Muricidae), introduced to the Limfjord, Denmark. *Aquat. Inv.* 7, 181–191.
- Mann, R. & Harding, J.M. (2000). Invasion of the North American Atlantic coast by a large predatory Asian mollusk. *Biol. Inv.* 2, 7–22.
- Martel, C., Viard, F., Bourguet, D., & Garcia-Meunier, P. (2004). Invasion by the marine gastropod *Ocenebrellus inornatus* in France. II. Expansion along the Atlantic coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 273, 163–172.
- Merle, D. & Filipozzi, D. (2005). First record of *Trunculariopsis trunculus* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Gastropoda) from the basin of Arcachon (Gironde): the second exotic muricid on the French Atlantic coast. *Cah. Biol. Mar.* 46, 290–303.
- Mistri, M. (2002). Ecological characteristics of the invasive Asian date mussel, *Musculista senhousia*, in the Sacca di Goro (Adriatic Sea, Italy). *Estuaries* 25, 431–440.
- Naylor, R.L., Williams, S.L. & Strong, D. (2001). Aquaculture: A gateway for exotic species. *Science* 294, 1655–1656.
- Nerlović, V., Doğan, A. & Perić, L. (2012). First record of *Anadara transversa* (Mollusca: Bivalvia: Arcidae) in Croatian waters (Adriatic Sea). *Acta Adriat.* 53, 139–144.
- Nieweg, D.C., Post, J.N.J. & Vink, R.J. (2005). *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae): a new invasive species in the North Sea. *Deinsea* 11, 169–174.
- Nunes, A.L., Katsanevakis, S., Zenetos, A. & Cardoso, A.C. (2014). Gateways to alien invasions in the European seas. *Aquat. Inv.* 9, 133–144.
- Occhipinti-Ambrogì, A. (2000). Biotic invasions in a Mediterranean lagoon. *Biol. Inv.* 2, 165–176.
- Oliver, P.G., Holmes, A.M. & Mettam, C. (1998). *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) (Bivalvia: Dreissenoida). A species new to the British fauna. *J. Conchol.* 36, 13–18.
- Olivi G. (1792). *Zoologia Adriatica, ossia catalogo ragionato degli animali del golfo e della lagune di Venezia*. G. Remondini e fl., Bassano.
- Palmer, D.W. (2004). Growth of the razor clam *Ensis directus*, an alien species in The Wash on the east coast of England. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 84, 1075–1076.
- Panova, M., Blakeslee, A.M.H., Whitman Miller, A., Mäkinen, T., Ruiz, G.M., Johannesson, K. & Andre, C. (2011). Glacial history of the North Atlantic marine snail, *Littorina saxatilis*, inferred from distribution of mitochondrial DNA lineages. *PLoS ONE* 6, e17511.
- Pascual, S., Villalba, A., Abollo, E., Garcí, M., González, A.F., Nombela, M. & Posada, D. (2010). The mussel *Xenostrobus securis*: a well-established alien invader in the Ria de Vigo (Spain, NE Atlantic). *Biol. Inv.* 12, 2091–2103.
- Pastorino, G., Penchaszadeh, P.E., Schejter, L. & Bremec, C. (2000). *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Mollusca: Muricidae): a new gastropod in South Atlantic Waters. *J. Shellfish Res.* 19, 897–899.
- Quiñonero Salgado, S. & López Soriano, J. (2013). Moluscos dulceacuícolas invasores del Delta del Ebro (Cataluña, España). *Spira* 5, 59–71.
- Ramón, M., Fernández, M. & Galimany, E. (2007). Development of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) seed from two different origins in a semi-enclosed Mediterranean Bay (N.E. Spain). *Aquaculture* 264, 148–159.
- Richter, A., Arias, A. & Anadón, N. (2012). Notas sobre la reproducción de la especie exótica *Crepidatella dilatata* (Gastropoda: Calyptraeidae) en la costa de Asturias. In: GEIB Grupo Especialista en Invasiones Biológicas (Ed.), *EEI 2012. Notas Científicas 4º Congreso Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras “EEI 2012”*, 167–169. GEIB, León.
- Rolán, E. & Bañón, R. (2007). Primer hallazgo de la especie invasora *Rapana venosa* y nueva información sobre *Hexaplex trunculus* (Gastropoda, Muricidae) en Galicia. *Not. SEM* 47, 57–59.
- Rolán, E. & Horro, J. (2005). *Crepidatella dilatata* (Gastropoda, Calyptraeidae) nueva especie introducida en aguas gallegas. *Not. SEM* 44, 60–63.
- Rolán, E., Horro, J. & Quintela, M. (2005). *Cyclope neritea* (Gastropoda, Nassariidae) en Galicia. *Not. SEM* 44, 57–59.
- Sauriau, P.G. (1991). Spread of *Cyclope neritea* (Mollusca: Gastropoda) along the north-eastern Atlantic coasts in relation to oyster culture and to climatic fluctuations. *Mar. Biol.* 109, 299–309.
- Savini, D. & Occhipinti-Ambrogì, A. (2006). Consumption rates and prey preference of the invasive gastropod *Rapana venosa* in the Northern Adriatic Sea. *Helgol. Mar. Res.*, 60: 153–159.
- Savini, D., Occhipinti Ambrogì, A. & Castellazzi, M. (2007). Distribution of the alien gastropod *Rapana venosa* in the Northern Adriatic Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 38, 590.
- Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) [Guillen, J. & Motova, A. (Eds.)] (2013). *The economic performance report on the EU aquaculture sector (STECF-13-29)*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Serbetis, C.D. (1963). L’acclimatation de la *Meleagrina (Pinctada) margaritifera* (Lam.) en Grèce. *Rapp. Proc.-Verb. Réunion. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Médit.* 17, 271–272.
- Streftaris, N., Zenetos, A. & Papanthassiou, E. (2005). Globalisation in marine ecosystems: the story of non-indigenous marine species across European seas. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 43, 419–453.
- Thieltges, D.W. (2005). Benefit from an invader: American slipper limpet *Crepidula fornicata* reduces star fish predation on basibiont European mussels. *Hydrobiol.* 541, 241–244.
- Trigo, J. & Rolán, E. (2010). *Saccostrea cucullata* (Born, 1778) en la Península Ibérica. *Not. SEM* 54, 53.
- Trigo, J.E. & Vieites Vidal, N. (2013). Segunda cita de *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Gastropoda: Muricida) para la península Ibérica. *Not. SEM* 59, 77–78.
- Trigo, J., Pérez Dieste, J., & Rolán, E. (2010). Tres nuevas citas de bivalvos para Galicia (NO de España). *Not. SEM* 54, 57–59.
- Whitman Miller, A., Ruiz, G.M., Minton, M.S. & Ambrose, R.F. (2007). Differentiating successful and failed molluscan invaders in estuarine ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 332, 41–51.
- WoRMS Editorial Board (2016). *World Register of Marine Species*. <http://www.marinespecies.org>. doi:10.14284/170 [Accedido el 1/8/16]
- Zenetos, A., Gofas, S., Russo, G. & Templado J. (2004). *CIESM Atlas of exotic species in the Mediterranean. Vol. 3. Molluscs*. CIESM Publishers, Monaco.
- Zenetos, A., Gofas, S., Verlaque, M., Cinar, M.E., García Raso, J.E., Bianchi, C.N., Morri, C., Azzurro, E., Bilecenoglu, M., Frogli, C., Siokou, I., Violanti, D., Sfriso, A., San Martín, G., Giangrande, A., Katagan, T., Ballesteros, E., Ramos-Splá, A., Mastrototaro, F., Ocaña, O., Zingone, A., Gambi, M.C. & Streftaris, N. (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union’s Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Med. Mar. Sci.* 11, 381–493.
- Zibrowius, H. (2002). Assessing scale and impact of ship-transported alien fauna in the Mediterranean? In: *Alien marine organisms introduced by ships in the Mediterranean and Black Seas*, 63–68. CIESM Workshop Monogr. 20, Monaco.
- Zolotarev, V. (1996). The Black Sea ecosystem changes related to the introduction of new mollusc species. *Mar. Ecol.* 17, 227–236.