



## Descripción de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. (Bivalvia: Gastrochaenidae), un nuevo molusco endobéntico del Mioceno superior de Menorca (Islas Baleares, Mediterráneo occidental)

Josep Quintana Cardona<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, Carrer de les Columnes s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona, Spain; <sup>2</sup>Gustau Mas 79, 1er, 07760 Ciutadella de Menorca, Illes Balears, Spain.

Rebut el 30 de gener de 2015

Acceptat el 10 d'octubre de 2015

### Paraules clau:

Messinià  
Embolcall calcari  
Organisme pioner i oportunista  
Colonització d'hàbitats marins  
Substrat no endurit

### Keywords:

Messinian  
Calcareous tube  
Pioneer and opportunistic organism  
Colonization of marine habitats  
Non-hardened substratum

### RESUM

**Descripció de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. (Bivalvia: Gastrochaenidae), un nou mol·lusc endobèntic del Miocè superior de Menorca (Illes Balears, Mediterrània occidental).**—Es descriu un nou gènere de bivalve gastroquènid, de mida relativament gran, a partir principalment de la morfologia del seu embolcall calcari, caracteritzat, en l'extrem proximal, per la presència de dos lòbuls ben diferenciats en el marge ventral. Aquesta característica permet diferenciar el nou gènere de la resta de gastroquènids. La reconstrucció de les valves és només hipotètica, ja que, en la majoria dels exemplars, la conquilla està oculta per l'embolcall calcari o ha desaparegut quasi completament (en alguns casos, només es conserva part de l'umbe). Això sembla indicar que les dues valves eren molt fines i fràgils. Fins ara, *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. només ha estat trobada en la superfície que separa la base d'una capa de calcarenites amb abundants bioclastos i macrofòssils, del sostre d'una altra capa de calcarenites amb abundants còdols, aparentment sense macrofòssils. En el límit definit per aquestes dues unitats sedimentàries, s'hi troben molts d'individus de *L. bilobulata* gen. et sp. nov., la majoria juvenils i en posició de vida. Això sembla indicar que aquest bivalve va ser un dels primers organismes en colonitzar aquest hàbitat, una vegada van desaparèixer les condicions, aparentment adverses, a l'hora de depositar-se els sediments calcarenítics amb còdols. Es considera que *L. bilobulata* gen. et sp. nov. és un bivalve endobèntic que vivia parcialment tapat dins del substrat, en sediments no endureïts, tal com semblen indicar els esquelets d'alguns organismes epibionts (cirrípedes i briozous), i els còdols dolomítics i els fragments de closques incorporats en l'embolcall calcari.

### ABSTRACT

**Description of *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. (Bivalvia: Gastrochaenidae), a new endobenthic mollusc from the late Miocene of Minorca (Balearic Islands, Western Mediterranean).**—A new, relatively large, gastrochaenid bivalve genus is described mostly on the basis of its calcareous tube morphology, which is characterized, at the proximal end, by the presence of two distinct lobes in the ventral margin. This feature enables the separation of the new genus from other gastrochaenids. The reconstruction of the valves is merely hypothetical, since in most specimens the shell is either hidden by the calcareous tube or has almost disappeared (in some cases, only part of the umbo is preserved). This suggests that the two valves are thin and fragile. To date, *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. has been found only on the surface separating the bottom of a calcarenitic layer with abundant bioclasts and macrofossils, from the top of another calcarenitic layer with abundant pebbles, apparently with no macrofossils. At the boundary between these two sedimentary units, *L. bilobulata* gen. et sp. nov. is represented by numerous individuals, mostly juveniles in their life positions. This suggests that this bivalve was one of the first organisms to colonize this habitat, once the seemingly adverse conditions that existed when the calcarenitic sediments with abundant pebbles were deposited. *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. is considered to be an endobenthic bivalve that lived partially covered by substratum, inside of non-hardened sediments, as indicated by the skeletons of some epibiont organisms (cirripedes and bryozoans), as well as the dolomitic pebbles and shell fragments embedded in the calcareous tube.

© Associació Catalana de Malacologia (2015)

### Introducción

Los gastrocaénidos son un grupo actual de bivalvos endobénticos que se encuentran distribuidos por los mares tropicales, subtropicales y cálidos de todo el planeta. Los primeros representantes de este grupo se encuentran en el Triásico o Jurásico inferior, y su origen se relaciona con la expansión de los moluscos perforadores como respuesta adaptativa a la proliferación de los corales escleractínidos a principios de la era Mesozoica. Un segundo episodio de radiación evolutiva tuvo lugar entre el Cretácico y el Terciario (Carter, 1978).

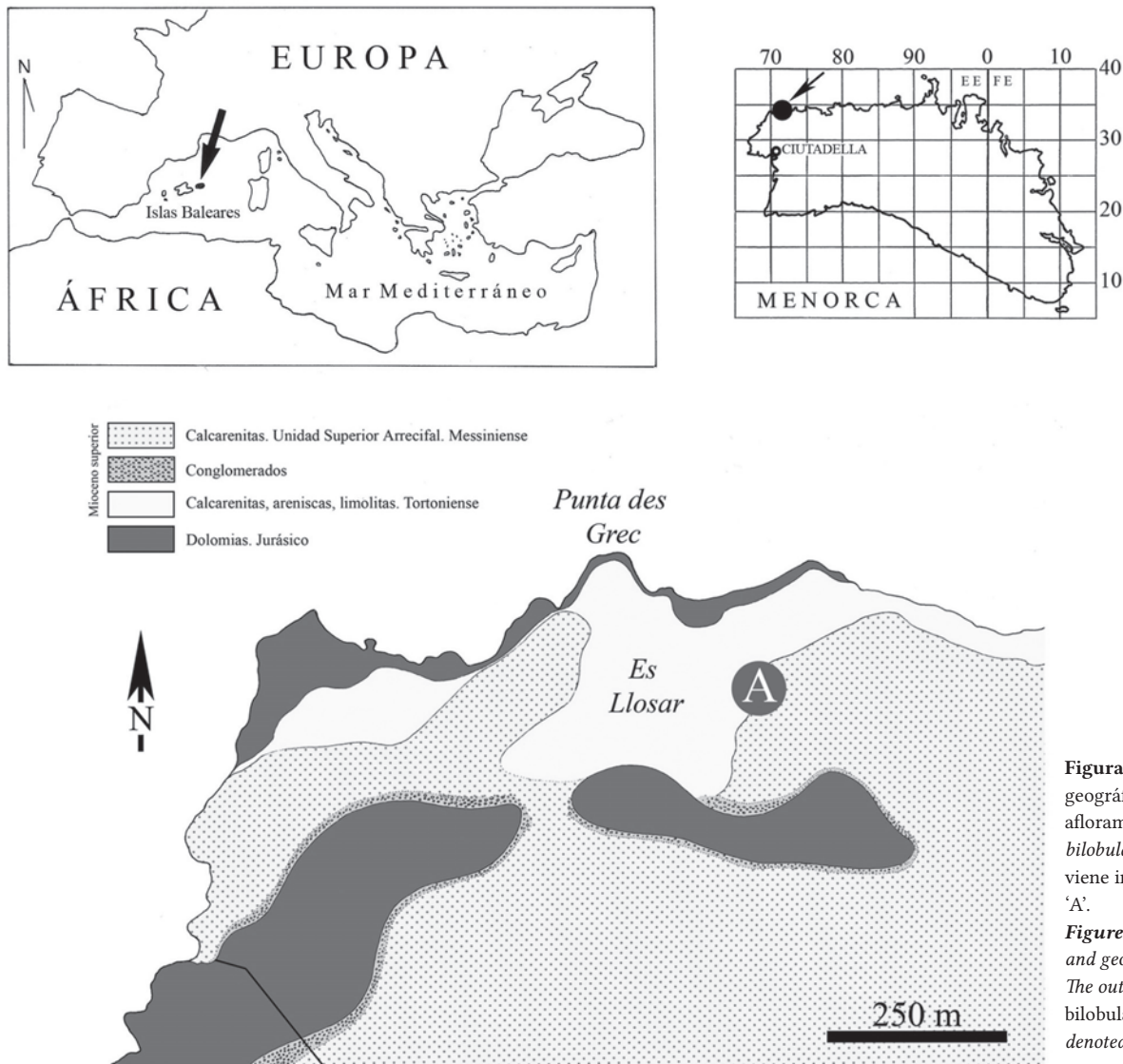
Desde un punto de vista taxonómico, los gastrocaénidos son un grupo poco diversificado (Carter, 1978; Morton *et al.*, 2011; Poppe & Goto, 1993; Valentich-Scott & Dinesen, 2004; Valentich-Scott &

Tongkerd, 2008), cuyas especies se incluyen en los géneros siguientes (Carter, 1978; Morton *et al.*, 2011): *Gastrochaena* Spengler, 1783 (subgéneros *Gastrochaena* s.s. Spengler, 1783, *Rocellaria* de Blainville, 1828 y *Cucurbitula* Gould, 1861; Triásico/Jurásico inferior-actualidad); *Spengleria* Tryon, 1862 (Jurásico medio-actualidad); *Eufistulana* Eames, 1951 (Cretácico superior-actualidad); y *Kummelia* Stephenson, 1937 (Cretácico-Eoceno). De todos estos géneros, sólo *Eufistulana* y *Kummelia* se adaptaron para vivir, exclusivamente, en substratos no endurecidos mediante la secreción de envolturas mineralizadas, que cubren las valvas y las partes blandas del organismo (Carter, 1978).

En relación a los bivalvos del Mioceno de la isla de Menorca, puede decirse que existe, por razones principalmente diagénéticas, un registro paleontológico sesgado, claramente a favor de los pectínidos (Quintana, 2004). Hasta la fecha, en Menorca no se ha descrito la presencia de gastrocaénidos fósiles, aunque sí de perforaciones

\* Autor corresposal.

Adreça electrònica: picoguevo@hotmail.com



**Figura 1.** Situación geográfica y geológica. El afloramiento con *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. viene indicado con la letra 'A'.

**Figure 1.** Geographic and geological setting. The outcrop with *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. is denoted by the letter 'A'.

que podrían haber sido producidas por estos bivalvos, en el Mioceno superior sobre sustrato Jurásico (Johnson *et al.*, 2011). Tales perforaciones se han atribuido por Johnson *et al.* (2011) a varias icnoespecies del género *Gastrochaenolites* Leymerie, 1842. Este icnogénero se aplica a perforaciones sobre sustrato duro, cuyos productores corresponden a bivalvos que, sin embargo, no están restringidos a la familia Gastrochaenidae (Kelley & Bromley, 1984). En cambio, el nuevo taxón erigido en este artículo corresponde a un bivalvo perforador de sustratos blandos, inequívocamente atribuible a un gastrocaénido, y descrito a partir del envoltorio calcáreo secretado por el animal. Es decir, se describen fósiles de partes del animal (incluyendo no sólo el envoltorio, sino restos de la concha y su molde interno), en lugar de icnofósiles (como sería el caso de las perforaciones correspondientes a *Gastrochaenolites*). Por todo ello, se considera pertinente emplear una aproximación sistemática convencional, en lugar de parataxonómica. Desde un punto de vista diagenético, el yacimiento estudiado (situado en la Punta des Llosar) muestra unas características muy especiales, dado que, en muchos casos, las conchas originales fueron substituidas por unas copias naturales de fango micrítico (Quintana, 2004), lo cual ha permitido el estudio y la descripción del nuevo taxón.

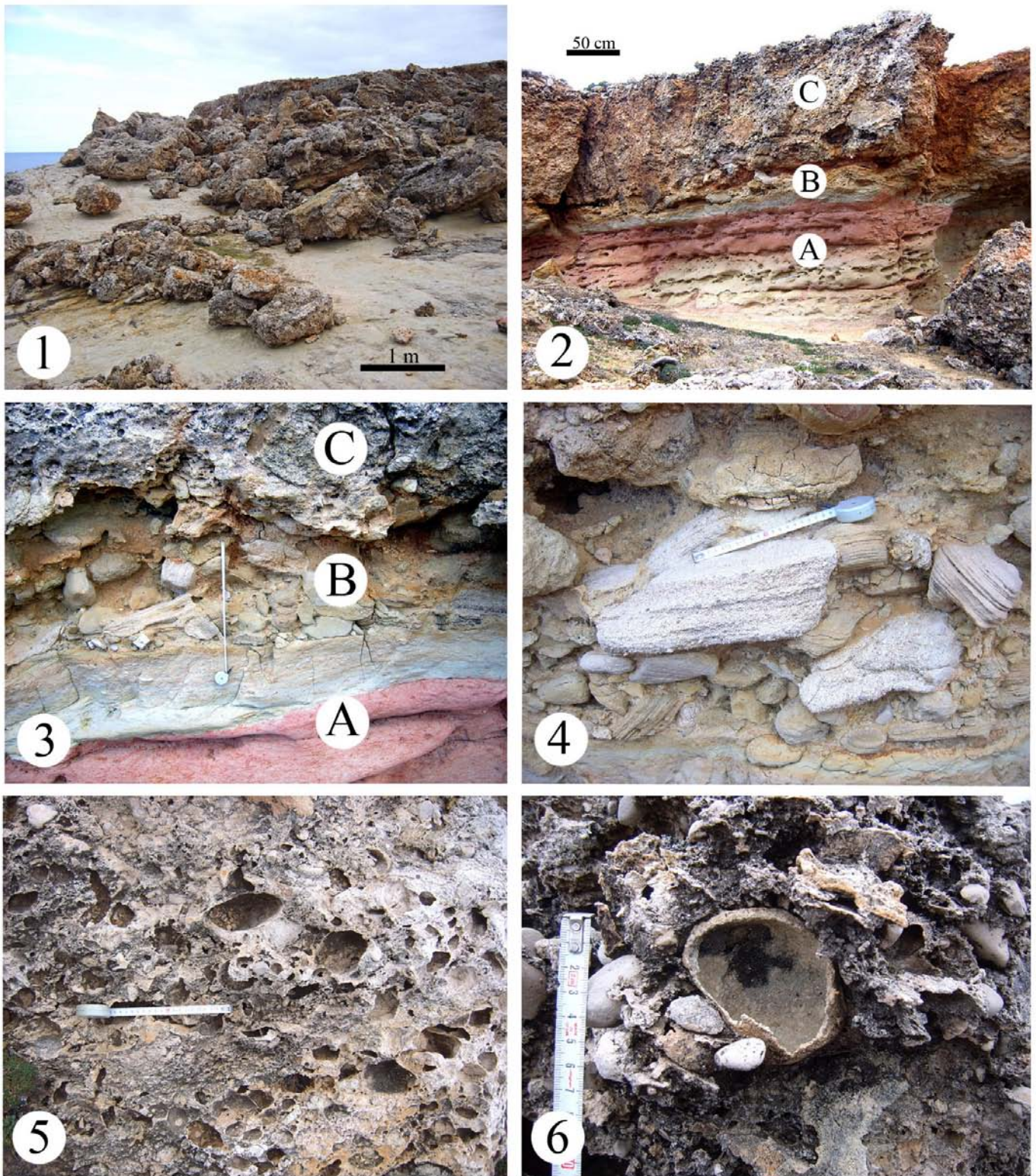
### Contexto geográfico y geológico

El afloramiento en el que se han localizado los ejemplares de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. se localiza al norte del término municipal de Ciutadella de Menorca, en las proximidades de la zona denominada Punta des Llosar (Figura 1).

### Geología

En la zona comprendida entre el Codolar de Torre Nova y s'Enclsetxa de s'Ull des Sol, donde se sitúa la Punta des Llosar, los sedimentos miocénicos están depositados sobre el basamento dolomítico de edad jurásica. Debido a la erosión diferencial de los diferentes sedimentos miocénicos que forman el afloramiento y a la morfología acantilada del mismo, parte de estos (los situados en la zona superior de la serie estudiada, más resistentes) se disponen caóticamente en forma de grandes bloques sobre los sedimentos más antiguos (Figura 2.1). La potencia de las diferentes unidades sedimentarias que forman el afloramiento estudiado aumenta rápidamente en dirección al Este. La espectacularidad de este afloramiento condujo a los autores de la cartografía del plan Magna (Rosell *et al.*, 1989) a proponer este punto como LIG (Lugar de Interés Geológico) con el código 618003. Dentro del Mioceno de esta zona, pueden distinguirse las unidades sedimentarias relacionadas a continuación.

**Unidad 1.** En la parte inferior de esta serie se localizan unas calcarenitas de grano fino o medio (Rosell *et al.*, 1989), de color amarillento y de aspecto masivo, en las que aparecen, aislados, cantos dolomíticos jurásicos (de orden centimétrico o decimétrico) generalmente muy perforados por organismos marinos. También aparecen trazas de restos limonitizados (posiblemente restos vegetales mal conservados). En la parte media destacan unas intercalaciones decimétricas de arenas más gruesas, de naturaleza dolomítica y de color gris, alternadas con capas poco potentes de calcarenitas de colores más claros. Estas arenas muestran trazas de bioturbación. En conjunto estas capas no se sitúan horizontalmente, sino bastante inclinadas en dirección noroeste. En un punto de este afloramiento (relativamente



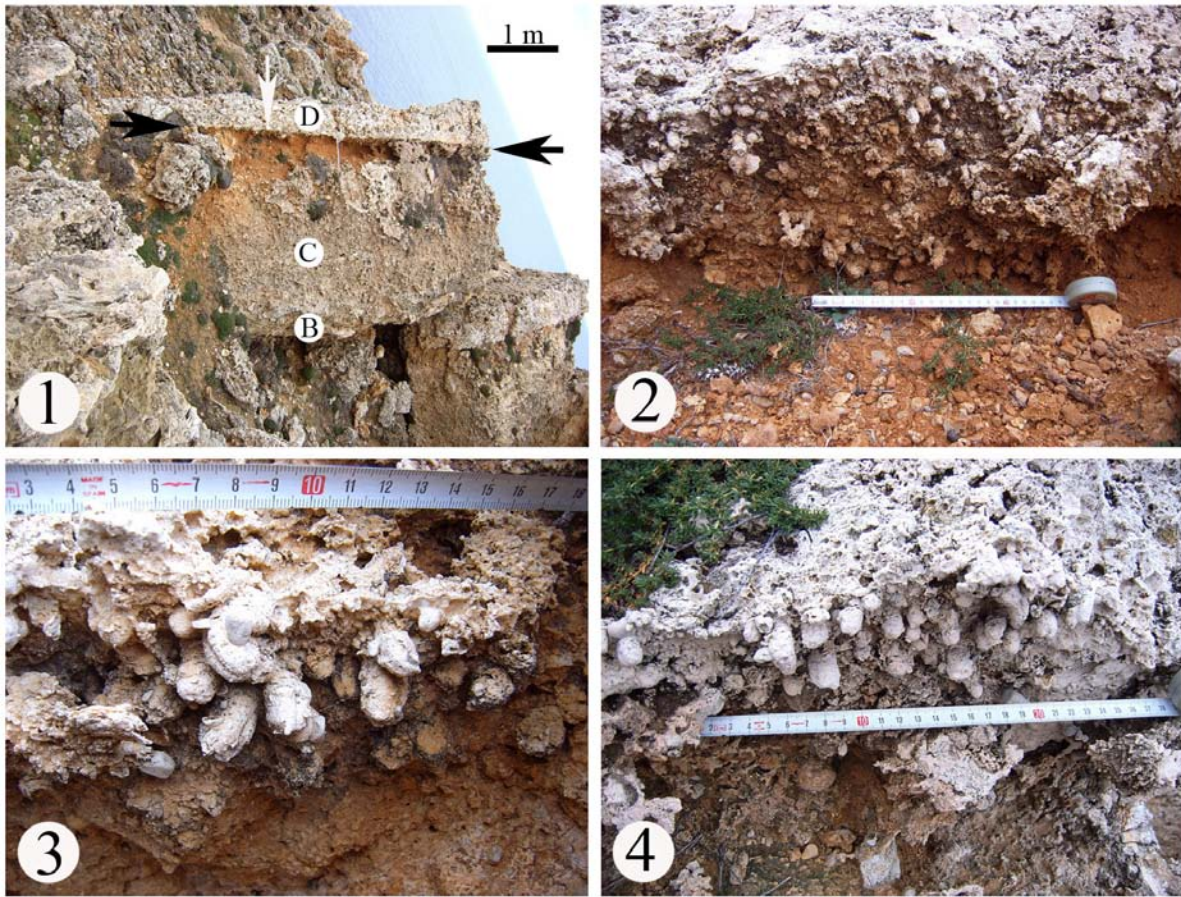
**Figura 2.** Características geológicas del afloramiento de la Punta des Llosar. **1,** Vista general donde se aprecian los bloques caídos de las Unidades 2 y 3 sobre las calcarenitas tortonienses (Unidad 1). **2–3,** techo de las calcarenitas amarillentas y rojizas tortonienses (A) sobre las que se sitúan las breccias de cantos planos (B) y las calcarenitas con cantos y sin macrofósiles (C). **4,** Detalle de la breccia con cantos planos. **5,** Detalle de las calcarenitas con cantos, donde se aprecian los huecos de los cantos disueltos. **6,** Detalle de un canto hueco, que aún conserva la superficie externa original.

**Figure 2.** Geological characteristics of the outcrop from Punta des Llosar. **1,** General view showing the fallen blocks of Units 2 and 3 above the Tortonian calcarenites (Unit 1). **2–3,** Top of the Tortonian yellowish and reddish calcarenites (A), above which the breccias with flat pebbles (B) and the calcarenites with pebbles and without macrofossils (C) are located. **4,** Detail of the breccia with flat pebbles. **5,** Detail of the calcarenites with pebbles, showing holes in the dissolved pebbles. **6,** Detail of a hollow pebble, which still preserves the original external surface.

próximo a la línea de costa actual) estas capas parecen haber sido deformadas y desplazadas de su posición original. En el techo de esta unidad aparecen nuevamente unas calcarenitas muy finas de color rojizo y amarillento (Figuras 2.2A y 2.3A). Obrador *et al.* (1983) mencionaron la existencia de foraminíferos planctónicos, en gran parte

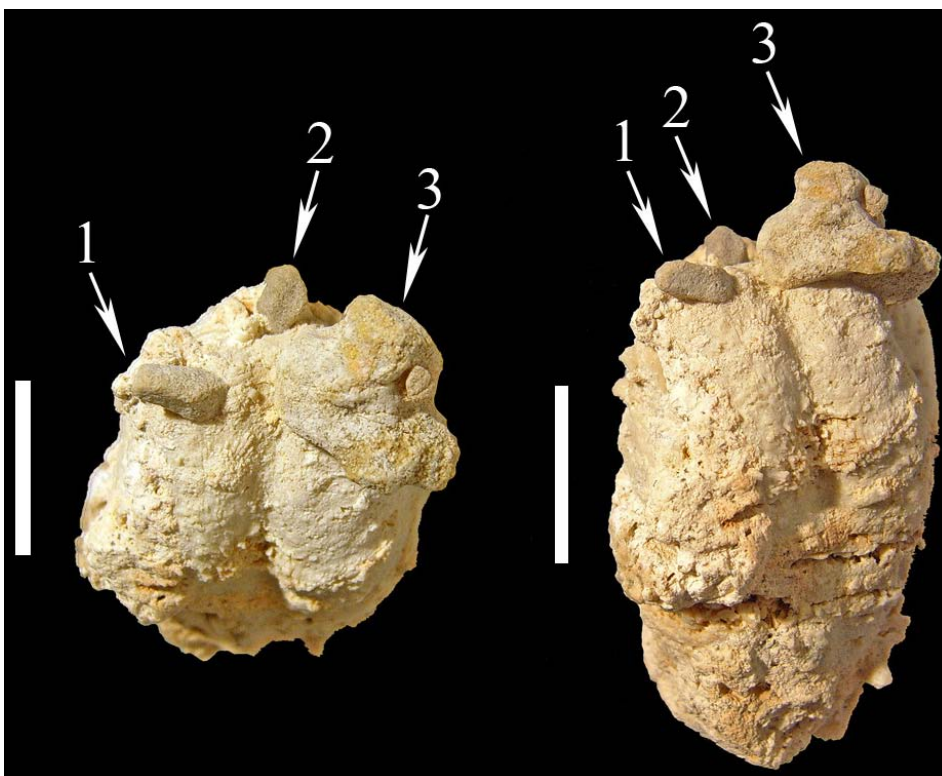
ferruginizados, dientes de peces y glauconita, y correlacionaron este primer grupo de sedimentos con el Burdigaliense-Langhiense (Mioceno inferior-medio), mientras que Rosell *et al.* (1989) los correlacionaron con el Tortoniano (Mioceno superior).

**Unidad 2.** Está separada de la unidad anterior por una superficie



**Figura 3.** Niveles con *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. 1, Detalle de un gran bloque, en el que se aprecia la brecha basal con cantos planos (B), el límite (indicado con flechas negras) entre el nivel de calcarenitas con cantos y sin macrofósiles (C) y el nivel superior fosilífero (D); la flecha blanca marca el punto detallado en la fotografía 2. 2, Área del afloramiento con una gran densidad de ejemplares juveniles de *L. bilobulata* gen. et sp. nov. en posición de vida (formas redondeadas). 3–4, Detalle de varios individuos juveniles de *L. bilobulata* gen. et sp. nov., también en posición de vida, en el bloque de la fotografía 1 o en un bloque cercano, situado algo por debajo del bloque principal.

**Figure 3.** Layers with *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. 1, Detail of a large block, showing the basal breccia with flat pebbles (B), the boundary (denoted by black arrows) between the level of calcarenites with pebbles and without macrofossils (C) and the overlying fossiliferous layer (D); the white arrow denotes the region detailed in photograph 2. 2, Spot of the outcrop with a high density of juvenile specimens of *L. bilobulata* gen. et sp. nov. in life position (rounded shapes). 3–4, Detail of several juvenile individuals of *L. bilobulata* gen. et sp. nov., also in their life positions, in the block of picture 1 or in a nearby block, located slightly below the main block.



**Figura 4.** Extremo proximal de la envoltura calcárea de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. (ejemplar CBQ-3926E), en posición invertida, en el que se aprecian tres pequeños cantos dolomíticos. Escala: 15 mm.

**Figure 4.** Proximal end of the calcareous tube of *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. (specimen CBQ-3926E), in an inverted position, showing three small dolomitic pebbles. Scale: 15 mm.

erosiva tapizada por una brecha de cantos planos, angulosos, muy heterométricos y de litología muy variada, dominando los de arenas gruesas dolomíticas y calcareníticas (Figura 2.4). Los cantos de mayores dimensiones (decimétricos) proceden, sin lugar a dudas, de las intercalaciones arenosas descritas en la parte media de la Unidad 1. El resto de la unidad está formada por unos sedimentos calcareníticos (aparentemente sin microfósiles), caracterizados por la abundancia de cantos de orden centimétrico, de naturaleza dolomítica o limoso-arcillosa (Figura 2.5). Los cantos son soportados por la matriz calcarenítica. Algunos de los cantos han sido completamente disueltos (Figura 2.5) o conservan la cubierta externa (Figura 2.6). A nivel de afloramiento esta unidad es discordante con la anterior, posee una potencia máxima de 2,5 m (Figura 3.1) y está solapada por la unidad descrita a continuación.

**Unidad 3.** Corresponde a unas calcarenitas gruesas caracterizadas por la gran abundancia de bioclastos y microfósiles, especialmente moluscos (gasterópodos, bivalvos y, más raramente, cefalópodos nautiloideos), cnidarios (masas coralinas decimétricas aisladas y fragmentos de corales ramosos) y algas rodofíceas (Figura 3). Los cantos son menos abundantes y de tamaño generalmente más pequeño (de orden centimétrico o menores). La superficie de la base de esta unidad es algo irregular y está caracterizada por la abundancia de ejemplares juveniles de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. en posición de vida (Figuras 3.2–3.4). En el afloramiento estudiado, esta capa muestra una potencia máxima de 0,5 m (Figura 3.1). Rosell *et al.* (1989) atribuyeron esta unidad al Messiniense (Mioceno superior).

En la zona costera comprendida entre el Codolar de Torre Nova y s'Encltixa de s'Ull des Sol, el contacto entre el basamento jurásico y el Mioceno superior se establece generalmente por medio de unos sedimentos conglomeráticos (Figura 1), formados principalmente por unos cantos dolomíticos muy rodados, soportados por una matriz arenosa dolomítica de grano muy fino, fuertemente cementada por carbonato de calcio. Los componentes terrígenos también forman parte importante de la matriz. Estos conglomerados aparecen a unos 200 m al sur del afloramiento con *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. En aquellos puntos en los que los que estos conglomerados y los sedimentos miocénicos han sido erosionados, las dolomías jurásicas están, por lo general, intensamente perforadas por organismos litófagos.

#### Consideraciones paleoecológicas

Como ya se ha apuntado anteriormente, *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. aparece exclusivamente, de forma abundante y en posición de vida, en la base del nivel caracterizado por la presencia de bioclastos y microfósiles marinos (Unidad 3). Este taxón marca el límite entre el techo del nivel calcarenítico con abundantes cantos (Unidad 2), aparentemente sin macrofauna, y el nivel caracterizado por una elevada biodiversidad (Unidad 3; Figura 3.1). La abundancia de individuos en posición de vida y su peculiar posición estratigráfica parecen indicar que *L. bilobulata* gen. et sp. nov. fue uno de los primeros macroorganismos que se establecieron en el fondo marino, una vez cesaron las condiciones ecológicas reinantes durante la sedimentación de la segunda unidad sedimentaria, en general poco propicias para la instauración de las comunidades biológicas. Es decir, *L. bilobulata* gen. et sp. nov. puede considerarse un bivalvo pionero y oportunista, que marca el cambio de unas condiciones ecológicamente poco propicias a otras que permitieron el establecimiento de unas comunidades más complejas y variadas.

En relación al tipo de sustrato en el que vivió *L. bilobulata* gen. et sp. nov., ha de decirse que algunos de los ejemplares recuperados incluyen cantos dolomíticos, restos de conchas adosados en la envoltura calcárea (Figura 4) y, más raramente, algún caparazón de cirrípedo o esqueleto de briozoo. Ello significa, en primer lugar, que parte de la envoltura calcárea estaba expuesta (no enterrada) y, en segundo lugar, que el sedimento alrededor de la envoltura no estaba endurecido o litificado. *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. no era, por tanto, un bivalvo litófago, sino endobéntico (sensu Lincoln *et al.*, 1995).

#### Paleontología sistemática

Filo MOLLUSCA Cuvier, 1795  
Clase BIVALVIA Linnaeus, 1758  
Subclase HETERODONTA Neumayr, 1884  
Orden MYOIDA Goldfuss, 1822  
Superfamilia GASTROCHAENOIDEA Gray, 1840  
Familia GASTROCHAENIDAE Gray, 1840  
**Género *Llosaria* gen. nov.**

**Especie tipo.** *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov.

**Diagnosis.** Como para la especie típica.

***Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov.**

(Figuras 4–7)

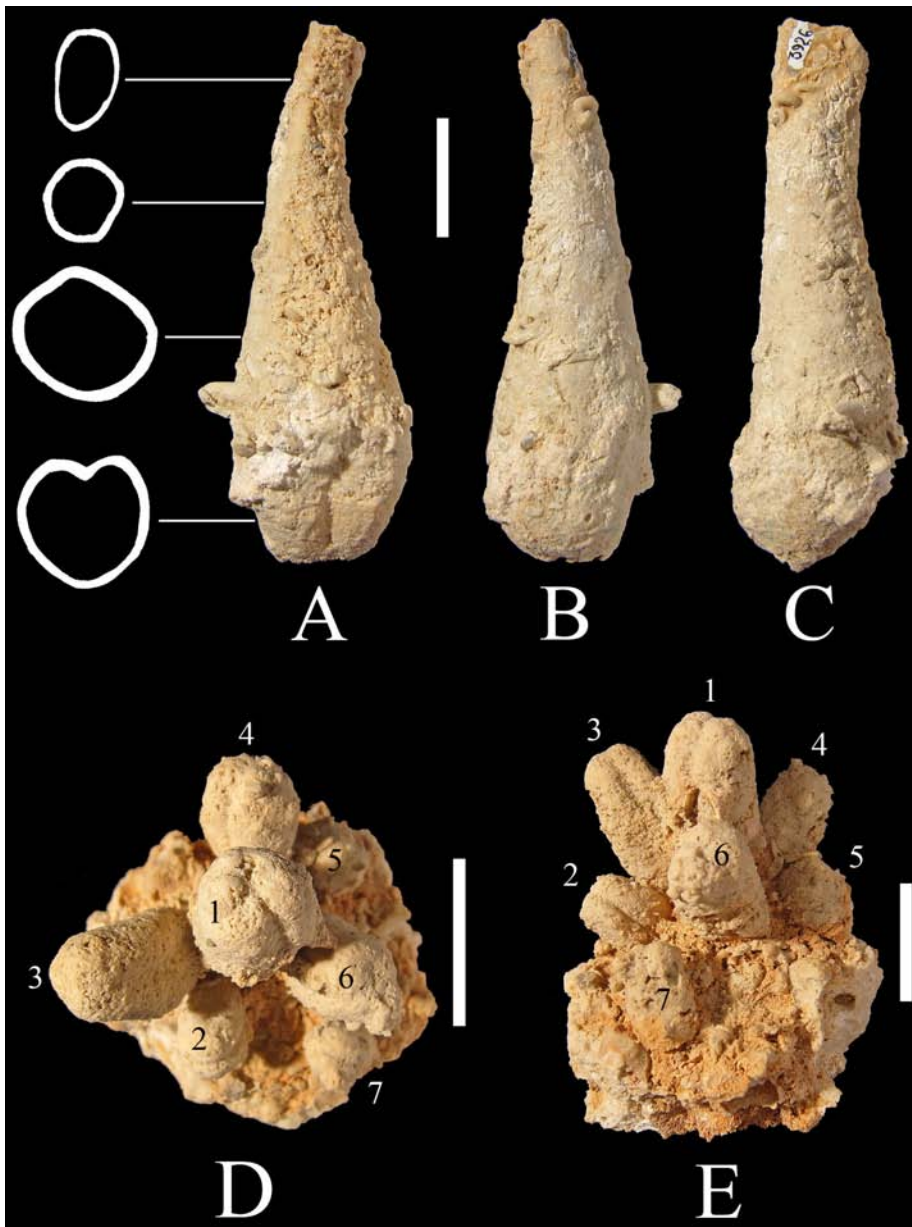
**Diagnosis.** Gastrocaénido de tamaño relativamente grande en comparación a otros representantes de esta misma familia, caracterizado por una envoltura calcárea con dos lóbulos en la zona anteroventral, y un tubo sifonal de sección elíptica o subelíptica.

La presencia de dos lóbulos distingue claramente al nuevo taxón de otros gastrocaénidos. Así, en el género *Spengleria* no existe envoltura calcárea (Carter, 1978); en el género *Eufistulana*, la sección transversal de la envoltura calcárea es circular, con la superficie del extremo proximal plana, mientras que en *Kummelia* el tubo mineralizado es cónico alargado y de paredes lisa (Carter, 1978: figs. 61–62); en *Gastrochaena* s.s. y *Gastrochaena* (*Rocellaria*) puede existir una envoltura calcárea oval alargada, formada por la aglutinación de las partículas del sustrato (Carter, 1978: fig. 47; Brunet & Capdevila, 2005: fig. 526); en *Gastrochaena* (*Cucurbitula*) la envoltura calcárea es de pequeño tamaño y forma un “iglu” con una serie de bandas de crecimiento bien definidas (Carter, 1978: fig. 58; Poppe & Gotto, 1993: lám. 24 fig. 4).

**Descripción.** La envoltura calcárea (Figura 5) muestra una superficie irregular, con presencia de fragmentos de origen litológico (principalmente cantos dolomíticos; Figura 4) u orgánico (fragmentos de conchas), de tamaño variable. Las paredes de la envoltura calcárea muestran un grosor máximo de 2,9 mm, aunque es muy variable incluso en un mismo ejemplar. El extremo proximal es oblongo y presenta, ventralmente, una zona deprimida, alargada y poco profunda que separa dos lóbulos, uno izquierdo y otro derecho. Vistos lateralmente, los márgenes ventral y dorsal muestran una curvatura poco pronunciada. La zona ocupada por las valvas se diferencia del tubo sifonal por una disminución más o menos brusca del diámetro del extremo proximal. El tubo sifonal muestra una superficie irregular, de sección elíptica o subelíptica. La concha (Figura 6) es oblonga, probablemente muy delgada y frágil, excepto en los umbos, con los márgenes dorsal y ventral poco curvados. El margen posterior es subcircular, con una curvatura más marcada que el margen anterior. La ornamentación de la concha consiste en tres surcos poco profundos situados en el tercio posterior de las valvas. Los márgenes ventrales de las dos valvas posiblemente están muy separados. Las medidas de la envoltura calcárea se muestran en la Tabla 1.

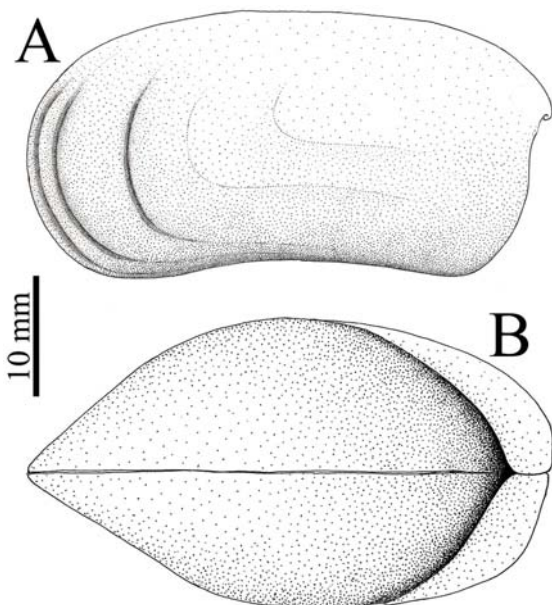
**Comentarios.** La reconstrucción de la concha (Figura 6) se ha realizado a partir del molde interno conservado en el interior de la envoltura calcárea del ejemplar CBQ-3024B, en el que ha sido posible retirar parte de la envoltura. De esta manera ha podido reconstruirse, con bastante exactitud, tanto el perfil lateral como ventral de la concha. En cuatro de los ejemplares estudiados ha sido posible observar, en la superficie interna de la cripta, tres crestas paralelas, poco pronunciadas, que han sido relacionadas, de forma preliminar y tentativa, con la ornamentación (en forma de surco) de la concha.

**Holotipo.** Ejemplar MDM-2028, conservado en el Museo Diocesano de Menorca (Ciudadella de Menorca) en el cajón 20 del armario 4. Corresponde a una envoltura calcárea que conserva parte de la roca matriz. La longitud máxima (referente al extremo proximal y a la parte conservada del tubo sifonal) es de 63,7 mm. El diámetro dorsoventral del extremo proximal es de 28,1 mm y el diámetro entre las dos superficies laterales es de 28,8 mm (Figura 7).

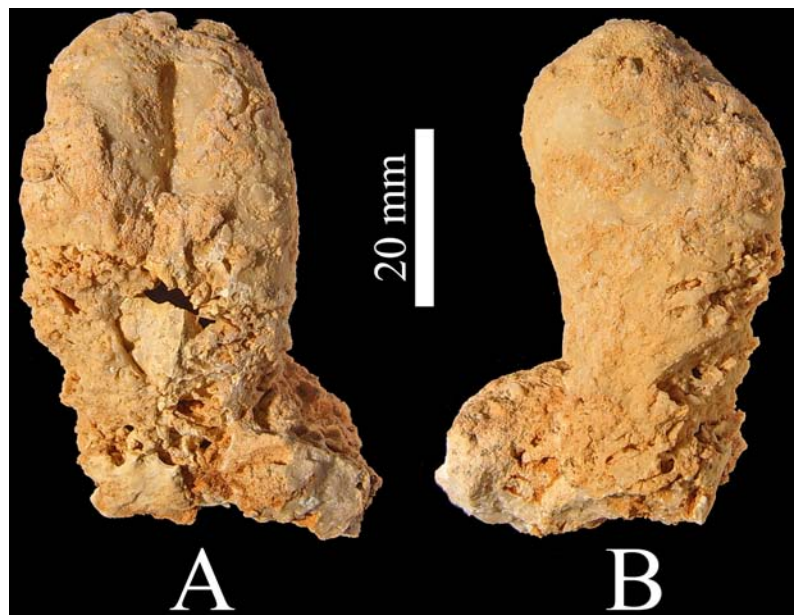


**Figura 5.** A–C, Envoltura calcárea de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. con un tubo sifonal excepcionalmente largo (ejemplar CBQ-3926A), en vistas ventral (A), dorsal (B) y lateral (C); el grosor de los cortes transversales de la envoltura calcárea (arriba, a la izquierda) es sólo tentativo. D–E, Agrupación de siete individuos juveniles de *L. bilobulata* gen. et sp. nov. en posición invertida (CBQ-3024C), en vistas proximal (E) y lateral (F). Escala: 20 mm.

**Figure 5.** A–C, Calcareous tube of *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. with an exceedingly long siphonal tube (specimen CBQ-3926A), in ventral (A), dorsal (B) and lateral (C) views; the thickness of the cross-sections of the calcareous tube (on top, to the left) is only tentative. D–E, A cluster of seven juvenile individuals of *L. bilobulata* gen. et sp. nov. in an inverted position (CBQ-3024C), in proximal (E) and lateral (F) views. Scale: 20 mm.



**Figura 6.** Reconstrucción hipotética de la concha de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov., en vistas lateral (A) y ventral (B).  
**Figure 6.** Hypothetical reconstruction of the shell of *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov., in lateral (A) and ventral (B) views.



**Figura 7.** Holotipo (MDM-2028) de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov., en vistas ventral (A) y lateral (B).  
**Figure 7.** Holotype (MDM-2028) of *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov., in ventral (A) and lateral (B) views.

**Tabla 1.** Medidas del extremo proximal de la envoltura calcárea de *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov.

	N	Promedio / Mean	SD	Rango / Range
Diámetro dorsoventral / <i>Dorsoventral diameter</i>	4	26,19	2,074	24,00–28,0
Diámetro lateral / <i>Lateral diameter</i>	4	30,02	2,270	27,8–32,4

**Table 1.** Measurements of the proximal end of the calcareous tube of *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov.

Abreviaturas: N, tamaño de la muestra; SD, desviación típica.  
Abbreviations: N, sample size; SD, standard deviation.

**Paratipos.** CBQ-3024: tres envolturas calcáreas que conservan parte del tubo sifonal y una agrupación de siete individuos juveniles (Figura 5). CBQ-3926: doce envolturas calcáreas con parte del tubo sifonal y dos agrupaciones diferentes de individuos juveniles. Todos los paratipos se conservan en la colección paleontológica del autor.

**Localidad típica.** Punta des Llosar (Ciudadella de Menorca, Islas Baleares, Mediterráneo Occidental) [31T EE717342].

**Estrato típico.** Nivel calcarenítico con abundantes bioclastos y macrofósiles marinos, correspondiente a la Unidad 3 descrita en el presente trabajo (Figura 3.1, nivel D).

**Distribución geográfica.** Género y especie endémicos de Menorca (solamente conocidos de la localidad típica).

**Distribución temporal.** Messiniense (Mioceno superior).

**Derivatio nominis.** El nombre genérico deriva del sustantivo catalán *llosar*, término geomorfológico que indica una zona con abundancia de lascas o losas, del cual derivan algunos de los topónimos de la zona costera donde se encuentra el afloramiento estudiado (*Punta des Llosar* y *Cova des Llosar*; Mascaró Passarius, 2005, p. 341). El epíteto específico deriva del latín *lobulatus* (con pequeños lóbulos) y hace referencia a la existencia de dos lóbulos en el extremo proximal de envoltura calcárea.

## Conclusiones

La particular morfología de la envoltura calcárea, con dos lóbulos bien diferenciados en la zona ventral del extremo proximal, permite diferenciar el gastrocaénido descrito en este artículo del resto de géneros incluidos en esta familia, tanto actuales como fósiles. *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. es, junto con los géneros *Eufistulana* y *Kummelia*, un gastrocaénido caracterizado por la posesión de una envoltura mineralizada desarrollada, exclusivamente, en el interior de unos sedimentos no litificados o endurecidos. En cambio, el resto de gastrocaénidos están especializados en perforar y vivir en el interior de substratos duros.

Desde un punto de vista paleoambiental, *L. bilobulata* gen. et sp. nov. puede considerarse una especie pionera y oportunista. Su presencia, a veces copiosa, marca claramente la frontera entre unas condiciones ambientales poco propicias para el desarrollo de comunidades biológicas complejas y el inicio de unas condiciones fisicoquímicas más propicias para el establecimiento de una mayor biodiversidad.

## Agradecimientos

El autor quiere expresar su más sincero agradecimiento a Jordi Corbella Alonso, quien me sugirió, por primera vez, que el fósil estudiado pertenecía a la familia de los gastrocaénidos; y a Antoni Obrador Tudurí, por sus valiosas sugerencias relacionadas con la descripción geológica del yacimiento donde ha sido encontrada *Llosaria bilobulata*. Los acertados comentarios y sugerencias de los revisores, Brian Morton (Natural History Museum, United Kingdom) y Rosa Domènech (Universitat de Barcelona), y del Editor (David M. Alba) han contribuido a la mejora del manuscrito original.

## Bibliografía

Brunet, J. & Capdevila, M. (2005). *Atlas malacològic del delta de l'Ebre*. Joan Brunet Navarro, Sant Carles de la Ràpita.  
Carter, J.G. (1978). Ecology and evolution of the Gastrochaenacea (Mollusca, Bivalvia) with notes on the evolution of the endolithic habitat. *Yale Univ. Peabody Mus. Nat Hist. Bull.* 41, 1–92.  
Johnson, M.E., Baarli, B.G., Santos, A. & Mayoral, E. (2011). Ichnofa-

cies and microbial build-ups on Late Miocene rocky shores from Menorca (Balearic Islands), Spain. *Facies* 57, 255–265.

Kelly, S.R.A. & Bromley, R.G. (1984). Ichnological nomenclature of clavate borings. *Palaeontology* 27, 793–807.

Lincoln, R.J., Boxshall, G.A. & Clark, P.F. (1995). *Diccionario de ecología, evolución y taxonomía*. Fondo de Cultura Económica, México D.F.

Mascaró Passarius, J. (2005). *Corpus de toponímia de Menorca*, tom 1. Consell Insular de Menorca, Sa Nostra Caixa de Balears y Grup Serra, Palma de Mallorca.

Morton, B., Peharda, M. & Petric, M. (2011). Functional morphology of *Roccellaria dubia* (Bivalvia: Gastrochaenidae) with new interpretations of crypt formation and adventitious tube construction, and a discussion of evolution within the family. *Biol. J. Linn. Soc.* 104, 786–804.

Obrador, A., Pomar, L., Rodríguez, A. & Jurado, M.J. (1983). Unidades deposicionales del Neógeno menorquín. *Acta Geol. Hisp.* 18, 87–97.

Poppe, G.T. & Goto, Y. (1993). *European Seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Verlag Christa Hemmen, Wiesbaden.

Quintana, J. (2004). Els fòssils marins del Miocè superior. In: Fornós, J.J., Obrador, A. & Roselló, V.M. (Eds.), *Història natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Bal.* 11, 93–104.

Rosell, J., Gómez-Gras, D. & Elízaga, E. (1989). *Mapa geològic de España, escala 1:25.000. Hoja 617bis-II, 618-III, Cap de Menorca y Ciudadella*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.

Valentich-Scott, P. & Dinesen, G.E. (2004). Rock and coral boring bivalvia (Mollusca) of the middle Florida Keys, U.S.A. *Malacol.* 46, 339–354.

Valentich-Scott, P. & Tongkerd, P. (2008). Coral-boring bivalve molluscs of southeastern Thailand, with the description of a new species. *Raffles Bull. Zool. Suppl.* 18, 191–216.

## ENGLISH ABRIDGED VERSION

**Introduction.** Gastrochaenids are an extant group of endobenthic bivalves that are distributed in tropical, subtropical and warm seas around the world. Their earliest representatives are recorded in the Triassic or early Jurassic, their origin being related to the spread of scleractinian corals at the beginning of the Mesozoic, and displaying a further evolutionary radiation between the Cretaceous and Tertiary (Carter, 1978). Gastrochaenids are not diverse from a taxonomic viewpoint (Carter, 1978; Morton *et al.*, 2011; Poppe & Goto, 1993; Valentich-Scott & Dinesen, 2004; Valentich-Scott & Tongkerd, 2008), and include the following genera (Carter, 1978; Morton *et al.*, 2011): *Gastrochaena* (subgenera *Gastrochaena* s.s., *Roccellaria* and *Cucurbitula*; Triassic/early Jurassic–Recent); *Spengleria* (middle Jurassic–Recent); *Eufistulana* (late Cretaceous–Recent); and *Kummelia* (Cretaceous–Eocene). Only *Eufistulana* and *Kummelia* are adapted to exclusively inhabit non-hardened substrata by secreting mineralized tubes, which cover the valves and the tissues of the organism (Carter, 1978). The fossil record of Miocene bivalves from Menorca is biased in favor of pectinids, mostly for diagenetical reasons (Quintana, 2004). No fossil gastrochaenids have been previously described from Menorca, although Johnson *et al.* (2011) described late Miocene borings attributed to several species of the ichnogenus *Gastrochaenolites*, which correspond to hardground borings produced by gastrochaenids and other bivalves (Kelley & Bromley, 1984). In contrast, the new taxon erected in this paper is unambiguously attributable to a soft-substrate gastrochaenid, described on the basis of body fossils (the calcareous tube secreted by the animal, together

with shell remains and their internal cast) instead of ichnofossils. Therefore, a conventional systematic approach is considered more suitable than parataxonomy. The studied site (localized at Punta des Llosar) displays particular characteristics, since in many instances the original shells have been substituted by natural casts made of micritic mud (Quintana, 2004), which have allowed the description of the new taxon.

**Geographical and geological setting.** The outcrop where the described specimens were found is located north of the municipality of Ciutadella de Menorca, close to the Punta des Llosar area (Figure 1), between Codolar de Torre Nova and s'Enclotxa de s'Ull des Sol, where the Miocene deposits overlie a dolomitic basement of Jurassic age. Due to differential erosion of the various outcropping Miocene sediments and their cliff morphology, the deposits from the upper part of the section are chaotically arranged as large blocks over the older and softer sediments from the Tortonian (Figure 2.1). The depth of the various sedimentary units of the studied outcrop increases eastwards. This outcrop was proposed as a LIG (Site of Geological Interest), with code 618003, by Rosell *et al.* (1989).

Three sedimentary units can be distinguished in the Miocene of this area. Unit 1 is dated to the Tortonian (late Miocene; Rosell *et al.*, 1989), being mainly composed of fine to medium-grained, yellowish and massive calcarenites with isolated Jurassic dolomitic pebbles (generally with abundant boreholes), at the bottom of the section; some intercalations of dolomitic, grey sands with bioturbations, alternated with lighter calcarenitic layers, on its middle portion; and reddish to yellowish, fine-grained calcarenites at the top. Obrador *et al.* (1983) mentioned the presence of (mostly ferruginized) planktonic foraminiferans, fish teeth and glauconite, and correlated these sediments with the Burdigalian-Langhian (early-middle Miocene), whereas Rosell *et al.* (1989) correlated them with the Tortonian (late Miocene). Unit 2 is discordant with the former and has a thickness of 2.5 m (Figure 3.1). It is separated from Unit 1 by an erosive surface with a breccia of flat and angulated pebbles of varied lithology (mostly of dolomitic and calcarenitic coarse sands; Figure 2.4). The rest of this unit is constituted of calcarenitic deposits without microfossils, but with abundant dolomitic or lutitic pebbles (Figure 2.5) that are supported by a calcarenitic matrix, although some have been dissolved (Figure 2.5) or only their external portion preserved (Figure 2.6). Unit 2 is overlaid by Unit 3, which is dated to the Messinian (late Miocene; Rosell *et al.*, 1989) and composed of coarse calcarenites with abundant bioclasts and macrofossils, particularly molluscs (gastropods, bivalves and, to a lesser extent, nautiloid cephalopods), cnidarians and rhodophycean algae (Figure 3) whereas, in contrast, pebbles are less abundant and generally smaller. The somewhat irregular base of this unit is characterized by the abundant presence of juvenile specimens of *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. in their life positions (Figures 3.2–3.4). In the studied outcrop, this layer has a maximum depth of 0.5 m (Figure 3.1).

In the coastal area between Codolar de Torre Nova and s'Enclotxa de s'Ull des Sol, the contact between the Jurassic basement and the late Miocene generally occurs through conglomeratic sediments (Figure 1) that are mainly composed of rounded dolomitic pebbles that are supported by a fine-grained, dolomitic sandy matrix which is strongly cemented by calcium carbonate and further displays an important terrigenous component. These conglomerates outcrop 200 m south of the site with *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. In those places where these conglomerates and the Miocene deposits have been eroded, the Jurassic dolomites are generally intensively bored by lithophagous organisms.

From a paleoecological viewpoint, it is noteworthy that *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. exclusively appears, in an abundant fashion and in life position, at the base of the horizon characterized by the presence of bioclasts and marine macrofossils (Unit 3), thereby signaling the boundary between the top of the calcarenitic layer with abundant pebbles but no macrofauna (Unit 2) and the layer characterized by a high biodiversity (Unit 3; Figure 3.1). The abundance of individuals in their life positions and their peculiar stratigraphic position suggest that *L. bilobulata* gen. et sp. nov. was one

of the first macro-organisms that colonized the seafloor, once the ecological conditions that prevailed during the deposition of Unit 2, apparently unfavorable for the establishment of biological communities, ceased. Therefore, *L. bilobulata* gen. et sp. nov. may be considered a pioneer and opportunistic bivalve, denoting a change in the prevailing ecological conditions at that time. Some of the recovered specimens included dolomitic pebbles, shell remains attached to the calcareous tube (Figure 4) and, more rarely, some cirripede shells or bryozoan skeletons. This implies not only that part of the calcareous tube was not buried, but also that the surrounding sediment was not hardened, so that *L. bilobulata* gen. et sp. nov. was not lithophagous but endobenthic (*sensu* Lincoln *et al.*, 1995).

**Systematic paleontology.** Phylum MOLLUSCA Cuvier, 1795; Class BRIVALVIA Linnaeus, 1758; Subclass HETERODONTA Neumayr, 1884; Order MYOIDA Goldfuss, 1822; Superfamily GASTROCHAENOIDEA Gray, 1840; Family GASTROCHAENIDAE Gray, 1840.

**Genus *Llosaria* gen. nov.**

Type species: *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov.

Diagnosis: As for the type species.

***Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov.**

(Figures 4–7)

Diagnosis: Large-sized gastrochaenid (relative to other representatives of this family), characterized by a calcareous tube with two lobes in the anteroventral area and a siphonal tube elliptical to sub-elliptical in cross-section.

The presence of two lobes clearly distinguishes the new taxon from other gastrochaenids. *Spengleria*, for example, lacks a calcareous tube (Carter, 1978); *Eufistulana* has a tube, with a flat surface on the proximal end when seen in cross-section, whereas *Kummelia* has a long, conical, mineralized tube with smooth walls (Carter, 1978: figs. 61–62); in *Gastrochaena* s.s. and *Gastrochaena* (*Rocellaria*), there may be a long, oval, calcareous tube, formed by the agglutination of substratum particles (Carter, 1978: fig. 47; Brunet & Capdevila, 2005: fig. 526); in *Gastrochaena* (*Cucurbitula*), the calcareous tube is small and forms an “igloo” with a series of well-defined growth bands (Carter, 1978: fig. 58; Poppe & Gotto, 1993: pl. 24 fig. 4).

Description: The calcareous tube (Figure 5) displays an irregular surface, with fragments of varied size and lithological features (especially dolomitic pebbles; Figure 4) or organic material (shell fragments). The walls of the calcareous tube display a maximum width of 2.9 mm, although it is very variable even within a single specimen. The proximal end is oblong and ventrally displays a long and shallow depressed area that separates the two (left and right) lobes. In lateral view, the ventral and dorsal margins display a small but marked curvature. The area occupied by the valves differs from the siphonal tube by a more or less abrupt decrease in diameter of the proximal end. The siphonal tube has an irregular surface, elliptical or subelliptical in cross section. The shell is oblong, probably thin and fragile, except at the umbos, and is curved a little at the dorsal and ventral margins. The posterior margin is subcircular and more curved than the anterior margin. The shell ornamentation consists of three shallow grooves located on the posterior third of the valves. The ventral margins of the two valves are possibly separated from one another. Measurements of the calcareous tube are reported in Table 1.

Remarks: The reconstruction of the shell (Figure 6) has been performed based on the internal cast preserved within the calcareous tube of specimen CBQ-3024B, in which part of the tube has been removed. This has enabled a quite accurate reconstruction of the lateral and ventral outlines of the shell. In four of the studied specimens it has been observed, on the internal surface of the crypt, that there are three parallel crests, not very marked, which have been related, in a preliminary and tentative way, with the groove-shaped ornamentation of the shell.

Holotype: Specimen MDM-2028, housed in the Diocesan Museum of Minorca (Ciutadella de Menorca), in drawer 20 of cabinet 4. It corresponds to a calcareous tube that preserves part of the rocky matrix. Maximum length (corresponding to the proximal end and the preserved portion of the siphonal tube) is 63.7 mm. The dorsoventral



diameter of the proximal end is 28.1 mm and the diameter between the two lateral surfaces is 28.8 mm (Figure 7).

Paratypes: CBQ-3024, three calcareous tubes that preserve part of the siphonal tube and a cluster of seven juvenile individuals (Figure 5). CBQ-3926, twelve calcareous tubes with part of the siphonal tube and two different clusters of juvenile individuals. All the paratypes are housed in the paleontological collection of the author.

Type locality: Punta des Llosar (Ciutadella de Menorca, Balearic Islands, Western Mediterranean) [31T EE717342].

Type stratum: Calcarenic layer with abundant bioclasts and marine macrofossils, corresponding to Unit 3 described in this work (Figure 3.1, layer D).

Geographical distribution: genus and species endemic to Minorca and only known from the type locality.

Temporal distribution: Messinian (late Miocene).

*Derivatio nominis*: Genus name derived from the catalan noun *llosar*, a geomorphological term applied to an area with abundant slabs, from which some of the toponyms of the coastal area where the studied outcrop is situated are derived (*Punta des Llosar* and *Cova des Llosar*; Mascaró Passarius, 2005, p. 341). Species name derived from the Latin *lobulatus* (with small lobes) and refers to the presence of two lobes at the proximal end of the calcareous tube.

**Conclusions.** The peculiar morphology of the calcareous tube,

with two distinct lobules on the ventral area of the proximal end, enables the separation of this newly-described gastrochaenid from other genera included in the Gastrochaenidae, both extant and fossil. *Llosaria bilobulata* gen. et sp. nov. is characterized, like *Eufistulana* and *Kummelia*, by the possession of a mineralized envelope that is exclusively developed inside either non-hardened or lithified sediments. In contrast, other gastrochaenids are specialized for life inside hard substrata. From a paleoenvironmental viewpoint, *L. bilobulata* gen. et sp. nov. may be considered a pioneer and opportunistic species. Its presence, sometimes copious, clearly signals a change from unfavorable environmental conditions to the development of complex biological communities towards the beginning of physico-chemical conditions more propitious to the establishment of a greater biodiversity.

**Acknowledgments.** The author wishes to express his most sincere thanks to Jordi Corbella Alonso, who first suggested that the studied fossil belonged to the Gastrochaenidae, and to Antoni Obrador Tudurí for his valuable suggestions related to the geological description of the studied site. The relevant comments and suggestions by the reviewers, Brian Morton (Natural History Museum, United Kingdom) and Rosa Domènech (Universitat de Barcelona), as well as the Editor (David M. Alba) contributed to the improvement of the original manuscript.