



Revisión del género *Corbicula* von Mühlfeld, 1811 (Bivalvia: Corbiculidae) en el Baix Empordà (NE península Ibérica)

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

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

Rebut el 18 de febrer de 2016
Acceptat el 9 d'octubre de 2016

Paraules clau:

Invasions
Aigua dolça
Bivalves
Corbicúlids
Catalunya

Keywords:

Invasions
Freshwater
Bivalves
Corbiculids
Catalonia

RESUM

Revisió del gènere *Corbicula* von Mühlfeld, 1811 (Bivalvia: Corbiculidae) al Baix Empordà (NE península Ibèrica).—En el present estudi es caracteritzen les poblacions del gènere *Corbicula* de les conques dels rius Daró i Ter (el Baix Empordà). A més de la prèviament citada *Corbicula fluminea*, es reporta la presència d'una segona espècie, *Corbicula leana*. Totes dues espècies es distingeixen per l'aspecte i les dimensions de la closca, particularment en els estadis juvenils. *Corbicula leana* és majoritària en alguns canals d'irrigació que parteixen del riu Daró, i més escassa al riu Ter i els canals que en parteixen, suggerint un episodi d'invasió diferencial i possiblement més recent d'aquesta espècie en aquest segon riu.

ABSTRACT

A revision of genus *Corbicula* von Mühlfeld, 1811 (Bivalvia: Corbiculidae) in el Baix Empordà (NE Iberian Peninsula).—The populations of the genus *Corbicula* from the Daró and Ter rivers (el Baix Empordà) are characterized in the present study. In addition to the previously cited *Corbicula fluminea*, the presence of a second species, *Corbicula leana*, is here reported. Both species differ in the appearance and dimensions of the shell, particularly in their juvenile stages. *Corbicula leana* is more abundant in some irrigation canals originating from the Daró River, and scarcer in the Ter River and the irrigation canals that originate from it, thus suggesting a different, and likely more recent, invasional episode for this species in the latter river.

© Associació Catalana de Malacologia (2016)

Introducción

El género *Corbicula* von Mühlfeld, 1811 (Bivalvia: Corbiculidae) comprende un gran número de especies de aguas dulces y salobres distribuidas principalmente por Asia oriental, habiéndose extendido unas pocas de estas especies como invasoras por buena parte del mundo (Lucy *et al.*, 2012). *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) es el principal taxón invasor del género, y durante años se consideró en la mayoría de países como la única especie invasora, incluyendo la península Ibérica (McMahon, 1982; Araujo *et al.*, 1993; Marescaux *et al.*, 2010). Sin embargo, durante los últimos años se ha descrito que otras especies del género están establecidas como invasoras en Europa y América (Siripattawan *et al.*, 2000; Quiñonero Salgado & López Soriano, 2014, 2016), particularmente *Corbicula fluminalis* (O.F. Müller, 1774), *Corbicula largillierti* (Philippi, 1884) y *Corbicula leana* Prime, 1867, y, más recientemente, en la zona del bajo Ebro (Cataluña), también *Corbicula insularis* Prime, 1867, *Corbicula javanica* (Mousson, 1849) y *Corbicula producta* Martens, 1905. La distinción de los taxones de este género es muy complicada, tanto por criterios anatómico-morfológicos como moleculares (Csanyi, 1999; Renard *et al.*, 2000; Pfenninger *et al.*, 2002; Korniuschin, 2004; Ciutti & Cappelletti, 2009; Marescaux *et al.*, 2010; Bódís *et al.*, 2011; Pigneur *et al.*, 2011), lo que ha generado una gran confusión en la identificación de los taxones invasores en muchos puntos, con disparidad en los resultados de numerosos estudios, tanto sobre la identidad como el número de taxones invasores.

Recientes estudios sobre las especies del género presentes en el bajo Ebro han puesto de manifiesto que, en algunas localidades donde sólo se había identificado un único taxón, habría numerosas especies crípticas, y que se habrían sucedido fenómenos de invasión

de especies del género de forma continuada y con diferentes orígenes geográficos (Quiñonero Salgado & López Soriano, 2016).

En sintonía con lo descrito para el bajo Ebro, nos propusimos investigar si en los ecosistemas acuáticos del Baix Empordà (provincia de Girona) estaría presente una sola especie del género *Corbicula*, o si por el contrario podría haber algún taxón críptico que hubiese pasado desapercibido en estudios previos. Hasta ahora, sólo *C. fluminea* estaba citada en la zona, conviviendo con otro bivalvo invasor, *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Pou-Rovira *et al.*, 2009). En este artículo, damos a conocer la presencia de una segunda especie, *C. leana*, muy abundante en la zona, y discutimos asimismo los criterios para su identificación.

Materiales y métodos

Se realizaron prospecciones en noviembre y diciembre de 2015 en el curso bajo de los ríos Ter y Daró, y sus canales y acequias adyacentes (Figuras 1 y 2). Se realizaron observaciones sobre material hallado en los márgenes de los ríos, playas fluviales, acequias y canales, y en algunos casos se empleó una draga manual para extraer pequeñas cantidades de sedimento del fondo de ríos, canales y acequias. Se realizaron medidas de longitud y altura de las conchas (con precisión de 0,1 mm), se pesaron las conchas vacías con una balanza de precisión (0,01 g), y se contaron las estrias de la concha bajo un estereomicroscopio. Para cada concha se calcularon los índices anchura/altura, altura/masa y anchura/masa.

La existencia de diferencias significativas entre grupos para las medias de las medidas y de los índices calculados a partir de ellas se testaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) y también se inspeccionaron mediante gráficos de caja. Las relaciones entre pares de variables también se evaluaron mediante gráficos bivariantes alométricos (mediante el uso de logaritmos decimales) y sus correspon-

* Autor corresposnal.

Adreça electrònica: sergioqs85@hotmail.com

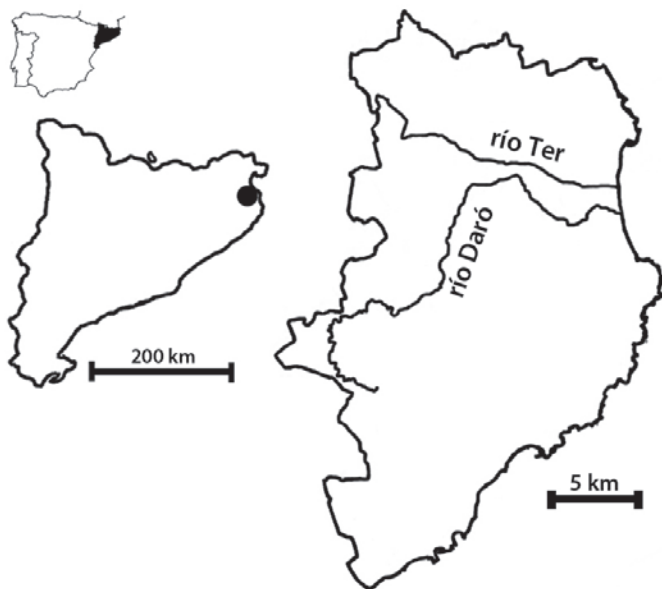


Figura 1. Mapa del Baix Empordà con las localidades prospectadas de los ríos Ter y Daró.

dientes regresiones lineales alométricas (método de los mínimos cuadrados). Las diferencias estadísticas en la pendiente alométrica y el corte con el eje de ordenadas se testaron mediante análisis de la covarianza (ANCOVA). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS v. 17.0.

Los ejemplares estudiados se compararon cualitativamente con los descritos por Prime (1867), Prashad (1924) y He & Zhuang (2013); con el holotipo de *C. leana* (número de catálogo USNM 122429), depositado en el Smithsonian Museum de Philadelphia (EUA); con ejemplares de *C. leana* procedentes de Seosan, Chungnam (Corea del Sur) de la colección particular de Hyun-Tae Kim; y con ejemplares de *C. fluminea* de la zona del bajo Ebro.

Sistemática

Entre el material estudiado, se identificaron dos especies claramente distinguibles, que hemos clasificado como *C. leana* y *C. fluminea*. Ejemplares de ambas especies han sido depositados en el Museu de Ciències Naturals de Barcelona. A continuación se describen sus principales características y se indica cómo diferenciarlas.

Clase BIVALVIA Linnaeus, 1758
 Orden VENEROIDA H. Adams et A. Adams, 1856
 Superfamilia CORBICULOIDEA Gray, 1847
 Familia CORBICULIDAE Gray, 1847
 Género *Corbicula* von Mühlfeld, 1811

***Corbicula leana* Prime, 1867**
 (Figuras 3–5)

Material estudiado. Depositado en las colecciones de los autores y en el Museu de Ciències Naturals de Barcelona (número de catálogo MZB2016-3288).

Descripción. Concha de forma redondeada, más ancha que alta (24–35 mm de ancho por 21–29 mm de alto en los ejemplares adultos), con 25–37 estrías separadas y regulares que se van atenuando hacia el umbo hasta desaparecer. La superficie exterior de la concha es brillante y de coloración variable, presenta tonalidades que van de marrón oscuro a verde oliva o amarillo. El interior de la concha es de color amarillento, en la zona de la línea paleal presenta tonalidades lilas en algunos ejemplares, y en todos los casos los dientes aserrados laterales presentan una coloración lila intensa, mientras que los dientes centrales son de color blanquecino. El umbo es hinchado

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables métricas de *Corbicula fluminea* y *Corbicula leana* del Baix Empordà.

<i>C. fluminea</i>	N	Media	SD	95% CI	Rango
Altura (mm)	40	24,66	3,04	23,72 – 25,60	20,6 – 32,3
Anchura (mm)	40	25,97	3,53	24,88 – 27,07	22,0 – 34,4
Masa (g)	40	4,63	1,54	4,15 – 5,10	3,03 – 8,65
Anchura/altura	40	1,05	0,03	1,04 – 1,06	0,99 – 1,11
Anchura/masa	40	5,95	1,20	5,57 – 6,33	3,92 – 10,13
Altura/masa	40	5,66	1,18	5,29 – 6,04	3,58 – 9,83
Estrías	40	31,8	3,7	30,6 – 32,9	26 – 39
<i>C. leana</i>	N	Media	SD	95% CI	Rango
Altura	40	24,95	2,81	24,08 – 25,82	21,1 – 29,3
Anchura	40	29,16	3,78	28,11 – 30,20	23,8 – 35,2
Masa (g)	40	4,12	1,26	3,73 – 4,51	2,70 – 8,36
Anchura/altura	40	1,17	0,03	1,16 – 1,18	1,11 – 1,23
Anchura/masa	40	7,44	1,28	7,04 – 7,85	4,39 – 10,15
Altura/masa	40	6,38	1,11	6,02 – 6,73	3,88 – 8,39
Estrías	40	31,2	3,2	30,2 – 32,2	25 – 37

Abreviaturas: N, tamaño de la muestra; SD, desviación estándar; CI, intervalo de confianza.

y presenta tonalidades anaranjadas o rojizas, y se curva hacia un lado. Ligamento fuerte. Los ejemplares juveniles son translúcidos en los estados de menor tamaño, y adquieren todos amarillentos-anaranjados a marrón-verde oliva, presentando el interior de la concha en estos estadios tonos violáceos. Los ejemplares recogidos muertos presentan por el contrario una concha marrón muy oscurada, y el interior de la concha es completamente blanquecino, habiendo perdido las características manchas violetas de los dientes laterales (Figura 3D).

Medidas. Véase la Tabla 1.

Distribución. Especie descrita originalmente de Japón, y presente en Corea y Taiwán (Prime, 1867; Köhler, 2011; He & Zhuang, 2013). Existen citas confirmadas en Norteamérica (Siripatrawan *et al.*, 2000; Hedtke *et al.*, 2008) y diversos datos moleculares sugieren que podría estar presente en Francia (Pfenninger *et al.*, 2002; Pigneur *et al.*, 2011).

Hábitat. Se presenta en fondos de grava fina y fango. Se ha encontrado principalmente en acequias de fango y canales de cemento y en el río Daró, formando en todos los casos grandes acumulaciones, de hasta más de 2.000 individuos/m². En el río Ter se han localizado numerosos ejemplares juveniles y algunos pocos adultos, aunque es muy escasa en las acumulaciones de conchas en diversas playas fluviales analizadas, donde sin embargo *C. fluminea* es muy abundante.

Esta especie parece más abundante en zonas donde la corriente es fuerte y rápida, siendo más escasa en número de individuos en zonas de poca corriente. También en zonas de corriente lenta y fango prefiere establecerse en las zonas centrales de los canales, evitando los laterales. Frecuentemente los ejemplares juveniles de esta especie se refugian en el interior de conchas vacías (Figura 5).

Comentarios. Nuestro primer hallazgo corresponde a un ejemplar juvenil en el río Ter en septiembre de 2014. Se ha descrito que tiene una gran capacidad filtradora, pudiendo generar cambios dramáticos en las comunidades de fitoplancton (Hwang *et al.*, 2004). La morfología y otras características de los ejemplares hallados concuerdan perfectamente con las del holotipo y de ejemplares procedentes de su ámbito nativo (Figuras 3 y 4). La única diferencia destacable estriba en que el holotipo (presumiblemente adulto) presenta el interior de color violáceo intenso, cuando los ejemplares del presente estudio pierden esa coloración interna (que es además siempre bastante débil) antes de llegar a adultos, los cuales presentan un color blanquecino. Se desconocen los motivos de tal diferencia entre poblaciones, que podrían tener una base tanto ambiental como genética. Se ha descrito que tanto *C. leana* como *C. fluminea* presentan indistintamente morfotipos con el interior violáceo o blanquecino, coexistiendo aparentemente ambos en las poblaciones nativas (Wang *et al.*, 2014).

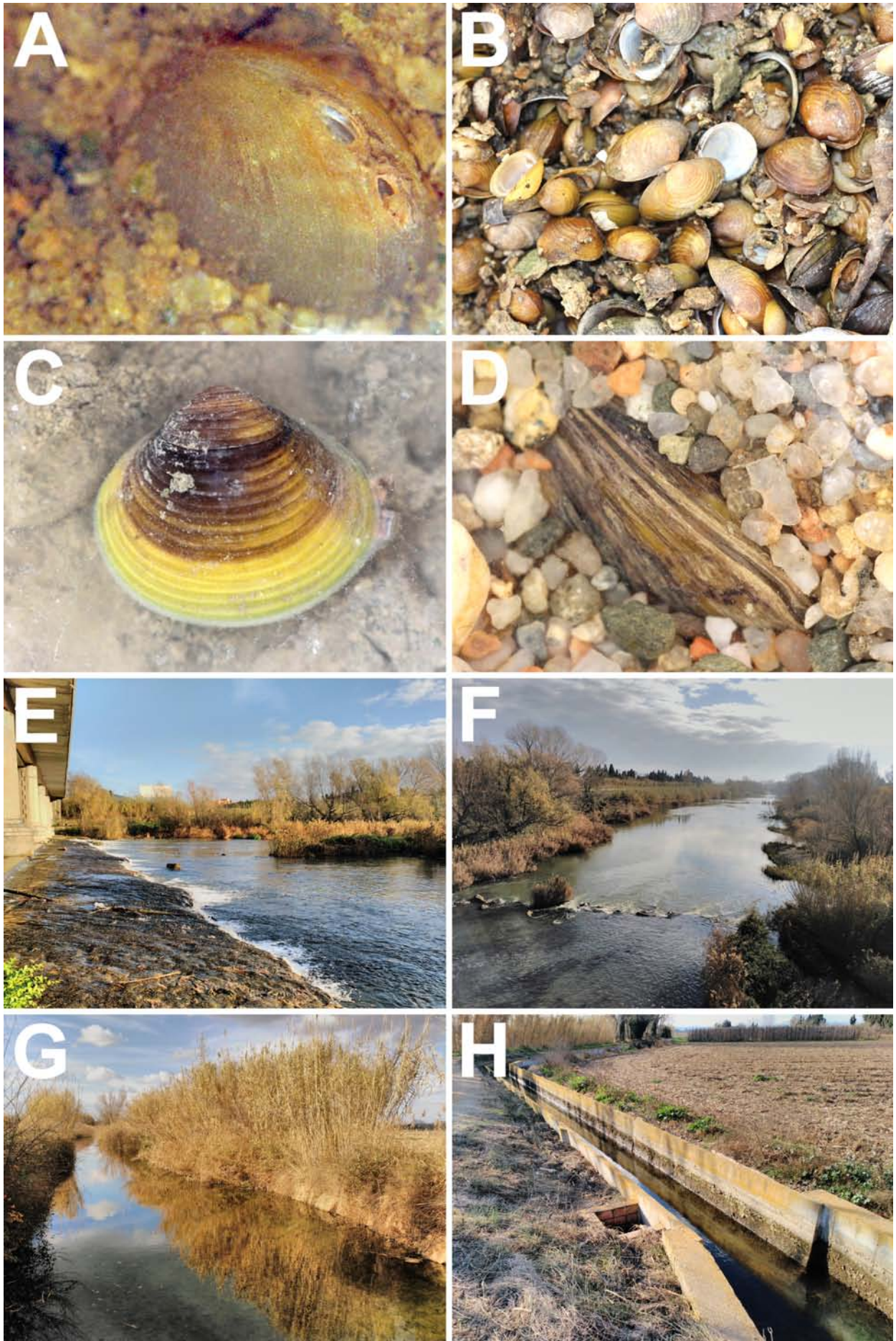


Figura 2. Ejemplares de *Corbicula* en su medio natural (A–D) y detalle de los hábitats estudiados (E–H). **A**, Ejemplar juvenil de *Corbicula leana* procedente de un canal de riego (Gualta). **B**, Acumulación de ejemplares juveniles muertos de *Corbicula* en un canal (Gualta). **C**, Ejemplar de *Corbicula leana* en el río Daró. **D**, *Corbicula fluminea* en el río Ter. **E–F**, Fotografías del río Ter a su paso por Torroella de Montgrí. **G**, Rec del Molí (Gualta). **H**, Canal de riego de cemento (Gualta).

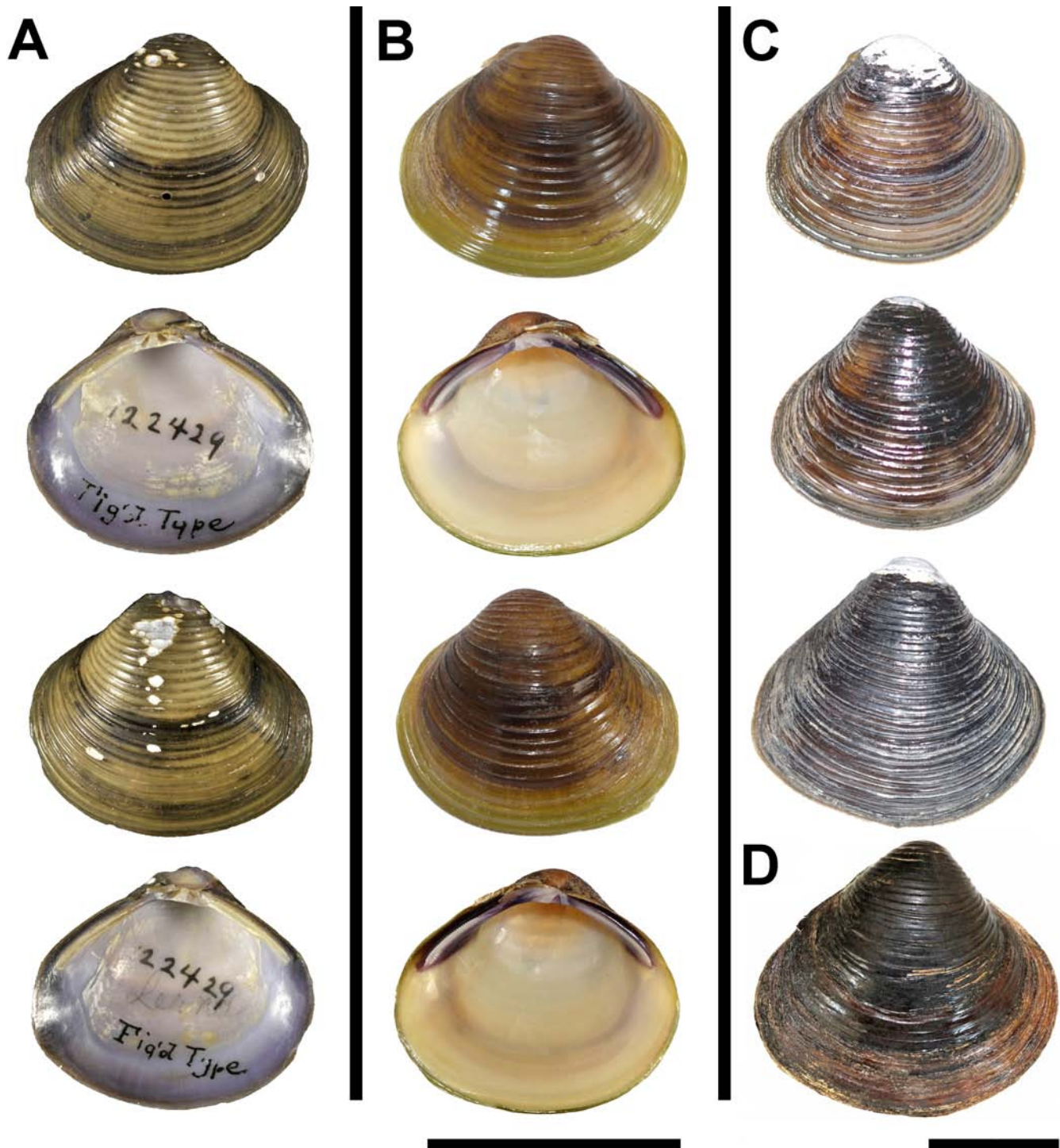


Figura 3. Comparación de ejemplares de *Corbicula leana* de su ámbito nativo con ejemplares del Baix Empordà. **A,** Vistas externas e internas de las dos valvas del holotipo, procedente de Japón (reproducido a partir del Holotype USNM 122429 © Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Department of Invertebrate Zoology; Autor: Mig Dooley Johnson; <http://collections.si.edu/search/results.htm?view=&dsort=&date.slider=&q=corbicula+leana>). **B,** Vistas externas e internas de un ejemplar del río Daró (Gualta). **C,** Vistas externas de tres ejemplares procedentes de Seosan, Chungnam (Corea del Sur; fotografías de Hyun-Tae Kim). **D,** Vista externa de un ejemplar de una canal de riego de Torroella de Montgrí. Escalas: 2 cm.

Corbicula fluminea (O.F. Müller, 1774)
(Figura 6)

Material estudiado. Depositado en las colecciones de los autores y en el Museu de Ciències Naturals de Barcelona (número de catálogo MZB2016-3287).

Descripción. Las características de esta especie se han descrito en detalle en Quiñonero Salgado & López Soriano (2016). Los ejemplares de la zona estudiada presentan una concha de forma redondeada, gruesa y pesada, con tamaños adultos que oscilan entre 21–32

mm de alto y 22–34 mm de ancho, y 26–39 estrías concéntricas regulares muy marcadas y separadas entre sí. La superficie exterior de la concha es brillante, en los adultos generalmente de color marrón oscuro, amarillo o verdoso. El interior de la concha tiene coloración violácea más bien difusa. La charnela presenta dientes fuertes y gruesos. El umbo es elevado, presenta unas estrías fuertes y posee una línea lila muy marcada en el centro en todos los ejemplares juveniles y en numerosos adultos, aunque se desvanece en ejemplares erosionados. El ligamento es fuerte. Los ejemplares juveniles presentan una coloración verdosa, que posteriormente pasa a ser amarillenta. En la mayoría de los casos presentan el interior de la concha de color

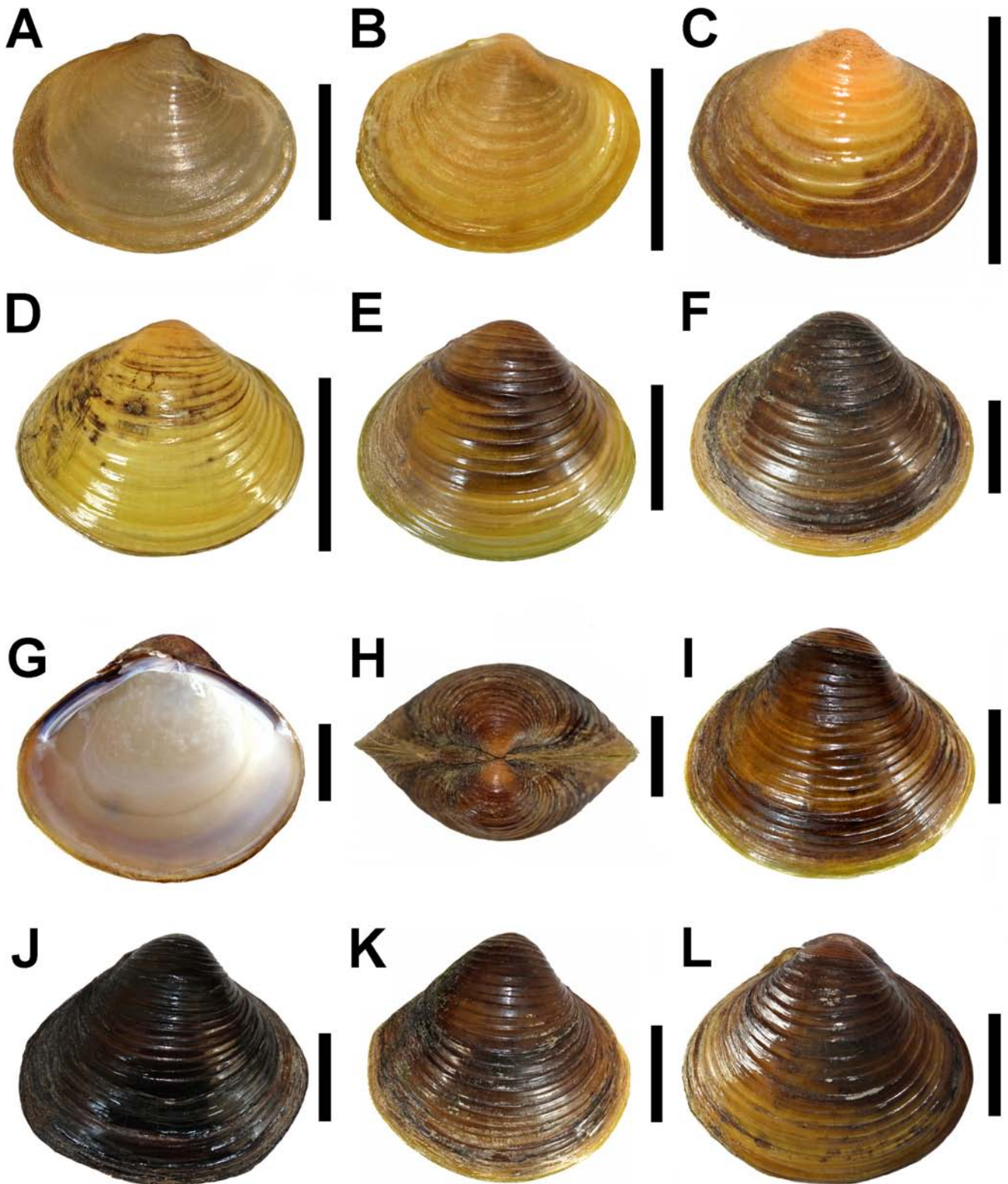


Figura 4. Estadios ontogenéticos de *Corbicula leana*, desde juveniles a adultos. **A–F**, Serie ontogenética. **G**, Interior de una valva. **H**, Vista del umbo. **I–L**, Vista externa de ejemplares adultos. Escalas: 1 cm, excepto A (1 mm) y B (0,5 cm). Ejemplares procedentes del río Daró (Gualta).

violáceo fuerte, el cual se pierde prácticamente en los estados adultos. Presentan además dos marcas laterales oscuras bien marcadas en el exterior de la concha, que van desapareciendo en ejemplares de mayores dimensiones y no son nunca visibles en adultos. La lúnula (depresión exterior de la concha opuesta al ligamento y sólo aparente en vista cenital) es muy evidente en estadios juveniles.

Medidas. Véase la Tabla 1.

Distribución. Especie nativa del sudeste de China, Corea y sudeste de Rusia, y extendida como invasora por toda Europa y América

(Quiñonero Salgado & López Soriano, 2014, 2016). En Cataluña, está presente de forma abundante en la cuenca del Ebro (Quiñonero Salgado & López Soriano, 2014, 2016) y en el Baix Empordà (Pou Rovira *et al.*, 2009).

Hábitat. Se localizó en el río Ter, en fondos de grava fina y fango, correspondiendo los ejemplares de mayor tamaño a zonas de aguas lentas y de fondo fangoso, siendo generalmente más pequeños los ejemplares de zonas de corrientes más rápidas y fondos de grava fina. También está presente pero en menor medida en canales de

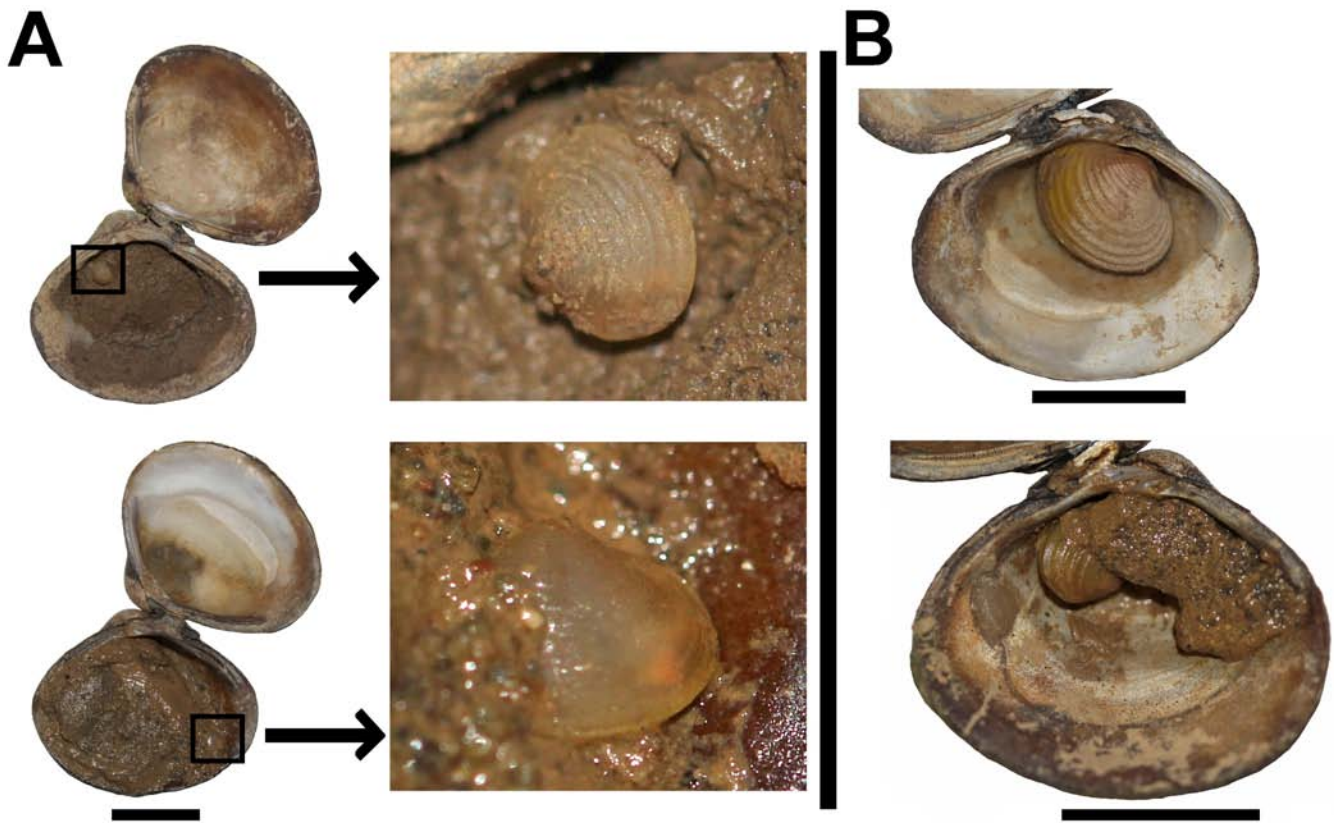


Figura 5. A–B, Ejemplares juveniles de *Corbicula leana* procedentes del río Daró (Gualta), refugiados en conchas vacías. Escalas: 1 cm.

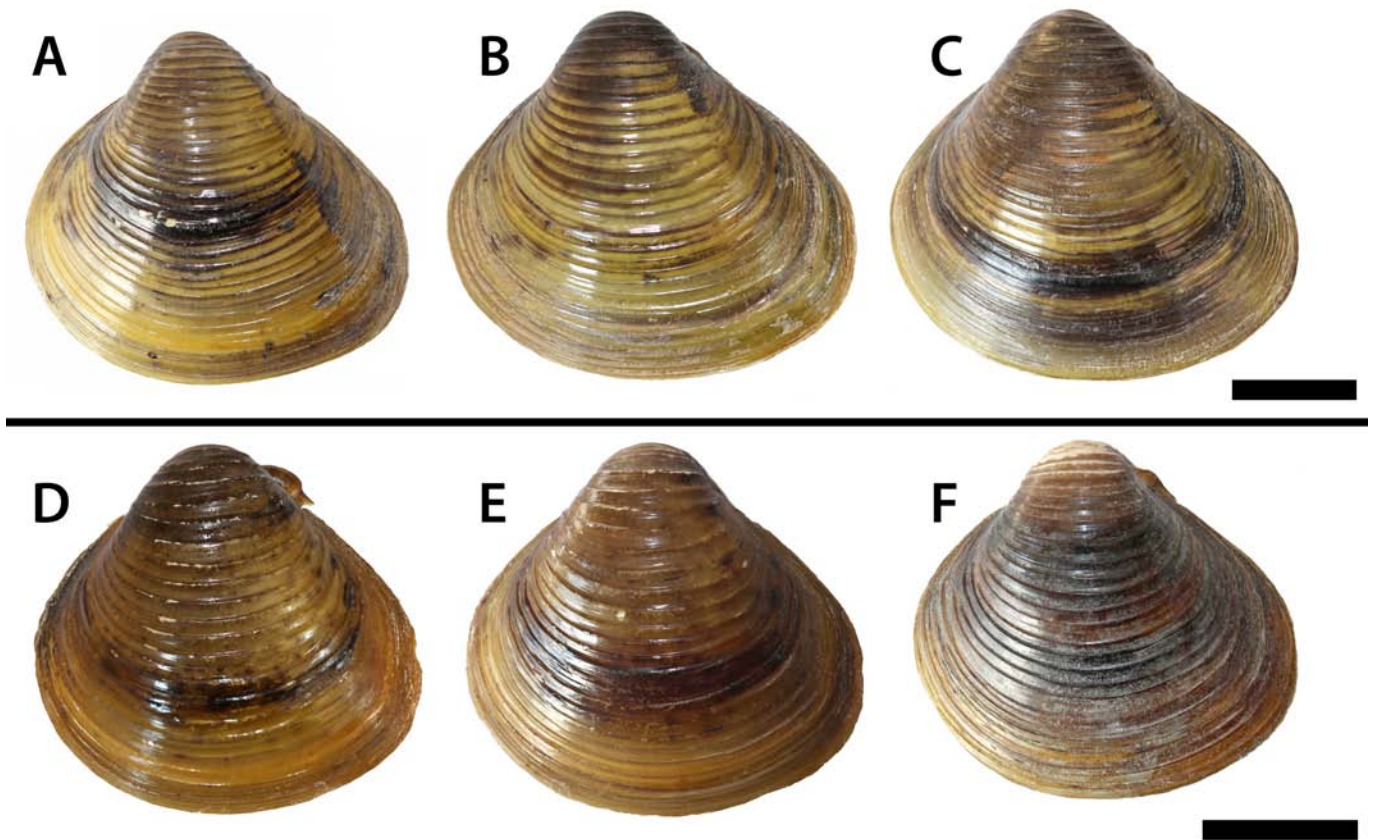


Figura 6. Ejemplares adultos de *C. fluminea* del Baix Empordà y de la cuenca del río Ebro: A–B, D–E, Ejemplares del río Ter; C, Ejemplar de la Illa de Buda (delta del Ebro); F, Ejemplar de río Ebro (Benifallet). Escalas: 1 cm.

cimiento y acequias de desagüe, casi siempre en forma de ejemplares juveniles. Hemos observado que esta especie habita preferentemente en los laterales, evitando zonas centrales, y generalmente prefiere zonas de poca corriente, al contrario que *C. leana*. Es muy abundante en algunas playas fluviales del río Ter, lo que sugiere la presencia de

altas densidades de ejemplares adultos en este río, pero escasa en el Daró y los canales que parten de éste, casi siempre en forma de ejemplares juveniles y apenas algún adulto.

Comentarios. Las características de la concha, el umbo y la charnela de los ejemplares estudiados coinciden con las publicadas pre-

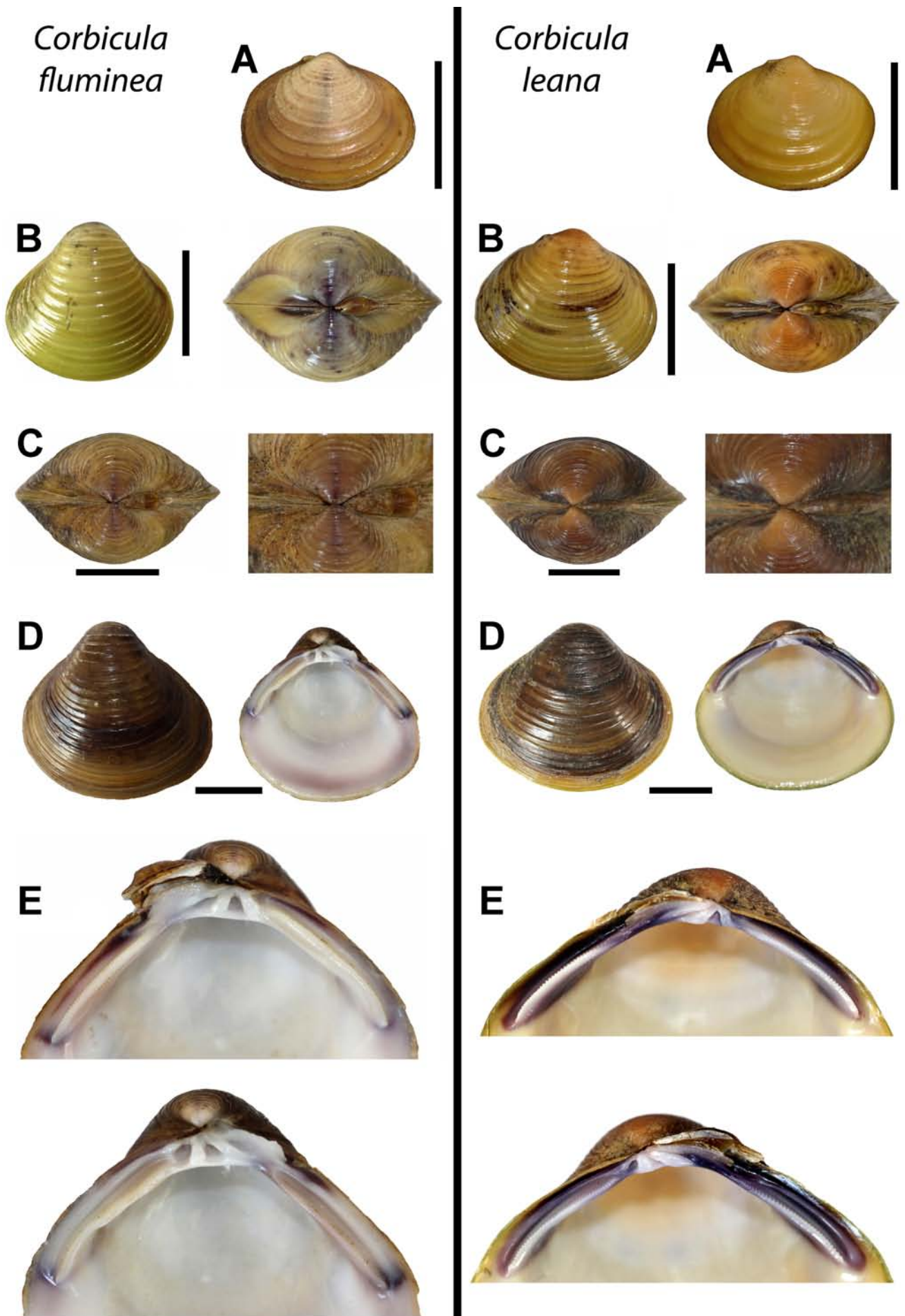


Figura 7. Comparación entre *Corbicula fluminea* (izquierda) y *Corbicula leana* (derecha) del Baix Empordà. A–B, Ejemplares juveniles de varios tamaños y detalle del umbo. C, Ejemplar adulto y detalle del umbo. D, Ejemplar adulto en vista exterior e interior. E, Detalle de las charnelas. Escalas: 0,5 cm (A) y 1 cm (B–D).

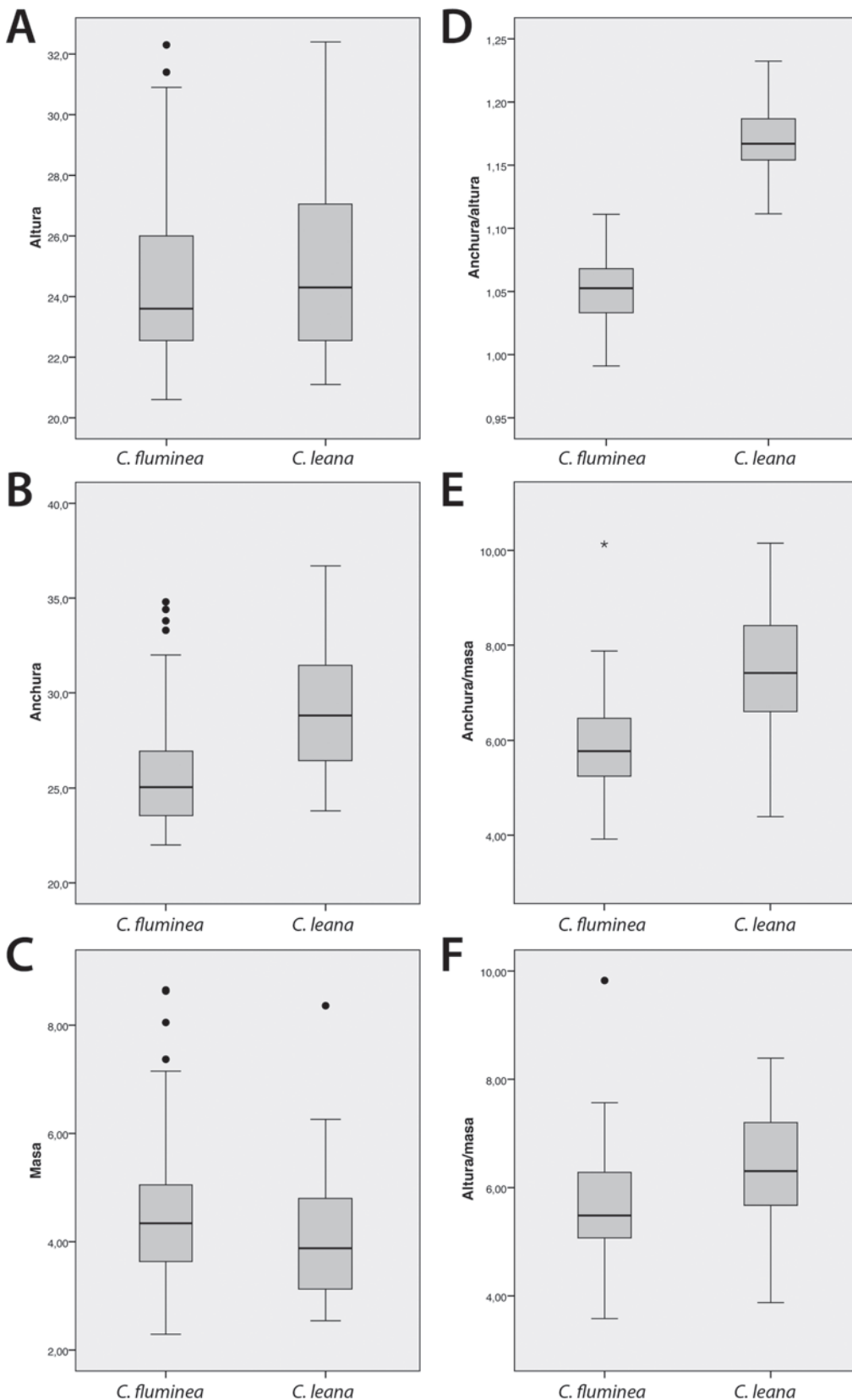


Figura 8. Diagramas de caja de las variables métricas e índices en las muestras de *C. leana* y *C. fluminea* del Baix Empordà (véase la estadística descriptiva en la Tabla 1): **A**, altura máxima de la concha (mm); **B**, anchura máxima de la concha (mm); **C**, masa de la concha vacía (g); **D**, índice anchura/altura; **E**, índice anchura/masa (mm/g); **F**, índice altura/masa (mm/g). Las cajas representan los cuartiles 2° y 3°, la línea central es la mediana, los bigotes representan el rango no atípico, los círculos son valores atípicos (*outliers*), y los asteriscos valores atípicos extremos.

viamente para esta especie (Quiñonero Salgado & López Soriano, 2016). Los ejemplares hallados en la zona de estudio son idénticos a los observados en el bajo Ebro (Figura 6).

Comparativa entre especies

La principal diferencia entre las dos especies identificadas en la zona de estudio sería la forma más asimétrica de la concha de *C. fluminea*, muy evidente en ejemplares adultos, con conchas proporcionalmente más pesadas, mientras que *C. leana* es proporcionalmente

más ancha y ligera. Además, el umbo es más elevado en *C. leana*. Las diferencias más acusadas se dan sin embargo en los ejemplares juveniles, ya que, aunque presentan similar color externo amarillento, los de *C. leana* presentan umbos anaranjados (sin la línea azulada central característica de *C. fluminea*), y el interior de la concha blanquecino con los dientes laterales coloreados de violeta intenso, aspecto que se mantiene en los ejemplares adultos vivos. Los juveniles de *C. fluminea* presentan por otra parte el interior con tonalidades violáceas intensas y unas manchas laterales especialmente visibles desde el exterior de la concha, además de una lúnula más marcada

(Figura 7).

Las comparaciones métricas entre las distintas variables estudiadas indican que la concha de *C. leana* no difiere significativamente de la de *C. fluminea* en número de estrías, masa, ni altura, pero sí en anchura ($p < 0,001$). Tanto la estadística descriptiva (Tabla 1) como los gráficos de caja (Figura 8) permiten observar que hay un amplio solapamiento en el rango de dimensiones de los ejemplares para las tres medidas, pero con notables desigualdades en los cuartiles y medianas en el caso de la anchura. Las diferencias son más acusadas cuando se consideran los índices entre dos variables (para los cuales existen diferencias significativas), particularmente los de anchura/altura y anchura/masa ($p < 0,001$), aunque también el de altura/masa ($p < 0,01$). En resumen, las comparaciones morfométricas evidencian que la concha de *C. leana* es relativamente más ancha y ligera (respecto al tamaño) que la de *C. fluminea*.

Cuando se tienen en cuenta las regresiones alométricas (Figura 9 y Tabla 2), cabe destacar el hecho de que las dimensiones de la concha presentan una relación isométrica en ambas especies (pendiente no significativamente distinta de la unidad), lo cual confirma que el índice de anchura/altura no está distorsionado por el escalado del tamaño. No puede decirse lo mismo de las alometrías de las dimensiones de la concha con respecto a su masa, que presentan una relación alométrica negativa (aunque con pendientes muy parecidos entre ambas especies). Los resultados de la ANCOVA confirman que, para las tres relaciones alométricas analizadas, no existen diferencias significativas en la pendiente alométrica ($p = 0,450$ para anchura vs. longitud; $p = 0,889$ para anchura vs. masa; y $p = 0,514$ para altura vs. masa). La inspección de los gráficos alométricos bivariados (Figura 9) muestra claramente una diferencia de grado alométrico entre ambas especies, con *C. leana* caracterizándose por una mayor anchura con relación a la altura (Figura 9A) y a la masa (Figura 9B), además de una mayor altura con relación a la masa (Figura 9C). Los resultados de la ANCOVA no muestran diferencias significativas de grado alométrico ni en este último caso ($p = 0,479$) ni tampoco en el primero ($p = 0,172$, a pesar de que las relaciones son isométricas y el índice anchura/altura sí mostraba diferencias significativas). En cambio, las diferencias de grado alométrico para la anchura con respecto a la masa sí son significativas, con $p < 0,001$.

Cabe concluir, por lo tanto, que la muestra analizada de *C. leana* no sólo difiere estadísticamente de la de *C. fluminea* por presentar una forma de la concha relativamente más ancha (con respecto a la longitud), sino también relativamente más ancha con respecto a su masa (incluso cuando se toman en cuenta las diferencias de escalado alométrico).

Discusión y conclusiones

En este artículo se da a conocer por primera vez la presencia de *C. leana* en la península Ibérica. La especie parecería estar presente en otros puntos de Europa, a juzgar por los resultados moleculares de algunos autores, así como en Norteamérica, aunque su presencia no se haya citado explícitamente (Siripattrawan *et al.*, 2000; Pfenninger *et al.*, 2002; Hedtke *et al.*, 2008; Pigneur *et al.*, 2011). Es muy abundante en el río Daró y los canales de irrigación que toman las aguas de este río, y más rara en el Ter. Por el contrario, *C. fluminea* parece dominante en el río Ter y algunos canales y desagües que parten de éste, con poblaciones también muy numerosas y ejemplares de gran tamaño, pero en el Daró y sus canales adyacentes se presenta mayoritariamente en forma de ejemplares juveniles, con muy pocos adultos hasta la fecha.

La densidad poblacional diferencial entre las dos especies en los

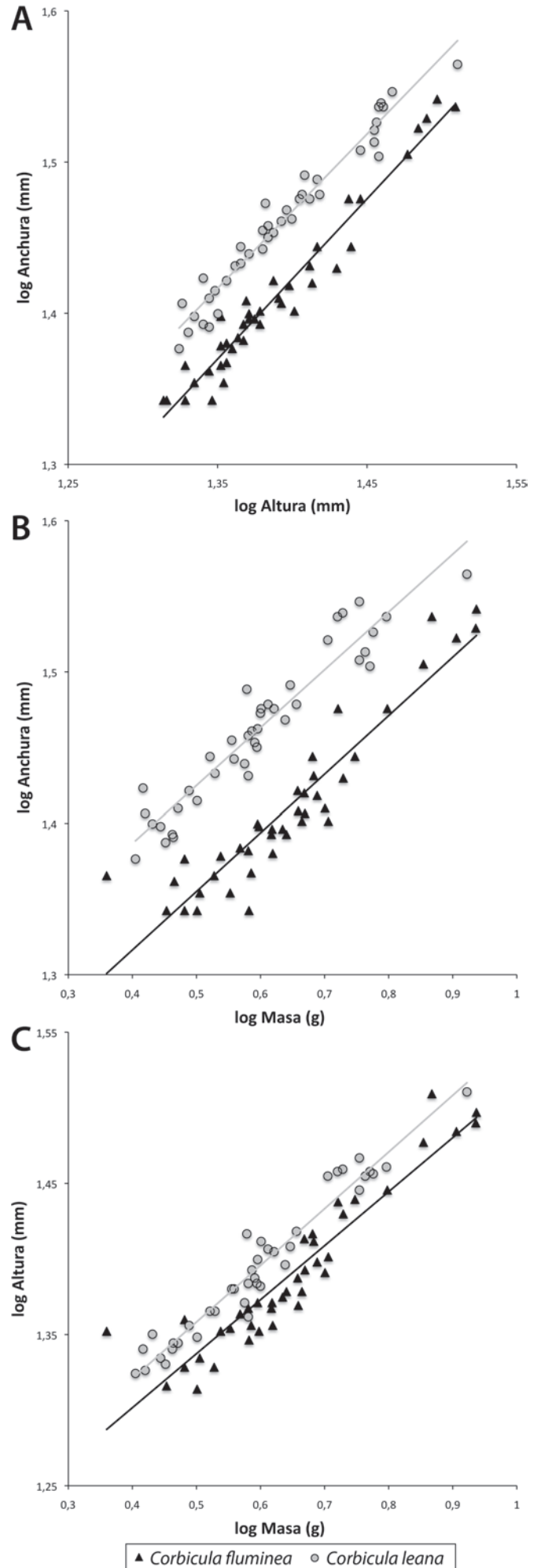


Figura 9. Gráficos alométricos de las dos especies del género *Corbicula* del Baix Empordà: **A**, anchura (mm) vs. altura (mm); **B**, anchura (mm) vs. masa (g); **C**, altura (mm) vs. masa (g). Véanse las regresiones alométricas en la Tabla 2.

Tabla 2. Regresiones alométricas realizadas en este estudio para *Corbicula fluminea* y *Corbicula leana* del Baix Empordà.

Muestra	Y	X	N	r	p	Pendiente	95% CI	Corte	95% CI
<i>Corbicula fluminea</i>	log Anchura (mm)	log Altura (mm)	40	0,976	<0.001	1,060	0,983 – 1,139	-0,061	-0,169 – 0,046
<i>Corbicula leana</i>	log Anchura (mm)	log Altura (mm)	40	0,978	<0.001	1,020	0,049 – 1,092	-0,06	-0,060 – 0,138
<i>Corbicula fluminea</i>	log Anchura (mm)	log Masa (mm)	40	0,953	<0.001	0,034	0,031 – 0,038	1,235	1,235 – 1,127
<i>Corbicula leana</i>	log Anchura (mm)	log Masa (mm)	40	0,922	<0.001	0,036	0,031 – 0,041	1,290	1,290 – 1,334
<i>Corbicula fluminea</i>	log Altura (mm)	log Masa (mm)	40	0,947	<0.001	0,031	0,028 – 0,035	1,227	1,227 – 1,261
<i>Corbicula leana</i>	log Altura (mm)	log Masa (mm)	40	0,957	<0.001	0,036	0,033 – 0,040	1,230	1,230 – 1,261

Abreviaturas: Y, variable dependiente; X, variable independiente; N, tamaño de la muestra; r, coeficiente de correlación; p, significación; CI, intervalo de confianza.

diferentes hábitats sugiere además dos episodios de colonización independientes, con la invasión de *C. fluminea* posiblemente originada en el río Ter (presumiblemente en su tramo más bajo) con anterioridad, y la de *C. leana* en el Daró o alguno de los canales adyacentes de forma posterior, ya que en este río hay muchos ejemplares adultos de esta especie y en el Ter son todavía minoritarios. La presencia de ejemplares de *C. fluminea* en ausencia de *C. leana* en algunas acequias de desagüe al sur del río Daró (por tanto, muy cercanas a los puntos de máxima densidad de *C. leana*) parecen confirmar la presencia previa de *C. fluminea* en toda la zona, así como un progresivo reemplazo entre especies. Además, las acumulaciones en playas fluviales sugieren que *C. leana* es poco abundante en puntos más altos del río Ter, ya que el río apenas arrastra algunas conchas de esta especie. Sin embargo, serían necesarios muestreos más amplios y en numerosos puntos para contrastar adecuadamente esta hipótesis.

Al igual que para las poblaciones del bajo Ebro, la coexistencia de estas dos especies, con densidades poblacionales muy diferentes según los hábitats, con especímenes juveniles claramente diferenciables, y la ausencia total de híbridos tras el análisis morfológico de miles de ejemplares, confirmarían que se trata de dos especies diferentes, y no de morfotipos de una misma especie. En nuestro estudio mostramos las diferencias conculiológicas entre las dos especies halladas, que se refuerzan con las diferencias observadas entre los ejemplares juveniles de cada una (Figura 7), un aspecto ignorado en la mayoría de los estudios del género, pero que parece mostrar una excelente fiabilidad en diferentes especies (Quiñonero Salgado & López Soriano, 2016). El hecho de encontrar juveniles y adultos de *C. fluminea* idénticos a los del bajo Ebro, en ausencia de todas las otras especies allí reseñadas, y con la presencia en el Baix Empordà de un nuevo taxón diferenciable, y nuevamente en ausencia de ejemplares híbridos o intermedios, refuerza la idea de que se trata realmente de especies distintas, y no de morfotipos de una misma especie, ya que no parece posible la aparición de nuevos morfotipos tan dispares entre localidades, en ausencia de los otros ya presentes en las diferentes poblaciones.

Nuestros datos, sumados a los ya publicados para el bajo Ebro (Quiñonero Salgado & López Soriano, 2016) evidencian la necesidad de un buen registro ilustrado de las especies de *Corbicula* halladas como invasoras, aspecto que desafortunadamente no suele reportarse en la mayoría de publicaciones, que obvian la ilustración de los ejemplares estudiados. Igualmente, el depósito de ejemplares en museos se postula como una necesidad imperiosa para este género, dada la dificultad de su clasificación, y la maraña de taxones analizados molecularmente sin una rigurosa identificación previa, que deberían ser reevaluados para una correcta interpretación. Así, los análisis moleculares muestran a *C. fluminea* como una taxón no monofilético (Glaubrecht et al., 2003; Graf, 2013), sugiriendo errores en la identificación taxonómica de numerosas poblaciones analizadas molecularmente, y la presencia de numerosas especies crípticas que hasta ahora habían pasado desapercibidas y se habían venido clasificando de forma sistemática como *C. fluminea* sin un análisis crítico previo (descripción detallada de la concha, estudio de estadios juveniles, comparación con los holotipos u otros ejemplares de museos de varias especies, etc.), y entre los que estaría muy probablemente *C. leana*. Parte de toda esta confusión se debería a que Morton

(1986) propuso un modelo de una sola especie para los miembros de agua dulce de este género. Esta taxonomía, adoptada en el pasado por numerosos autores en las poblaciones invasoras (Araujo et al., 1993; Bódís et al., 2011), se ha visto superada por las evidencias moleculares y biológicas, que muestran una gran heterogeneidad de los taxones invasores (Siripattawan et al., 2000; Glaubrecht et al., 2003; Graf, 2013), o incluso la presencia de híbridos estériles entre especies morfológicamente similares en Europa, lo que descartaría que se tratase de morfotipos de una misma especie (Pfenninger et al., 2002). Sin embargo, a pesar de los numerosos estudios realizados hasta la fecha, no existen todavía buenos marcadores moleculares ni criterios morfoanatómicos sólidos para identificar las especies del género. Posiblemente ello es debido a las complejas estrategias reproductoras que poseen, incluyendo la reproducción clonal androgenética y los diferentes estados de ploidía de algunas poblaciones, que se suman a una gran plasticidad morfológica intraespecífica (Lee et al., 2005; Graf, 2013) y a la falta de rigor taxonómico en muchos trabajos a la hora de describir e identificar las especies analizadas.

Corbicula leana sería la séptima especie invasora de *Corbicula* identificada en Cataluña, y su presencia en los ríos Daró y Ter representaría la segunda cuenca fluvial peninsular donde convive más de una especie del género. Nuestros resultados, por tanto, sugieren que es necesaria una urgente reevaluación de los taxones invasores del género *Corbicula* en la gran mayoría de localidades invadidas, ya que pueden ocultar especies crípticas e incluso especies nunca antes descritas como invasoras, dada la gran diversidad taxonómica del género. La distinción e identificación de especies y morfotipos dentro del género *Corbicula* sigue resultando complicada y no exenta de posibles errores, mientras no se disponga de herramientas más fiables para su determinación, y no se revisen a fondo todas las especies invasoras con criterios morfológicos, moleculares y de su biología. Nuestro estudio, sin embargo, confirma la importancia de los ejemplares juveniles como una herramienta útil para identificar diferentes especies, como ya se demostró en el bajo Ebro (Quiñonero Salgado & López Soriano, 2016). Además, indica que hay variaciones importantes entre ejemplares juveniles y adultos, e incluso entre ejemplares frescos y recogidos muertos de una misma especie, por lo que las descripciones de especies de este género deberían limitarse, en la medida de lo posible, a ejemplares vivos o en perfecto estado, y comprender todos los estadios de desarrollo posibles para poder garantizar adecuadas identificaciones. Por tanto, la asignación de otras poblaciones a *C. fluminea* en numerosos trabajos previos, que no han considerado la mayoría de estos aspectos, nos parece cuanto menos cuestionable y debería ser revisada.

La zona de estudio ha sido catalogada como una de las principales vías de entrada de especies invasoras de la Península, particularmente de especies acuáticas como peces, con una diseminación secundaria a otras zonas por acción antrópica (Pou Rovira et al., 2009). Por tanto, es probable que sigan entrando nuevas especies alóctonas por estos sistemas acuáticos, que deben ser permanentemente monitorizados para poder establecer adecuadamente sus orígenes de invasión o detectar invasiones en sus fases más precoces para, si procede, poner en marcha políticas de gestión adecuadas. En este sentido, los miembros del "Grup de Malacofauna Invasora de Catalunya" de la ACM están trabajando activamente en la catalogación de las especies presentes en los diferentes ecosistemas acuáticos de

la zona.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Arnau Llos, por las citas proporcionadas de puntos de prospección con presencia de *Corbicula*, que han facilitado enormemente nuestros muestreos; a Hyun-Tae Kim, por las fotografías de ejemplares de Corea; y a Marco Pla, por sus muestreos del río Ter. También a Jordi Cadevall y un revisor anónimo por los cambios sugeridos para la mejora del manuscrito, y especialmente a David M. Alba por su revisión crítica y su inestimable ayuda con las herramientas estadísticas. Este artículo ha sido realizado por miembros del “Grup de Malacofauna Invasora de Catalunya”, en el marco del proyecto MINVACAT de la ACM.

Bibliografía

- Araujo, R., Moreno, D. & Ramos, R.A. (1993). The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *Am. Malacol. Bull.* 10, 39–49.
- Bódis, E., Nosek, J., Oertel, N., Tóth, B. & Fehér, Z. (2011). A comparative study of two *Corbicula* morphs (Bivalvia, Corbiculidae) inhabiting River Danube. *Int. Rev. Hydrobiol.* 96, 257–273.
- Ciutti, F. & Cappelletti, C. (2009). First record of *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774) in Lake Garda (Italy), living in sympatry with *Corbicula fluminea* (Müller, 1774). *J. Limnol.* 68, 162–165.
- Csányi, B. (1999). Spreading invaders along the Danubian highway: first record of *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) and *C. fluminalis* (O.F. Müller, 1774) in Hungary (Mollusca: Bivalvia). *Fol. Hist. Nat. Mus. Matr.* 23, 343–345.
- Glaubrecht, M., von Rintelen, T. & Korniusshin, A.V. (2003). Toward a systematic revision of brooding freshwater Corbiculidae in south-east Asia (Bivalvia, Veneroida): on shell morphology, anatomy and molecular phylogenetics of endemic taxa from islands in Indonesia. *Malacol.* 45, 1–40.
- Graf, D.L. (2013). Patterns of freshwater bivalve global diversity and the state of phylogenetic studies on the Unionoida, Sphaeriidae, and Cyrenidae. *Am. Malacol. Bull.* 31, 135–153.
- He, J. & Zhuang, Z. (2013). *The freshwater bivalves of China*. Conchbooks, Hackenheim.
- Hedtke, S.M., Stanger-Hall, K., Baker, R.J. & Hillis, D.M. (2008). All-male sexuality: origin and maintenance of androgenesis in the Asian clam *Corbicula*. *Evolution* 62, 1119–1136.
- Hwang, S., Kim H., Shin J., Oh J. & Kong, D. (2004). Grazing effects of a freshwater bivalve (*Corbicula leana* Prime) and large zooplankton on phytoplankton communities in two Korean lakes. *Hydrobiol.* 515, 161–179.
- Köhler, F. 2011. *Corbicula leana*. In: *The IUCN Red List of Threatened Species 2011*, e.T189564A8748990. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T189564A8748990.en>
- Lee, T., Siripattawan, S., Ituarte, C.F. & Ó Foighil, D. (2005). Invasion of the clonal clams: *Corbicula* lineages in the New World. *Am. Malacol.* 20, 113–122.
- Lucy, F.E., Karatayev, A.Y. & Burlakova, L.E. (2012). Predictions for the spread, population density, and impacts of *Corbicula fluminea* in Ireland. *Aq. Inv.* 7, 465–474.
- Marescaux, J., Pigneur, L.M. & van Dononck, K. (2010). New records of *Corbicula* in French rivers. *Aq. Inv.* 5, S35–S38.
- McMahon, R.F. (1982). The occurrence and spread of the introduced Asiatic freshwater clam, *Corbicula fluminea* (Müller) in North America: 1924–1982. *Nautilus*, 96, 134–141.
- Morton, B. (1986). *Corbicula* in Asia – an updated synthesis. *Am. Malacol. Bull.* 2, 113–124.
- Pfenninger, M., Reinhardt, F. & Streit, B. (2002). Evidence for cryptic hybridization between different evolutionary lineages of the invasive clam genus *Corbicula* (Veneroida, Bivalvia). *J. Evol. Biol.* 15, 818–829.
- Pigneur, L.M., Marescaux, J., Roland, K., Etoundi, E., Descy, J.P. & Van Doninck, K. (2011). Phylogeny and androgenesis in the invasive *Corbicula* clams (Bivalvia, Corbiculidae) in Western Europe. *BMC Evol. Biol.* 11, 147.
- 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.
- Prashad, B. (1924). Zoological results of a tour in the Far East. Revision of the Japanese species of the genus *Corbicula*. *Mem. Asiat. Soc. Bengal.* 6, 522–529.
- Prime, T. (1867). Notes on species of the family Corbiculidae, with figures. *Ann. Lyc. Nat. Hist. New York* 8: 57–92.
- Quiñonero Salgado, S. & López Soriano, J. (2014). Presencia de *Corbicula fluminalis* (O.F. Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) en el bajo Ebro (Catalunya). *Spira* 5, 139–141.
- Quiñonero Salgado, S. & López Soriano, J. (2016). El género *Corbicula* Mühlfeld, 1811 (Corbiculidae: Bivalvia) en el bajo Ebro (NE de la península Ibérica). *Nemus* 6, 9–34.
- Renard, E., Bachman, V., Cariou, M.L. & Moreteau, J.C. (2000). Morphological and molecular differentiation of the invasive freshwater species of the genus *Corbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) suggest the presence of three taxa in French rivers. *Mol. Ecol.* 9, 2009–2016.
- Siripattawan, S., Park, J.K. & Ó Foighil, D. (2000). Two lineages of the introduced Asian freshwater clam *Corbicula* occur in North America. *J. Moll. Stud.* 66, 423–429.
- Wang, G.-P., Zhang, T., Zhang, J., Li, D.-L. & Xiao, T.-Y. (2014). Morphological and molecular differentiation of genus *Corbicula* suggests that two species are sympatrically distributed in Datong Lake in the Central Yangtze River Basin. *Zool. Stud.* 53, 64.