

Aproximación al conocimiento de la Linterna de Aristóteles de *Coelopleurus coronalis* (Echinoidea, Eoceno)

Approach to knowledge of Aristotele's Lantern in *Coelopleurus coronalis* (Echinoidea, Eocene)

José Francisco Carrasco
Curator Echinoidea
Museo Geológico del Seminario de Barcelona
Diputación 231. 08007- Barcelona. Spain
e-mail: carrasco@mgsb.es

RESUMEN–Se describen por primera vez los osículos de la linterna de Aristóteles en *Coelopleurus coronalis* (Eoceno). Se presenta una reconstrucción parcial de su estructura. Además, se señala que algunos osículos hallados podrían pertenecer a elementos no mandibulares como valvas de pedicelario y apófisis de la cintura perignática.

ABSTRACT–The ossicles of Aristotle's lantern in *Coelopleurus coronalis* (Eocene) are described for the first time. A partial reconstruction of their structure is presented. Additionally, it is noted that some of the ossicles found could belong to non-mandibular elements such as pedicellariae valves and perignathic girdle apophyses.

PALABRAS CLAVE – Linterna de Aristóteles, *Coelopleurus coronalis*, Echinoidea, Eoceno.

KEY WORDS –Aristotele's lantern, *Coelopleurus coronalis*, Echinoidea, Eocene.

INTRODUCCIÓN

Carrasco & Farrés (2001) dieron a conocer un excepcional hallazgo de una tafocenosis con decenas de ejemplares de *Coelopleurus coronalis* en fases juveniles con las púas adheridas al caparazón procedente del Bartonense de Vic (60 km al N de Barcelona). También hallaron elementos sueltos del aparato mandibular, y en algún ejemplar elementos alojados en la entrada del peristoma. Se aprovecha aquí esta excepcional fosilización para describir e intentar reconstruir el esqueleto de una de las cinco pirámides que forman la linterna de Aristóteles de esta especie del Eoceno. Se recuerda que Hawkins (1934) realizó un minucioso estudio del aparato mandibular de equinoideos de la subclase Euechinoidea del Mesozoico reconociendo que en la gran mayoría de géneros fósiles el aparato era desconocido. Se reproducen a continuación unas notas de Hawkins (*op. cit.*): “La Linterna se conserva en los equinoideos más a menudo de lo que podría suponerse; pero su presencia suele pasar desapercibida a menos que los especímenes sean partidos. Incluso cuando se encuentra, es muy difícil

de extraer”. Se pretende presentar a la comunidad científica unos materiales excepcionales por su rareza, y proponer un futuro trabajo de revisión de los materiales con técnicas modernas como la fotogrametría, en combinación con imágenes del microscopio electrónico de barrido (MEB).

ANATOMÍA DE LA LINTERNA DE ARISTÓTELES

El aparato mandibular o linterna de Aristóteles le permite al erizo de mar alimentarse raspando las superficies, principalmente aquellas que están cubiertas de algas. Es una compleja estructura compuesta de 40 elementos u osículos agrupados en 5 unidades idénticas (pirámides) (Fig 1). Cada unidad consiste en un par de hemipirámides (h) (semipirámides, demipirámides), un par de epífisis (e), un diente (d), una rótula (r) y dos piezas de compás (c). Las pirámides sostienen los dientes. Las epífisis son osículos en forma de hacha unidos a los extremos apicales (aborales) de las hemipirámides y sostienen la rótula. Las pirámides contiguas están conectadas por la rótula (elemento aplanado que se agarra a las epífisis).

La rótula facilita la acción de la linterna como un todo y permite un relativo movimiento entre las pirámides individuales durante el raspado de superficies irregulares. El compás es un osículo, en forma de T o Y en visión apical, que está situado por encima de la rótula. Su función consiste en controlar el volumen del celoma faríngeo cuando la linterna entra y sale del caparazón. El espacio que hay entre las dos hemipirámides se denomina foramen magnun.

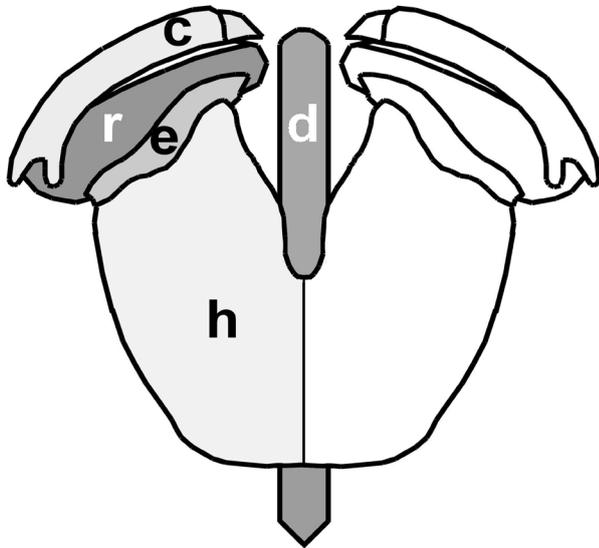


Fig. 1. Dibujo esquemático de una pirámide de la Linterna de Aristóteles en un Estirodonto, con indicación de sus elementos; **c**: compás, **d**: diente, **e**: epífisis, **h**: hemipirámide, **r**: rótula. Simplificado de Mortensen (1935).

La presencia o ausencia de foramen magnun, el tipo de diente y el tipo de epífisis caracterizan cuatro clases de linternas con importancia taxonómica:

1. Cidárido. Sin foramen magnun. Dientes acanalados.
2. Aulodonto. Con foramen magnun. Las epífisis están separadas y los dientes son acanalados.
3. Estirodonto. Con foramen magnun. Las epífisis están separadas y los dientes son carenados.

4. Camarodonto. Con foramen magnun. Epífisis totalmente soldadas y dientes son carenados.

Coelopleurus coronalis se adscribe al Orden Arbacioida, caracterizado por una linterna de tipo estirodonto. La reconstrucción del aparato mandibular que se propone aquí sugiere esta clase de linterna. Se recuerda que la posición del género *Coelopleurus* en la moderna clasificación de Kroh & Mooi (2023) es la siguiente.

Clase Echinoidea Leske, 1778
 Subclase Euechinoidea Bronn, 1860
 Infraclase Carinacea Kroh & Smith, 2010
 Subterclase Echinacea Claus, 1876
 Orden Arbacioida Gregory, 1900
 Familia Arbaciidae Gray, 1855
 Género *Coelopleurus* L. Agassiz, 1840

MATERIAL Y MÉTODOS

El material procede de las losas calizo-arenosas del Bartonense de las cercanías de Vic (60 km al N de Barcelona) en las que Carrasco & Farrés (2001) hallaron una tafocenosis de *Coelopleurus coronalis* en fases juveniles, con ejemplares excepcionalmente bien conservados, y con púas adheridas a los caparazones (Lámina III, figs. s,t,u). Los materiales depositados en el MGSB están registrados con los siguientes números 67065MGSB, 67066MGSB y 67067MGSB. Los elementos de la linterna que se describen aquí se hallan desarticulados y dispersos entre caparazones con púas adheridas y púas sueltas. Excepcionalmente se hallaron tres caparazones que contenían elementos de la mandíbula justo en la entrada del peristoma (Lámina I, figs. a,c y e).

Se han aprovechado los dibujos originales realizados por el autor con cámara clara en el año 2001. Éstos permanecían a la espera de su publicación, tal como se proponía en el mismo trabajo de Carrasco & Farrés (*op. cit.*). Como los dibujos estaban realizados con lápiz duro y sobre papel reciclado, se comprobó que su fiel reproducción era de baja calidad. Por este

motivo se han escaneado en alta resolución, y se han cambiado los parámetros fotográficos para aumentar la calidad. Junto a los dibujos se pueden ver algunas anotaciones originales manuscritas junto con escalas gráficas. A partir de estas imágenes se ha reconstruido una imagen idealizada de una de las cinco pirámides de la Linterna de Aristóteles con indicación de los elementos dudosos (Lám. III, figs. 3). Se han consultado los minuciosos trabajos anatómicos de Lanzavecchia *et al.* (1988), Candia *et al.* (1991) y Candia *et al.* (1993); también se ha seguido en parte la nomenclatura de estos autores.

RESULTADOS

Hemipirámides. Cada pirámide consta de dos hemipirámides unidas por la cara interior. Aproximadamente cada hemipirámide una tiene forma de cuña esférica, con dos caras a cada lado (adradiales), más la cara externa, que siguiendo el símil geométrico se correspondería con un huso esférico, y una cara superior o aboral por donde se une a la epífisis. Las hemipirámides de cada pirámide son formas aproximadamente enantiomorfas. Están representadas en la Lámina I (Figs. a, b, d, e y f), en la Lámina II (Figs. i, l, m y ñ) y en la microfotografía de la Lámina III (Fig. s). Las dos caras adradiales de cada hemipirámide se nombran así: la cara lateral externa (o lado lateroradial) y la cara interna. La primera se halla a izquierda y derecha cada pirámide, y las internas dan al interior de cada pirámide (entre dos hemipirámides); éstas últimas están ligadas.

Se han observado en las caras laterales externas de cada hemipirámide alrededor de 15 surcos o estrías paralelas (Lámina I figs. a, b, e; Lámina II, Figs. i, l, m, ñ; Lámina III, Figs. s) dispuestas transversalmente, y que pueden terminar en un borde festoneado en forma de peine (Lámina I, figs. d, f; Lámina II, Figs. i, m, ñ; Lámina III, Fig. s) en la parte adaxial; estas estrías sirven para la adhesión de los músculos interpiramidales. En cambio, los lados laterales internos de cada hemipirámide presentan una superficie más lisa;

además, se puede ver parte del surco que sostendría el diente en la Lámina I (Fig. d, superior) y en la Lámina II (Fig. m, derecha). Compárese la curvatura de este surco con la de los dientes para observar la coincidencia. Este surco también se representa de una manera idealizada en la Lámina III (Fig. q2). Se informa que en la Figs. s el segmento representa 1 mm, y en las Figs. t y u 1 cm, todas en la Lámina III.

Dientes. Elemento alargado y curvado. Se halla en el interior de cada pirámide, dentro de los surcos de los lados internos de cada hemipirámide. En sección transversal tiene forma de T. Están representados en las siguientes figuras: Lámina I (Figs. a, b, c; Lámina II, Figs. h, p; Lámina III (Figs. q (4, 5), r).

Epífisis. Pequeño elemento aplanado en forma de hacha que se sitúa sobre la hemipirámide. Se cree que la fig. o de la Lámina II podría corresponder a este osículo.

Rótulas. Pequeño osículo aplanado que abraza las epífisis y conecta las pirámides adyacentes. Se cree que la fig. j de la Lámina II podría representar dos rótulas vistas por la cara adoral, por donde se une a las epífisis.

Compases. Elemento cilíndrico y alargado que se sitúa sobre cada rótula. Se cree que la Fig. n de la Lámina III podría responder a parte de este osículo.

Elementos no mandibulares. La figura k de la Lámina II se podría corresponder con tres valvas sueltas de un *pedicelario*.

La figura g de la Lámina II se podría corresponder con una *apófisis*. Se trata de un elemento interambulacral de la cintura perignática (en el borde del peristoma) donde se insertan los músculos protractores que unen la linterna a la cintura perignática.

CONCLUSIONES

La morfología de los osículos examinados y la propuesta de ensamblaje que se expone aquí para

la reconstrucción de una de las cinco pirámides (Lámina III, Figs, q y r) es coincidente con una linterna de tipo Estirodonto, propia del Orden Arbacioida, al que pertenece la especie *Coelopleurus coronalis*. A continuación se comentan las figuras idealizadas de la reconstrucción representadas en la Lámina III:

- Fig. q (1) se representa una hemipirámide (derecha) vista por la cara exterior, donde pueden verse las estrías paralelas, lugar de fijación de los músculos interpiramidales.
 Fig. q (2) la misma hemipirámide desde la cara interior, con el surco que soporta el diente.
 Fig. q (3) se esquematiza una pirámide.
 Fig. q (4) representa la parte interior de un diente.
 Fig. q (5) el mismo diente en visión lateral.
 Fig. r se representa una sección transversal de una pirámide con el diente carenado en su interior.

Se han encontrado algunas dificultades en la reconstrucción de algunos elementos al no hallarse hemipirámides completas. Por ejemplo, la única referencia geométrica para deducir la forma del foramen magnan nos la proporcionaría el dibujo superior de la figura b (Lámina I) y la figura ñ (Lámina II). Por otra parte, al no haberse hallado imágenes de todas las caras de la epífisis, de la rótula y del compás, la posición dudosa de éstos elementos se han indicado con trazos de color gris (Lámina III, Fig. q), y con línea discontinua las formas dudosas de los perfiles. Por otro lado, se comenta que se han hallado además de las hemipirámides con la cara o lado lateral externo (las que son portadoras de los surcos paralelos y transversales), hemipirámides con el borde interior o axial festoneado en forma de peine, y otras que no tienen este festoneado. Esto último podría deberse al desgaste por erosión o al hallarse enterrado dicho borde.

En otro orden de cosas, a partir de las dimensiones de los elementos examinados se infiere que la altura y el diámetro de la estructura esquelética de la linterna podrían estar cercanos a los 3 mm. Estas dimensiones, en relación a las dimensiones del caparazón portador, son bastantes

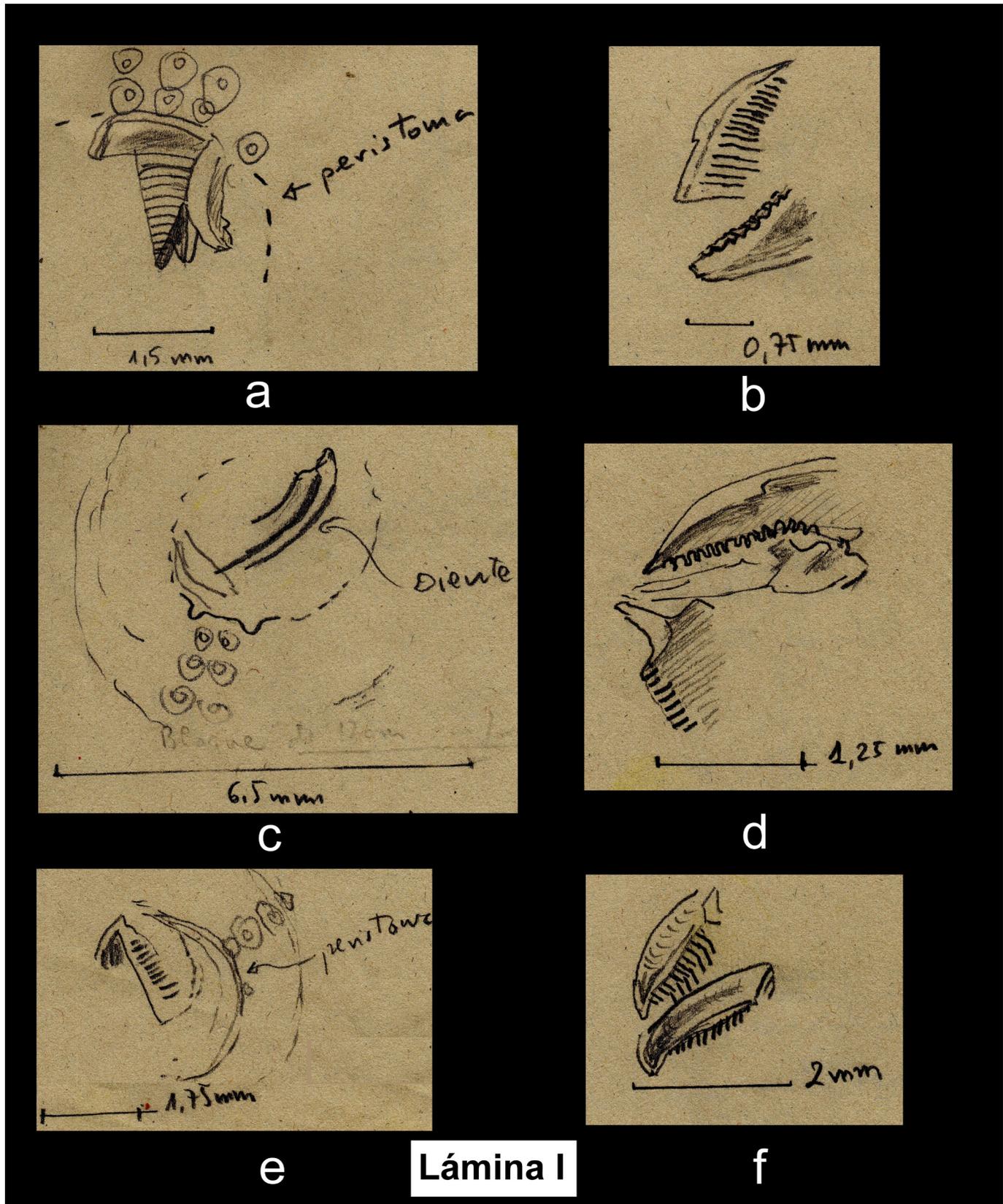
coincidentes con las publicadas por Ziegler *et al.* (2012) para la especie actual *Arbaxia lixula*, también del Orden Arbacioida. Se informa que las dimensiones de los caparazones del material estudiado aquí se han tomado de Carrasco & Farrés (2001), ya que son los mismos materiales que se han examinado; en concreto, el diámetro promedio del caparazón de los ejemplares es de 10 mm y la altura de 5 mm.

Como se ha indicado en la Introducción se propone un futuro trabajo que tenga por objetivo perfeccionar la metodología del estudio de los materiales presentados aquí, para lo cual se sugiere la utilización de modernas tecnologías como la fotogrametría, en combinación con imágenes de microscopio electrónico de barrido (MEB).

BIBLIOGRAFÍA

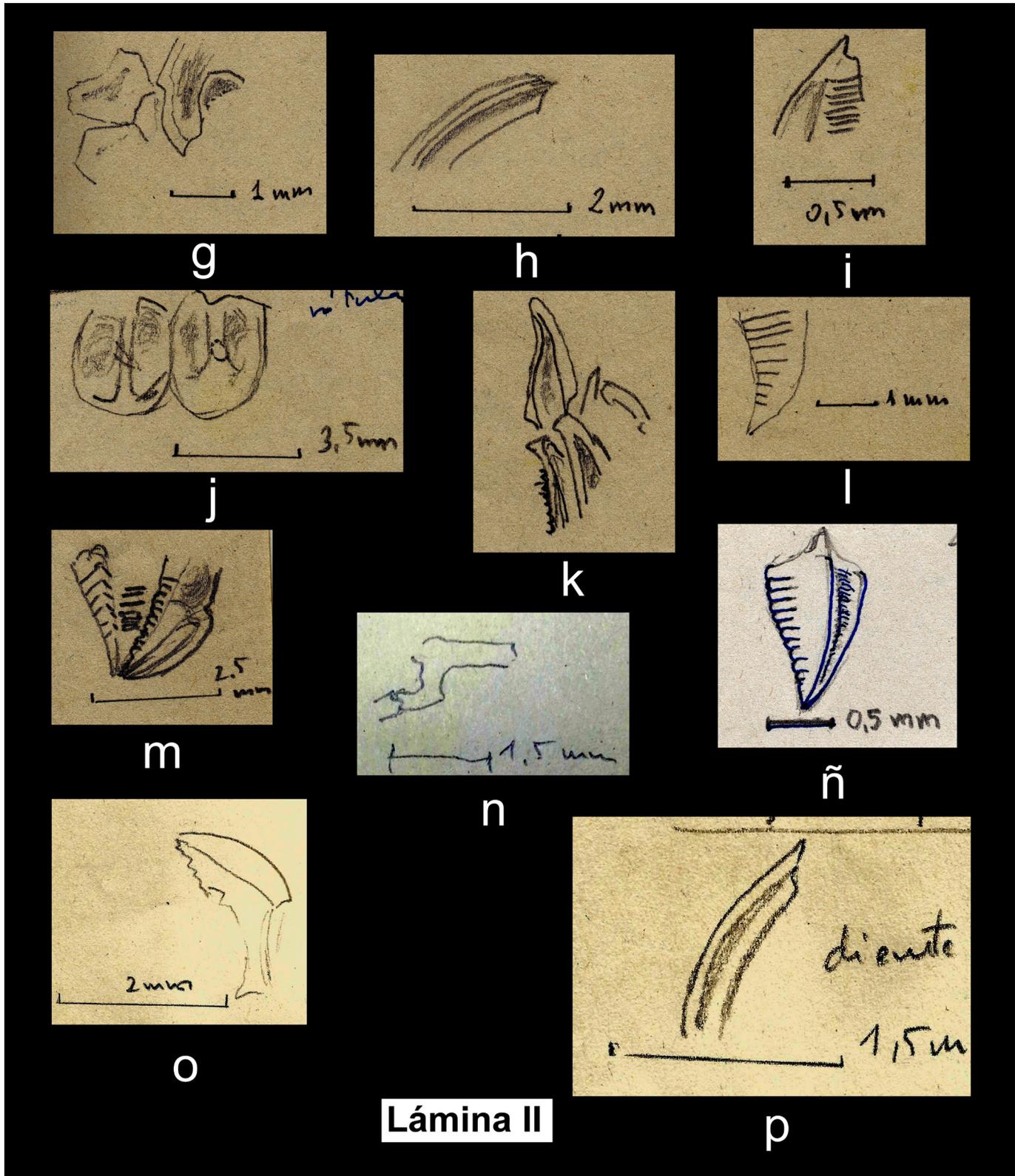
- Candia Carnevali, M.D.; Bonasoro, F. & Melone, G., 1991. Microstructure and mechanical design in the lantern ossicles of the regular sea-urchin *Paracentrotus lividus*. A scanning electron microscope study, *Italian Journal of Zoology*, **58**:1, 1-42.
- Candia Carnevali, M.D., Wilkie, I.C., Lucca, E., Andrietti, F. et Melone, G. 1993. The Aristotle's lantern of the sea-urchin *Stylocidaris affinis* (Echinoidea, Cidaridae): functional morphology of the musculo-skeletal system. *Zoomorphology* **113**, 173-189.
- Carrasco, J.F. & Farrés, F. 2001. Excepcional hallazgo de fases juveniles de *Coelopleurus coronalis* (Echinoidea) en el Eoceno de Vic (Barcelona). *Batalleria*. **10**:37-48, 3 láminas. Barcelona.
- Hawkins, H. L., 1934. The Lantern and Girdle of Some Recent and Fossil Echinoidea. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Series B, Containing Papers of a Biological Character, **223**:617-649.

- Kroh, A. & Mooi, R., 2023. World Echinoidea Database. Available online at <http://www.marinespecies.org/echinoidea> [accessed 2023-12-01].
- Lanzavecchia G., Candia Carnevali M. D., Melone G., Celentano F. C., 1988. Aristotle's lantern in the regular sea urchin *Paracentrotus lividus* I. Functional morphology and significance of bones, muscles and ligaments. In: R. D. Burke, P. V. Mladenov, P. Lambert & R. L. Parsley (eds), *Echinoderm Biology*. Balkema, Rotterdam, pp. 649-662.
- Mortensen, Th. 1935. A Monograph of the Echinoidea. II. Bothriocidaroida, Melonechinoidea, Lepidocentroida and Stirodonta. *C. A. Rietzel edit.*, Copenhagen. 647 pp.
- Ziegler A.; Schröder L.; Ogurreck M.; Faber, C. and Stach T. 2012. Evolution of a novel muscle design in sea urchins (Echinodermata: Echinoidea). *PLoS One*. 2012;7(5), e37520.



a: hemipirámide y diente en peristoma
 b: hemipirámides
 c: diente en peristoma
 d: hemipirámides

e: hemipirámide en peristoma
 f: hemipirámides



g: posible apófisis

h: diente

i: hemipirámide

j: posibles rotulas

k: posibles valvas de pedicelarios

l: hemipirámide

m: dos hemipirámide

n: posible fragmento de compás

ñ: hemipirámide

o: posible epífisis

p: diente

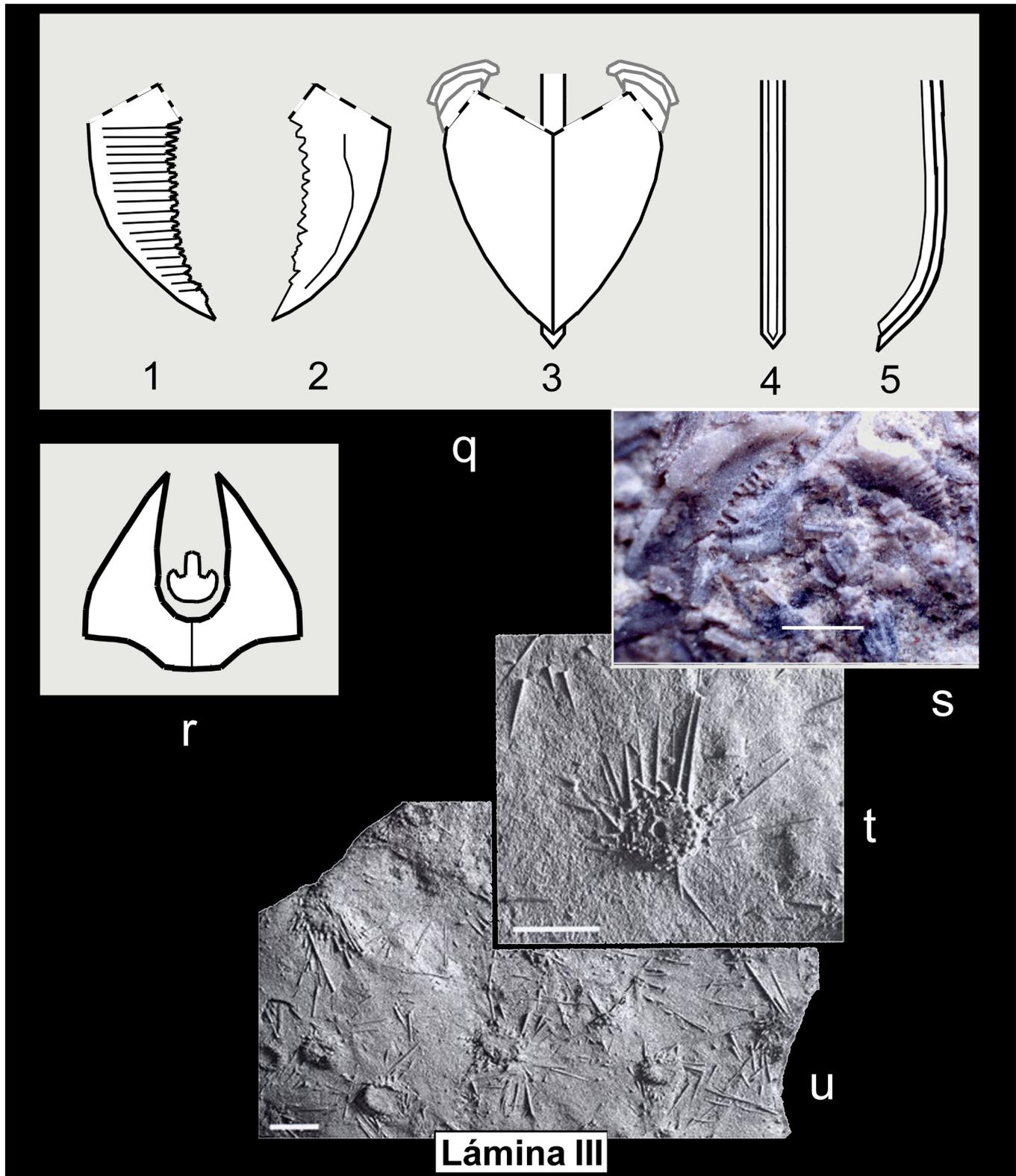


Lámina III

q: propuesta de reconstrucción
q(1): hemipirámide (derecha) vista por la cara exterior
q(2): la misma hemipirámide anterior desde la cara interior
q(3): pirámide
q(4): parte interior de un diente

q(5): el mismo diente anterior en visión lateral
r: sección transversal de una pirámide con el diente carenado en su interior.
s, t y u: fotografías de parte del material estudiado.

Nota: Las líneas de color gris en la Fig. q representan un contorno dudoso de la epífisis, la rótula y el compás. Las líneas negras discontinuas una trayectoria del perfil aproximado en la parte dorsal de las hemipirámides (léase texto). En s el segmento representa un mm, en t y u representa un cm.