REVISTA DE Biología Tropical

MATERIAL SUPLEMENTARIO 1 / SUPPLEMENTARY MATERIAL 1

Morfología descriptiva de los radiolarios Polycystina
Descriptive morphology of the Polycystine radiolarians

Para los estudios paleontológicos y micropaleontológicos, el esqueleto mineral de los organismos suele ser lo único que queda de los seres vivos, por lo que, es el material fundamental para identificar y analizar tanto los ambientes que habitaron como la biología de los organismos. En este suplemento se presenta la terminología básica y partes de los esqueletos de los radiolarios (Clase Polycystina), información que será usada en las descripciones morfológicas de las especies en los resultados. Una revisión detallada de este tema puede ser consultada en Boltovskoy (1998) y de Wever et al. (2001).

For paleontological and micropaleontological studies, the mineral skeleton of organisms is often the only thing that remains, making it the fundamental material for identification and analysis of both the environments they inhabited and the biology of the organisms themselves. In this supplement, we present the basic terminology and parts of radiolarian (Class Polycystina) skeletons, which will be used in the morphological descriptions of species in the results. A detailed review of this topic can be found in Boltovskoy (1998) and De Wever et al. (2001).

ELEMENTOS ESTRUCTURALES BÁSICOS

1. Espinas

Estructuras radiales o centrípetas con un extremo libre (**Fig. A1)** (van de Paverd, 1995). Constituyen uno de los elementos más distintivos e importantes de los radiolarios, para la construcción de su esqueleto y su relación con los axopodios (Afanasieva, 2007). Las espinas se catalogan en base a dos criterios: el primero, sería su conexión con el resto de la estructura esqueletal, y el segundo, de acuerdo con su morfología.

BASIC STRUCTURAL ELEMENTS

1. Spines

Radial or centripetal structures with a free end (**Fig. A1**) (van de Paverd, 1995). They are one of the most distinctive and important elements of radiolarians for the construction of their skeleton and their relationship with axopods (Afanasieva, 2007). Spines are classified based on two criteria: the first, being their connection to the rest of the skeletal structure, and the second, according to their morphology.

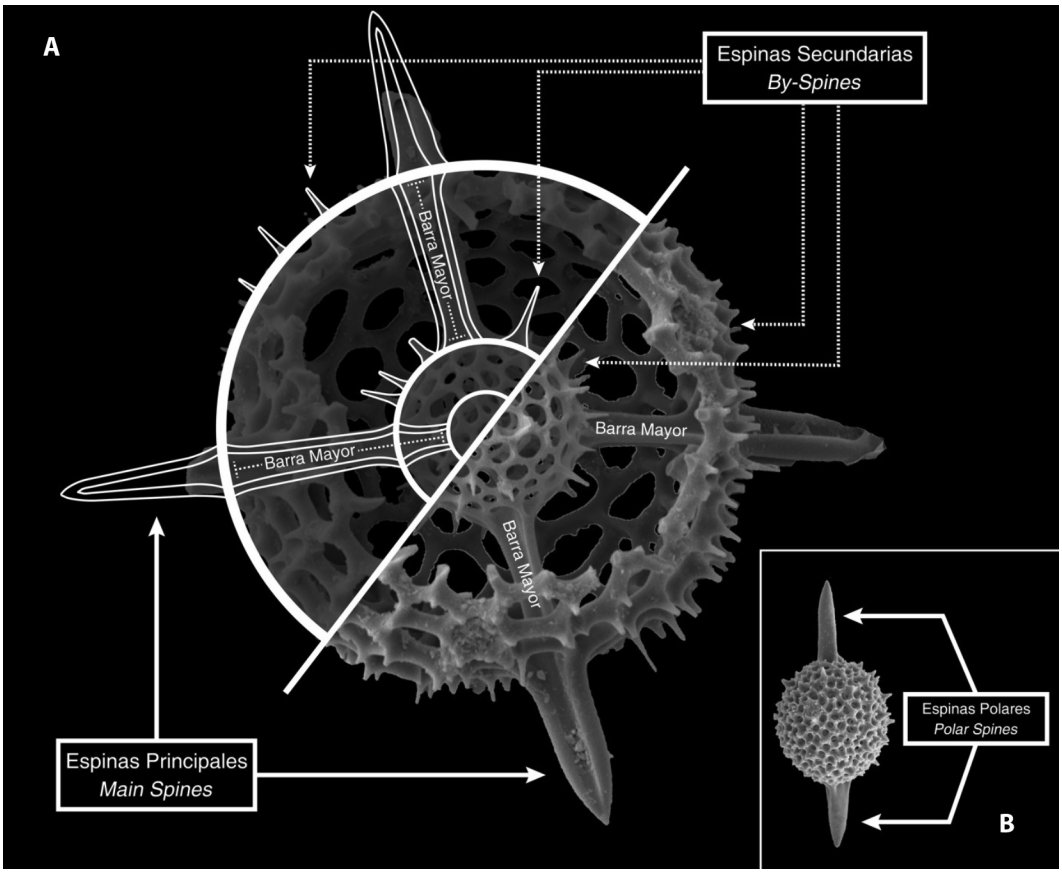


Fig. A1. (A). Diagrama general de las espinas principales y secundarias respecto al esqueleto. Las Principales están soportadas por barras mayores, que pueden atravesar otros elementos estructurales (conchas, en este caso), mientras las espinas secundarias no presentan tal soporte interno. así como su conexión con las barras mayores. **(B)** En algunos taxones de los Spumellaria, es característico la presencia de Espinas Polares. / **Fig. A1. (A)** General diagram of main and by-spines in relation to the skeleton. Main spines are supported by major bars, which may traverse other structural elements (shells in this case), while secondary spines do not have such internal support, as well as their connection with major bars. **(B)** In some taxa of Spumellaria, the presence of Polar Spines is characteristic.

1.1. Clasificación según la conexión con el esqueleto

De acuerdo con su conexión con el resto del cuerpo esqueletal, las espinas se dividen entre principales y secundarias.

1.1.1. Espinas principales

Espinas que se proyectan al exterior, atravesando otros elementos estructurales, y son soportadas por las barras radiales internas o mayores (**Fig. A1)** (Wever et al., 2001). Pueden ser simples (Es decir, sin elementos adicionales

1.1. Classification according to their connection with the skeleton

According to their connection to the rest of the skeletal structure, spines are divided into main and by-spines.

1.1.1. Main spines

Spines that project outward, piercing through other structural elements, and are supported by internal or major radial bars (**Fig. A1**) (Wever et al., 2001). They can be simple (without additional elements to the

a la estructura principal), ramificadas (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) o portar otros tipos de ornamentos (van de Paverd, 1995), como crecimientos salientes, internos o externos, similares a espinas, llamados Apófisis (*Apophyses*) **(Fig. A2)** (Boltovskoy, 1998). La parte externa de la espina se divide en 4 partes **(Fig. A2)**:

- **Sección distal:** sección terminal de la espina (Suzuki, 1998).
- **Cuerpo principal:** porción central del cuerpo de la espina (Suzuki, 1998).
- **Radix o base:** Es la base de la espina, siendo la sección que la une al esqueleto (Suzuki, 1998).
- **Asta espinal:** propagación acicular de la punta de la espina (Suzuki, 1998). Puede estar ausente o no.

  Existen algunos casos particulares:

Espinas polares (Fig. A1.B): espinas principales ubicadas en los extremos de los esqueletos elongados (elipsoidales u ovoides) de los Spumellaria, generalmente dos que son diametralmente opuestas (de Wever et al., 2001). El esqueleto puede contar con una única espina polar.

Espinas de la Espícula Incial: propagaciones de la Espícula Inicial (*initial spicule*), se nombran en función de su ubicación (ver apartado correspondiente).

1.1.2. Espinas secundarias

Espinas simples, generalmente más pequeñas y sencillas que las espinas principales, y se encuentran restringidas a la superficie de otros elementos estructurales (**Fig. A1**), tales como las conchas o espinas principales (van de Paverd, 1995). Normalmente crecen de los nodos entre los poros (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

1.2. Clasificación según la morfología

Morfológicamente, las espinas se catalogan como Cónicas o Lanceoladas (**Fig. A3**).

main structure), branched (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001), or bear other types of ornaments (van de Paverd, 1995), such as outward, internal, or external growths like spines, called apophyses (**Fig. A2**) (Boltovskoy, 1998). The external section of the spine is divided in 4 parts (**Fig. A2**)**:**

- **Distal part:** the terminal section of the spine (Suzuki, 1998).
- **Main part:** the central portion of the spine (Suzuki, 1998).
- **Radix or base:** the base of the spine, which connects it to the skeleton (Suzuki, 1998).
- **Spinal shaft:** acicular extension of the spine tip (Suzuki, 1998). It may be present or absent.

  There are some specific cases:

Polar spines (Fig. A1.B): main spines located at the ends of elongated (ellipsoidal or ovoid) skeletons of Spumellaria, usually two diametrically opposed spines (de Wever et al., 2001). The skeleton may have a single polar spine.

Initial Spicle's Spines: projections of the Initial Spicule, named according to their location (see corresponding section).

1.1.2. By-spines

Simple Spines, generally smaller and simpler than main spines, restricted to the surface of other structural elements (**Fig. A1**), such as shells or main spines (van de Paverd, 1995). They typically grow from the nodes between the pores (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

1.2. Classification according to their morphology

Morphologically, the spines can be classified as Conical or Bladed (**Fig. A3**).

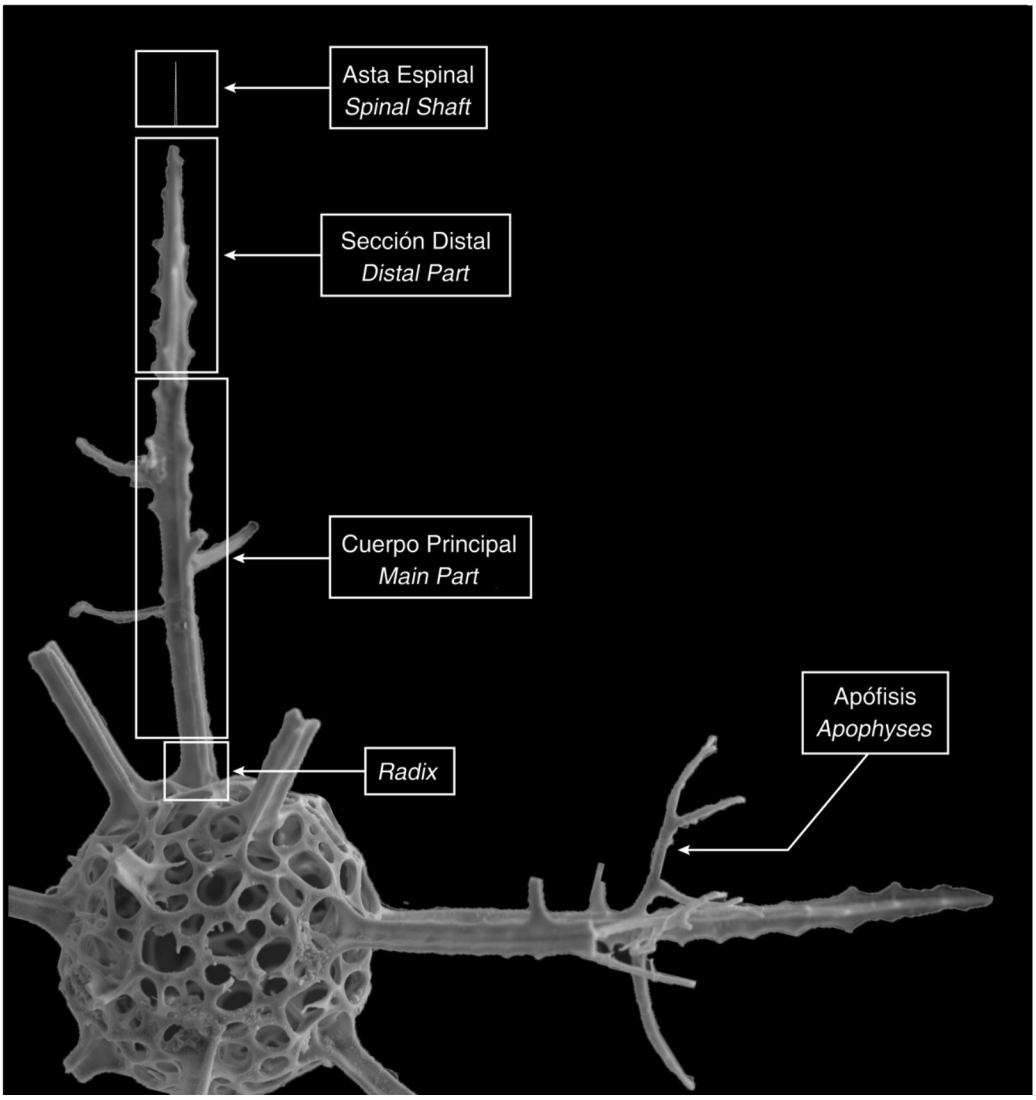


Fig. A2. La espina se puede dividir en 4 secciones o partes: Asta Espinal, Sección Distal, Cuerpo Principal y Radix. / **Fig. A2.** The spine can be divided into four sections or parts: Spine Horn, Distal Section, Main Body, and Radix.

1.2.1. Espinas cónicas

Espinas con una sección transversal circular o elíptica **(Fig. A3.A),** generalmente es lisa, pero puede presentar surcos en el radix y la parte inferior del cuerpo principal **(Fig. A3.B)** (de Wever et al., 2001), dando la impresión de una falsa base triangular (Afanasieva, 2007). Pueden ser rectas **(Fig. A4.A)**, curvadas **(Fig. A4.B),** aserradas **(Fig. A4.D)**, espiraladas (Boltovskoy, 1998) (**Fig. A4.E)** o en

1.2.1. Conical spines

Spines with a circular or elliptical cross-section (**Fig. A3.A**), generally smooth but may have grooves in the radix and lower part of the main body (**Fig. A3.B**) (de Wever et al., 2001), giving the impression of a false triangular base (Afanasieva, 2007). They can be straight (**Fig. A4.A**), curved (**Fig. A4.B**), serrated edges (**Fig. A4.D**), spiraled (Fig. **A2.E**) (Boltovskoy, 1998) or mace-shaped (**Fig. A4.F**), but always with a

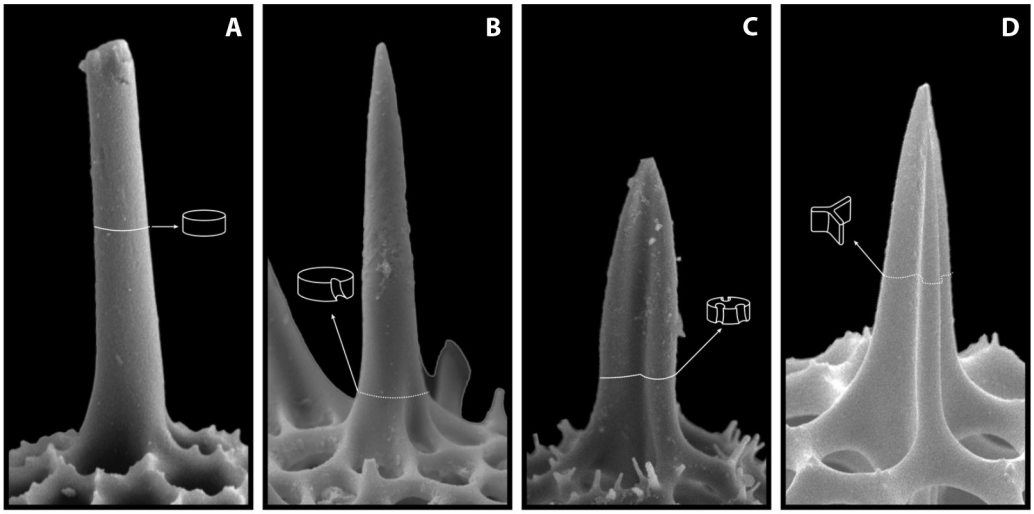


Fig. A3. Tipos de espinas según su morfología, la cual las divide en 2 tipos básicos: **(A)** Las espinas cónicas, con su base o corte transversal circular a elíptico, **(B)** pudiendo tener surcos en su radix y parte interior del cuerpo principal. **(C y D)** El segundo tipo, las espinas lanceoladas, son de base triangular, pudiendo ser **(C)** con forma de trébol o **(D)** con forma de Y. / **Fig. A3.** Types of spines according to their morphology, which can be divided into 2 basic types: **(A)** Conical spines, with a circular or elliptical cross-section, **(B)** and may have grooves in their radix and inner part of the main body. **(C and D)** The second type, the Bladed spines, has a triangular base, which can be **(C)** clover-shaped or **(D)** Y-shaped.

forma de mazo **(Fig. A4.F)**, pero siempre con una base redondeada (Afanasieva, 2007). El extremo terminal puede ser puntiagudo **(Fig. A3.B)** (van de Paverd, 1995) o ramificado **(Fig. A4.G)** (de Wever et al., 2001). Suelen ser espinas secundarias.

1.2.2. Espinas lanceoladas

Son espinas que parecen formada por placas (*plates*) u hojas (*blades*), fusionadas a lo largo de uno de sus bordes (Afanasieva & Amon, 2013), creando una forma aproximadamente triangular en corte transversal **(Figs. A3.C y D y A4.C)** (Afanasieva, 2007; Afanasieva & Amon, 2013; Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001). Suelen ser espinas principales. Pueden tener bordes suavizados **(Figs. A3.C y D y A4.C)** o aserrados **(Fig. A4.D)** (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001), y ser rectas **(Fig. A3.C y D y A4.C)**, espirales **(Fig. A4.E)**, ramificadas (apófisis) **(Fig. A2 y A4.G)** (Afanasieva, 2007; Afanasieva & Amon, 2013) o tener una sección distal con forma de mazo **(Fig. A4.F)** (Boltovskoy, 1998).

rounded base (Afanasieva, 2007). The terminal end can be pointed (**Fig. A3.B**) (van de Paverd, 1995) or branched (**Fig. A4.G**) (de Wever et al., 2001). They are typically By-spines.

1.2.2. Bladed spines

They are spines that appear to be formed by plates or blades fused along one of their edges, creating an approximately triangular shape in cross-section (**Figs. A3.C y D y A4.C**) (Afanasieva, 2007; Afanasieva & Amon, 2013; Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001). They are usually main spines. They can have smoothed edges (**Figs. A3.C y D y A4.C**) or serrated edges (**Fig. A4.D**) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001), and can be straight **(Fig. A3.C y D y A4.C**), spiraled (**Fig. A4.E**), branched (apophyses) (**Fig. A2 y A4.G**) (Afanasieva, 2007; Afanasieva & Amon, 2013), or have a mace-shaped distal section (**Fig. A4.F**) (Boltovskoy, 1998).

Revista de Biología Tropical, ISSN: 2215-2075 Vol. 72(S2): e61522, agosto 2024 (Publicado Ago. 13, 2024)

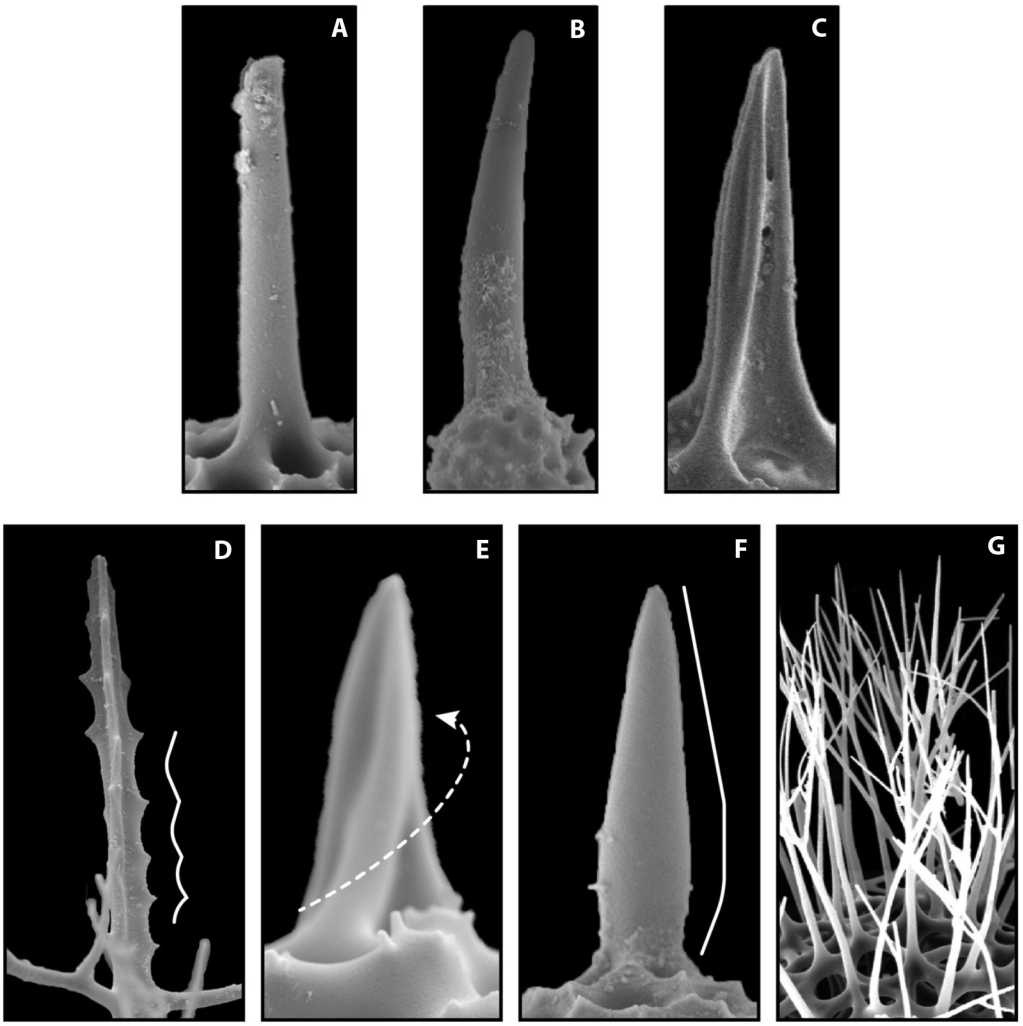


Fig. A4. Las espinas, principales o secundarias, pueden ser **(A)** rectas, **(B)** curvadas, **(C)** lanceoladas, **(D)** aserradas, **(E)** espiraladas, **(F)** con terminación en forma de mazo o **(G)** ramificadas. / **Fig. A4.** The spines, main or by-spines, can be: **(A)** straight, **(B)** curved, **(C)** bladed, **(D)** serrated, **(E)** spiraled **(F)** mace-shaped or **(G)** branched. Based on Boltovskoy (1998), de Wever et al. (2001), and Afanasieva (2006, 2007).

Existen dos variantes de este tipo de espinas (van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001; Afanasieva, 2007; Afanasieva & Amon, 2013):

- **Forma de Trébol (Fig. A3.C):** posee los extremos de las hojas lobulados, simulando la forma de un trébol de 3 hojas.
- **Forma de "Y" (Fig. A3.D y A4.C):** la espina se divide en 3 placas unidas con un corte transversal con forma de letra "Y", con ángulos obtusos entre las hojas.

There are two variations of this type of spines (van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001; Afanasieva, 2007; Afanasieva & Amon, 2013):

- **Clover-shaped (Fig. A3.C):** it has lobulated ends of the blades, resembling the shape of a three-leaf clover.
- **Y-shaped (Fig. A3.D y A4.C):** the spine is divided into three plates joined with a transverse cut in the shape of the letter "Y", with obtuse angles between the blades.

2. Barras o Rayos

Son elementos estructurales que conectan otros elementos por medio de sus dos extremos **(Fig. A1)** (Lazarus et al., 2021; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001). Las barras se catalogan en barras mayores y menores.

2.1. Barras mayores

Conectan elementos estructurales mayores, uniendo las espinas de la espícula inicial de los Nassellaria (de Wever et al., 2001; Afanasieva, 2006), conchas concéntricas y entre conchas y espinas principales (van de Paverd, 1995). Las barras nunca unca penetran la microesfera **(Fig. A1)** (de Wever et al., 2001). Su morfología exterior puede ser de corte transversal circular/elipsoidal o triangular (lanceoladas). Generalmente están dispuestas en forma radial (deWever et al., 2001; Afanasieva, 2006). Existen variaciones de las barras mayores en base a su función.

- **Arco (Fig. A5):** barras curvas que unen elementos radiales (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Barra media:** ver sección correspondiente en el apartado de Esqueletos Nassellarios.

2.2. Barras menores

Son los bloques de construcción de otros elementos estructurales **(Fig. A6 Y A7)** (van de Paverd, 1995), formando la red (*meshwork*) que constituye los esqueletos de los radiolarios, separadas por los poros (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Su corte transversal **(Fig. A7)** puede ser circulares o elípticas **(Figs. A7.A),** cuadrangulares **(Fig. A7.B)**, triangulares **(Fig. A7.C)**, en forma de "T" (*T-beam*) **(Fig. A7.D)**, en forma de "H" o "I" (*H/I-beam*) **(Fig. A7.E)** o lanceoladas **(Fig. A7.F)**. Estas formas se pueden observar en cortes de las conchas, donde se puede ver la arquitectura del Muro (*wall*). Los puntos de conexión de las barras menores se conocen como Nodos (*Nodes*) **(Fig. A6.)** (Boltovskoy, 1998).

3. Poros

Son las aperturas (van de Paverd, 1995; Afanasieva, 2006) o perforaciones en el esqueleto **(Fig. A8)** (Boltovskoy, 1998; de Wever et

2. Bars or Beams

They are structural elements that connect other elements through their two ends (**Fig. A1**) (Lazarus et al., 2021; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001). The bars are classified as major and minor bars.

2.1. Major bars

They connect larger structural elements, linking the spines of the initial spicule in Nassellaria (de Wever et al., 2001; Afanasieva, 2006), concentric shells, and between shells and main spines (van de Paverd, 1995). The bars never penetrate the microsphere (**Fig. A1**) (de Wever et al., 2001). Their outer morphology can be circular/ellipsoidal or triangular in cross-section (bladed). They are generally arranged radially (deWever et al., 2001; Afanasieva, 2006). There are variations of the major bars based on their function.

- **Arch (Fig. A5):** curved bars that connect radial elements (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Median bar:** please refer to the corresponding section in the Nassellarian Skeletons subsection.

2.2. Minor bars

They are the building blocks of other structural elements **(Fig. A6 Y A7)** (van de Paverd, 1995), forming the meshwork that constitutes the skeletons of radiolarians, separated by the pores (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Their cross-section **(Fig. 7)** can be circular or elliptical **(Fig. A7.A)**, square **(Figs. A7.B)**, triangular **(Fig. A7.C)**, "T"-beam shaped **(Fig. A7.D)**, "H"/"I"-beam shaped **(Fig. A7.E)** or "Y"-shaped (bladed) **(Fig. A7.F)** These shapes can be observed in cross-sections of the shells, where the architecture of the wall can be seen. The points of connection of the minor bars are known as nodes **(Fig. A7)** (Boltovskoy, 1998).

3. Pores

They are the openings (van de Paverd, 1995; Afanasieva, 2006) or perforations in the skeleton **(Fig. A8)** (Boltovskoy, 1998; de Wever

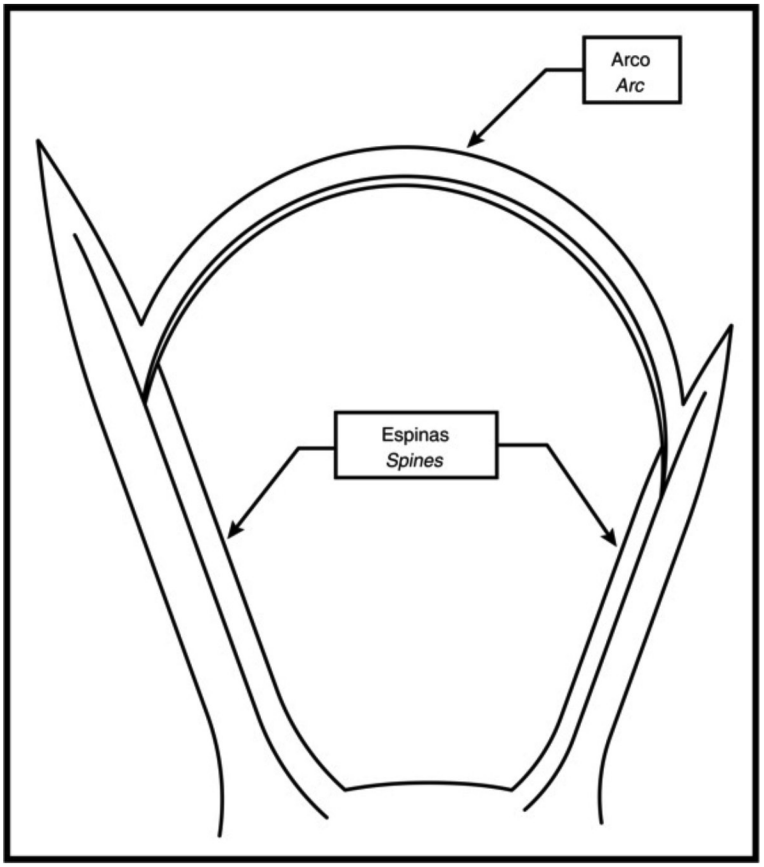


Fig. A5. Los arcos son barras, especializadas, curvas o arqueadas. / **Fig. A5.** The arches are specialized curved or arched bars.

al., 2001). El grosor o profundidad del poro depende del grosor del muro. Para la clasificación de los poros se toman en cuenta 3 criterios fundamentales: Forma, Tamaño y Arreglo.

- **Forma (Fig. A5):** desde circulares **(Figs. A8.A, A8.B, y de A8.G a A8.L.)** a elípticas **(Fig. A8.C)**, poligonales **(Figs. A8.D y A8.E).**, (generalmente de hexágonos, sencillos **(Fig. A8.D)** o enmarcados **(Fig. A8.E)** hasta irregulares (sin una forma definida) **(Fig. A8.F)** (Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).
- **Tamaño:** tamaño relativo entre los poros de una superficie determinada, ya sean de igual tamaño **(Fig. A8.A)** o de tamaños dispares **(Fig. A8.B)** (Boltovskoy, 1998;

et al., 2001). The thickness or depth of the pore depends on the thickness of the wall. For the classification of pores, three fundamental criteria are taken into account: Shape, Size, and Arrangement.

- **Shape (Fig. A5):** they range from circular **(Figs. A8.A, A8.B, and from A8.G to A8.L)** to elliptical **(Fig. A8.C)**, polygonal **(Figs. A8.D and A8.E)**, generally in the form of hexagons, either simple **(Fig. A5.D)** or framed **(Fig. A5.E)**, to irregular (without a defined shape) **(Fig. A8.F)** (Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).
- **Size:** relative size between the pores on a given surface, whether they are of equal size **(Fig. A8.A)** or of different sizes **(Fig. A8.B)**

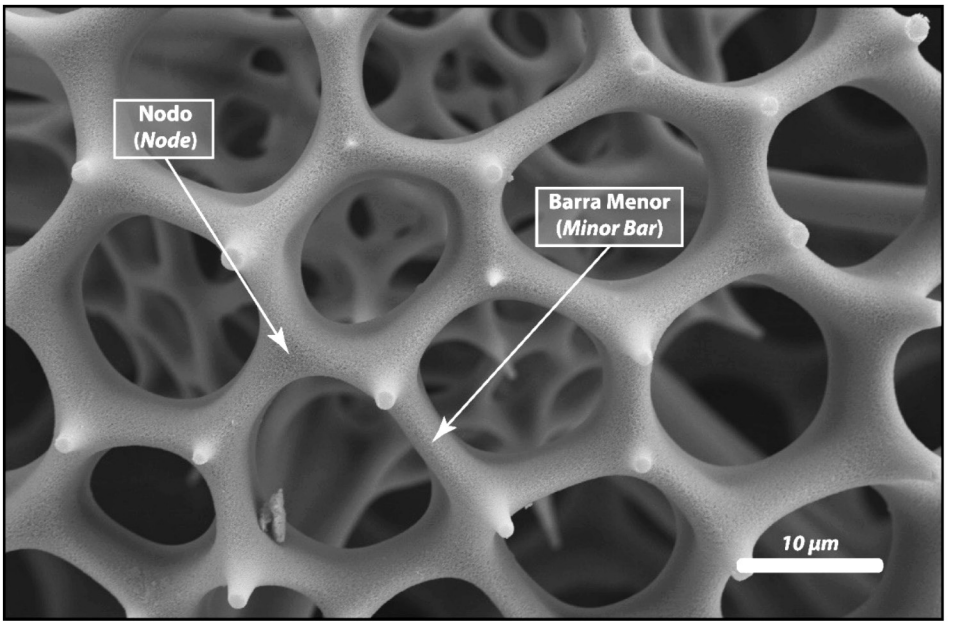


Fig. A6. Barras menores formando una concha de un Spumellaria, que muestra algunos nodos con espinas secundarias. / **Fig. A6.** Minor bars forming a shell of a Spumellaria, showing some nodes with secondary spines.

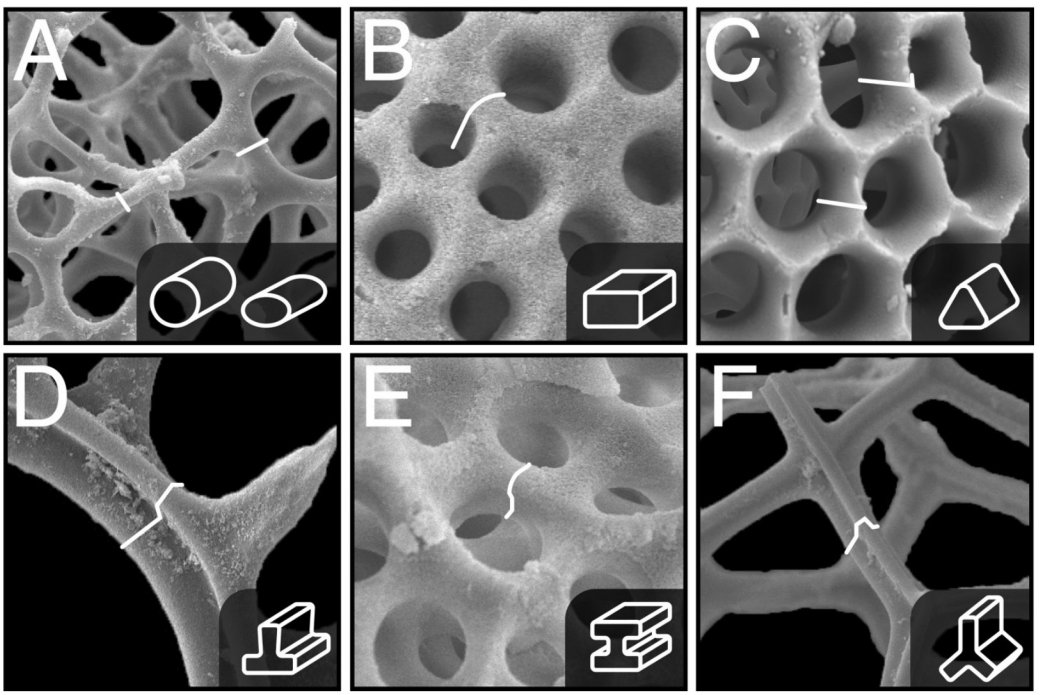


Fig. A7. Las barras menores forman elementos estructurales, que pueden tener un corte transversal circular o elíptico **(A)** cuadrangular **(B)**, triangular **(C)**, en forma de "T" **(D)**, en forma de "H" **(E)** o en forma de "Y" (lanceolado) **(F)**. / **Fig. A7. T**he minor bars form structural elements, that can have a circular or eliptical **(A)**, square **(B)**, triangular **(C)** "T"-shaped **(D)**, "H"-shaped **(E)** or "Y"-shaped (bladed) **(G)** cross-section.

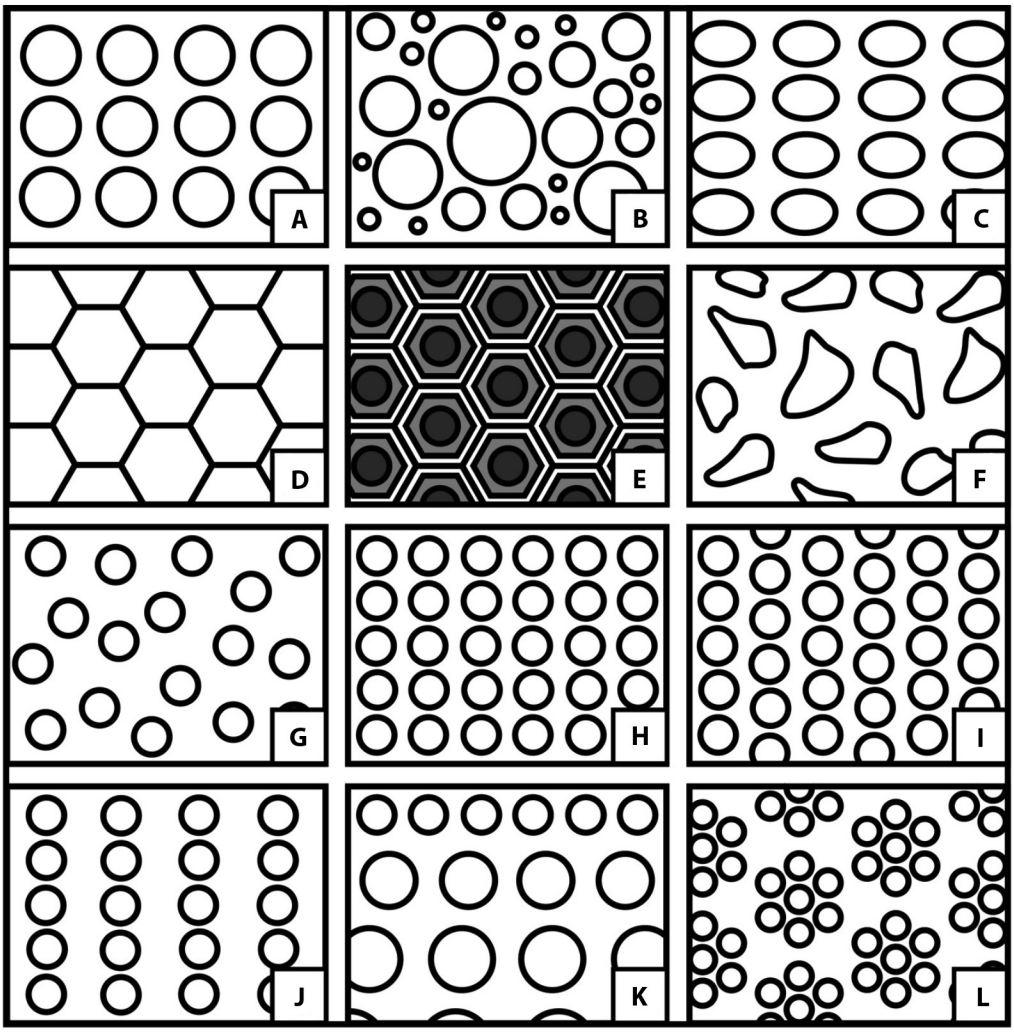


Fig. A8. Los poros en un esqueleto pueden presentar diferencias entre un taxon y otro, o entre una parte de su esqueleto y otra. Pueden ser **(A)** redondos y ordenados o **(B)** desorneados (arreglo irregular), o **(C)** elípticos, pero también pueden ser **(D)** hexagonales simples o **(E)** en un marco hexagonal grueso, **(F)** incluso carecer de forma definida. Pueden disponerse **(G)** sin seguir un patrón o tener un patrón **(H)** regular alineado, **(I)** escalonado, **(J)** en filas, **(K)** en gradientes o **(L)** en empaquetamiento hexagonal. / **Fig. A8.** The pores in a skeleton can vary between different taxa or different parts of the skeleton. They can be **(A)** round and orderly or **(B)** irregularly arranged, or **(C)** elliptical. They can also be **(D)** simple hexagons or **(E)** in a thick hexagonal frame, or **(F)** even lack a defined shape. They can be **(G)** randomly distributed or have a **(H)** regularly aligned, **(I)** staggered, **(J)** in rows, **(K)** in gradients, or **(L)** in a hexagonal packing pattern.

van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).

- **Arreglo:** es la distribución espacial de los poros, que puede ser regular **(Figs. A8.A, A8.C, A8.D, A8.E, A8.H a A8.L)** o irregular **(Figs. A8.B y A8.G)** (Boltovskoy, 1998;

(Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).

- **Pore Arrangements:** it is the spatial distribution of the pores, which can be regular **(Figs. A8.A, A8.C, A8.D, A8.E, A8.H to A8.L)** or irregular **(Figs. A8.B and A8.G)**

de Wever et al., 2001). El arreglo regular puede tener varios subtipos: Alineado **(Figs. A8.A, A8.C y A8.H)**, Escalonado **(Fig. A8.I)**, En filas **(Fig. A8.J)**, En gradiente (**Fig. A8.K)** y Empaque hexagonal **(Fig. A8.L)** (Lazarus et al., 2021).

Existen tipos de poros particulares debido a sus formas especiales o por tener estructuras relacionadas o asociadas como:

- **Crestas (Fig. A9.A):** cúspides o protuberancias que creen en los bordes entre los poros, generando una apariencia de poros enmarcados (*framed-pores*) (Lazarus et al., 2021). Estos marcos pueden ser redondos o poligonales (pentagonal, hexagonal…) (Boltovskoy, 1998).
- **Estructuras tubulares:** ver apartado correspondiente en la sección de Esqueletos Collodaria.
- **Piloma (Fig. A9.B):** gran apertura que se desarrolla en estructuras consecutivas, donde una serie de poros, mayores en diámetro conforme se extiende hacia el exterior, alineados (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Ogane & Suzuki, 2006). En algunas especies, el piloma puede consistir en un tubo bien definido o un grupo de espinas que emanan de una apertura (Wever et al., 2001).
- **Puerta (Fig. A9.C):** grandes aberturas en la malla del esqueleto y que por lo general son notoriamente más grandes que los poros (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Comunes en la Familia Pyloniidae (de Wever et al., 2001).
- **Apertura (Fig. A9.D):** apertura en el esqueleto (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) de mucho mayor tamaño al de los poros.
- **Poros Rosetados (Fig. A7.D):** es un tipo particular de Poro el cual se forma con poros que exhiben bordes tri o tetra lobulados (Boltovskoy, 1998).

(Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). The regular arrangement can have several subtypes: Aligned **(Figs. A8.A, A8.C, and A8.H)**, Staggered **(Fig. A8.I)**, In rows **(Fig. A8.J)**, Gradient **(Fig. A8.K)**, and Hexagonal packing **(Fig. A8.L)** (Lazarus et al., 2021).

There exist particular types of pores by their special shapes or having related or associated structures such as:

- **Ridges (Fig. A9.A):** crests or protrusions that form along the edges between the pores, creating a framed-pore appearance (Lazarus et al., 2021). These frames can be round or polygonal (pentagonal, hexagonal, etc.) (Boltovskoy, 1998).
- **Tubular structures:** please refer to the corresponding section in the Collodaria Skeletons section.
- **Pylome (Fig. A9.B):** a large opening that develops in consecutive structures, where a series of pores, increasing in diameter as they extend outward, are aligned. In some species, the pilum can consist of a well-defined tube or a cluster of spines emanating from an aperture. (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Ogane & Suzuki, 2006).
- **Gate (Fig. A9.C):** large openings in the skeleton that are typically noticeably larger than the pores (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Common in the family Pyloniidae (de Wever et al., 2001).
- **Aperture (Fig. A9.D):** an opening in the skeleton that is much larger in size than the pores. (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Rosette-shaped pores (Fig. A7.D):** is a particular type of pore with a tri- or tetra-lobed edge (Boltovskoy, 1998).

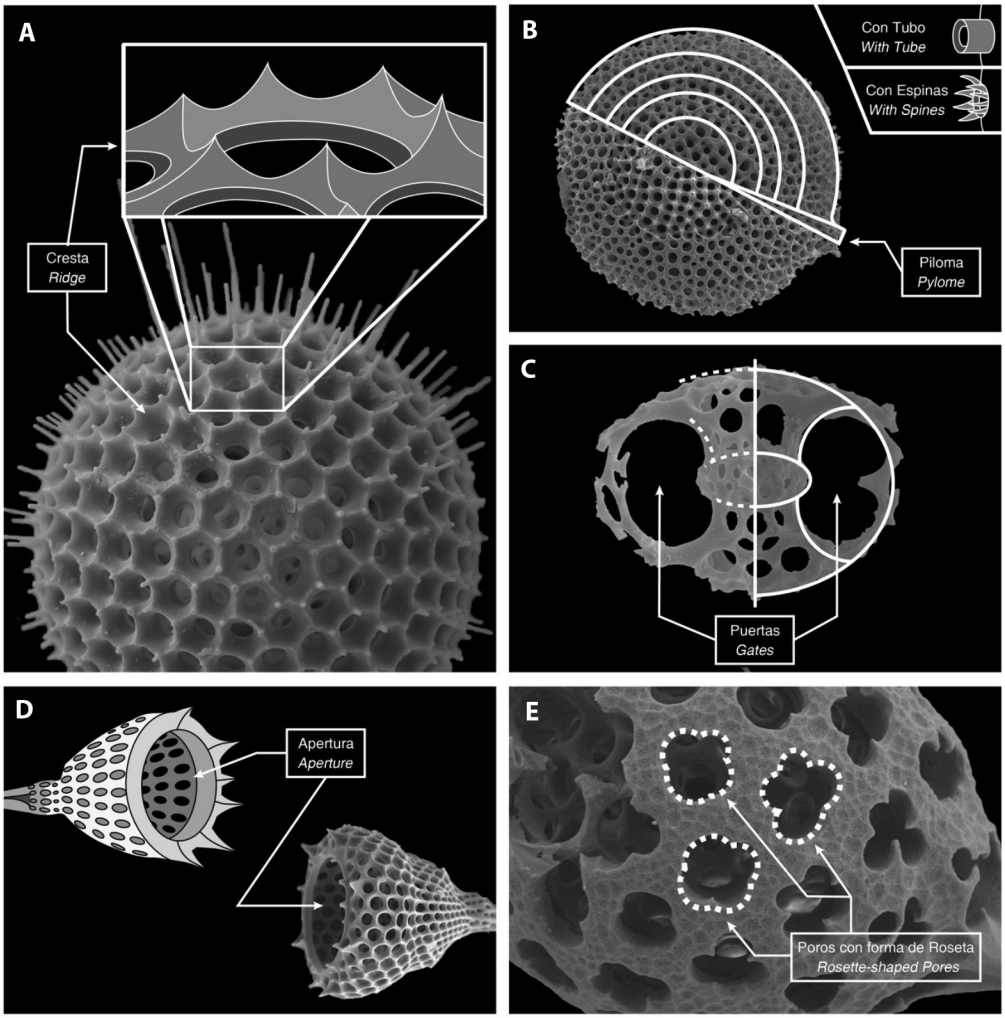


Fig. A9. Poros especiales y estructuras asociadas a los poros, tales como **(A)** Crestas, **(B)** Pilomas, con terminaciones que pueden tener una estructura tubular o tener espinas en su periferia, **(C)** Puertas, **(D)** Apertura y **(E)** Poros Rosetados, característico de *Ellipsoxiphus atractus*. / **Fig. A9.** Special pores and structures associated with the pores, such as **(A)** Ridges, **(B)** Pylome, with terminations that can have a tubular structure or have spines on their periphery, **(C)** Gates, **(D)** Aperture and Rosette-shaped pores characteristic of *Ellipsoxiphus atractus*.

TIPO DE PARED ESQUELETAL

Se deriva de la forma en que se dio el crecimiento esqueletal (Afanasieva, 2006) y estructura de la pared o Muro (*Wall*) **(Fig. A10)**.

Esqueleto enrejado

Entramado de barras menores (*Minor bars*) **(Figs. A10.A a A10.D)**, dispuestas regularmente, definiendo y perfilando poros de

TYPE OF SKELETAL WALL

It is derived from the way skeletal growth occurred (Afanasieva, 2006) and the structure of the wall **(Fig. A10)**.

Latticed shell

Framework of minor bars **(Figs. A10.A to A10.D)**, arranged regularly, defining and outlining pores of circular shapes **(Fig. A10.C)**,

formas circulares **(Fig. A10.C)**, irregulares **(Figs. A10.A y A10.B)** o isométricas/poligonales (principalmente hexágonos o formas afines a estos) **(Fig. A10.D)** (Afanasieva, 2006; de Wever et al., 2001). Pueden ser del mismo tamaño de diferentes, y dispuestos de forma regular o no (de Wever et al., 2001).

Esqueleto perforado

Hecho de barras menores delgadas, formando una lámina o malla, con poros pequeños y dispersos **(Figs. A10.E y A 10.F**), con o sin un arreglo geométrico definido (de Wever et al., 2001). Los poros pueden ser poligonales, redondeadas o subtriangulares, con los ángulos suavizados y redondeados para aumentar la durabilidad del esqueleto (Afanasieva, 2006). Los poros pueden ser del mismo o de diferente tamaño, y dispuestos de forma regular o irregular (de Wever et al., 2001).

Esqueleto esponjoso

Barras menores sumamente delgadas que se entrelazan formando una red irregular o caótica, sin un patrón de distribución de poros reconocible (de Wever et al., 2001), creando una estructura fibrosa confusa (Afanasieva, 2006) **(Figs. A 10.G y A 10.H**).

ESTRUCTURA INTERNA

Se refiere al elemento estructural primigenio, la estructura más primitiva, la pieza esqueletal de la que se edifica el resto del esqueleto. Esta estructura queda encerrada en el interior del esqueleto, pudiendo estar presente o ausente en los especímenes adultos. Hay dos tipos de estructuras internas **(Fig. A11)**.

Microesfera

Estructura esférica u ovoide ubicada en la porción más interna del esqueleto de los Spumellaria (Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001) (**Fig. A11.A)**. Dependiendo de la fuente consultada, el término "microesfera" puede cambiarse por concha

irregular shapes **(Figs. A10.A and A10.B)**, or isometric/polygonal shapes (mainly hexagons or similar forms) **(Fig. A10.D)** (Afanasieva, 2006; de Wever et al., 2001). They can be of the same size or different sizes and arranged regularly or irregularly (de Wever et al., 2001).

Perforated shell

Made of thin minor bars, forming a sheet or meshwork with small and scattered pores **(Figs. A 10.E and A 10.F)**, with or without a defined geometric arrangement (de Wever et al., 2001). The pores can be polygonal, round, or subtriangular, with smoothed and rounded angles to increase the durability of the skeleton (Afanasieva, 2006). The pores can be of the same or different sizes and arranged in a regular or irregular manner (de Wever et al., 2001).

Spongy shell

Extremely thin minor bars that interweave to form an irregular or chaotic network, without a recognizable pattern of pore distribution (de Wever et al., 2001), creating a confused fibrous structure (Afanasieva, 2006) **(Figs. A 10.G and A 10.H)**.

INTERNAL FRAMEWORK

It refers to the primordial structural element, that is, the most primitive skeletal piece from which the rest of the skeleton is built. This structure is enclosed inside the skeleton and may or may not be present in adult specimens. There are two types of internal structures **(Fig. A11)**.

Microsphere

Spherical or ovoid structure located in the innermost part of the skeleton of Spumellaria (Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001) **(Fig. A11.A)**. Depending on the source consulted, the term "microsphere" can be replaced with innermost medullary shell (Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001).

Revista de Biología Tropical, ISSN: 2215-2075 Vol. 72(S2): e61522, agosto 2024 (Publicado Ago. 13, 2024)

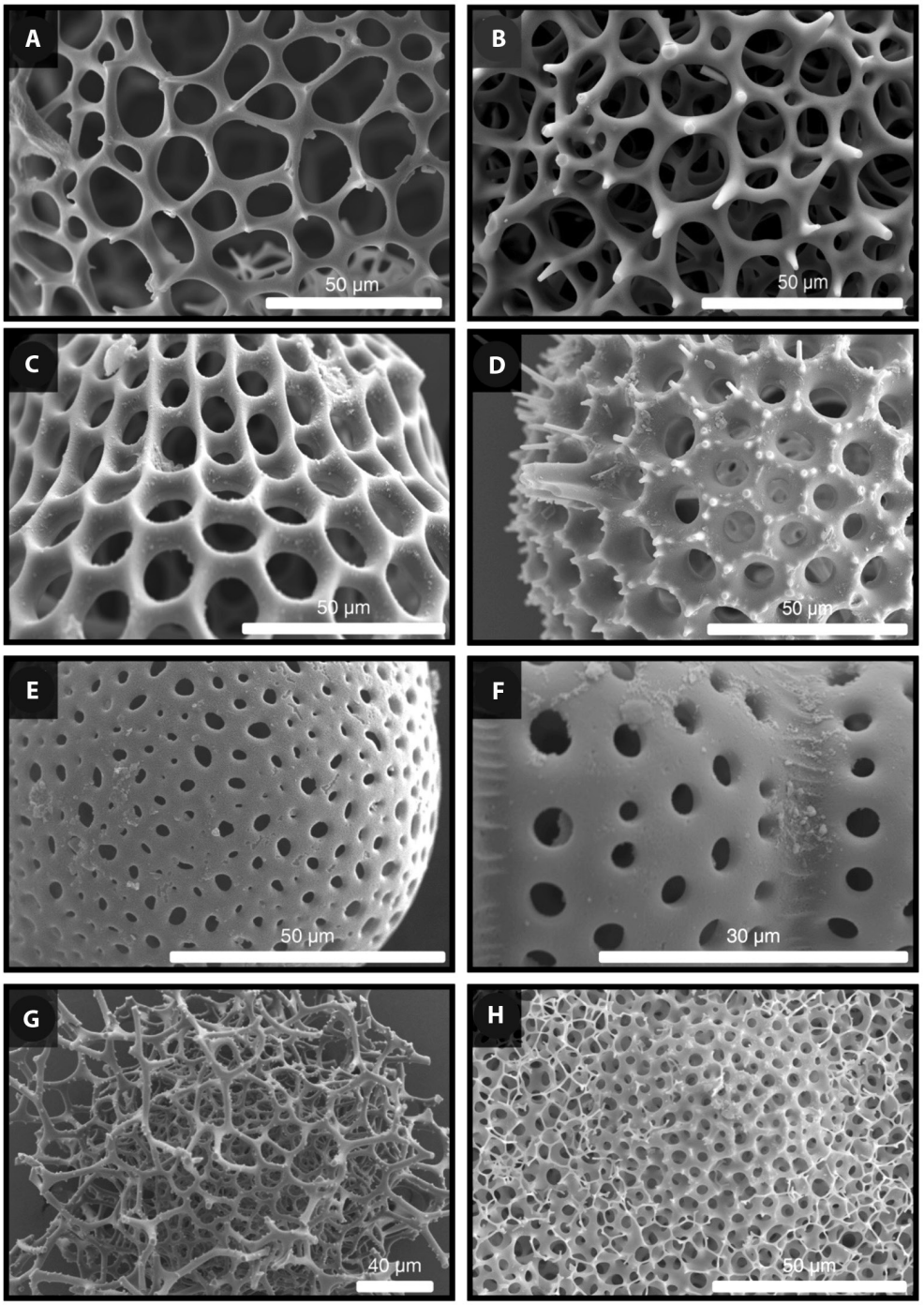


Fig. A10. Tipos de esqueletos o muros: **(A-D)** Esqueletos enrejados, con **(A y B)** poros irregulares, **(C)** redondos o **(D)** hexagonales; **(E Y F)** Esqueletos perforados, **(E)** de patrón irregular o **(F)** regular; y **(G-H)** Esqueletos esponjosos, ya sea **(G)** la totalidad de este o **(G y H)** una capa. / **Fig. A10.** Types of skeletons or walls: **(A-D)** Lattice skeletons, with **(A and B)** irregular pores, **(C)** circular pores, or **(D)** hexagonal pores; **(E and F)** Perforated skeletons, with **(E)** irregular pattern or **(F)** regular pattern; and **(G-H)** Spongy skeletons, either **(G)** the entire skeleton or **(G and H)** a layer of the skeleton.

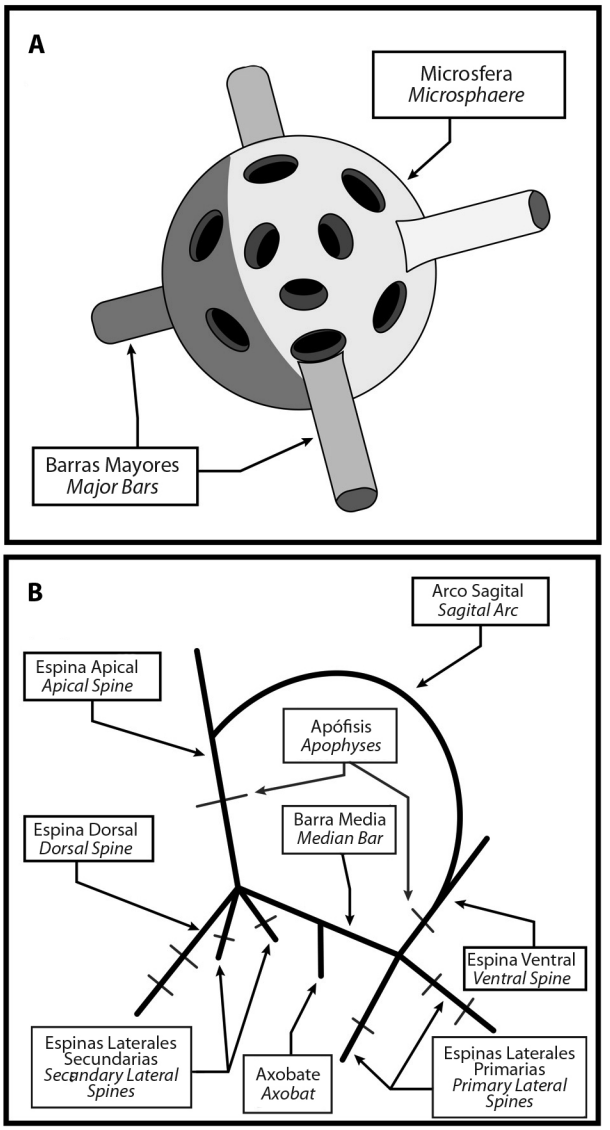


Fig. A11. Tipos de estructuras internas o germinales: **(A)** Microesfera, estructura base para los Spumellaria, a la que ninguna barra penetra y que se ubica en el centro del esqueleto. **(B)** Espícula Inicial, estructura base de los esqueletos Nassellaria. / **Fig. A11.** Types of internal or germinal structures: **(A)** Microsphere, the base structure for Spumellaria, which no bar penetrates and is located in the center of the skeleton. **(B)** Initial spicule, the base structure for Nassellaria skeletons.

medular interna (*innermost medullary shell*) (Boltovskoy, 1998; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001).

Esta estructura se originó a partir de otro elemento aún más primitivo: la Espícula Inicial (*Initial Spicle*), la cual fue reemplazada por la microesfera (Afanasieva, 2007). La microesfera

This structure originated from an even more primitive element called the Initial Spicule, which was later replaced by the microsphere (Afanasieva, 2007). The microsphere can have a lattice-like or fibrous structure (like spongy, but it can also be plexiform - irregular

puede ser de tipo enrejada o fibrosa (similar a esponjosa, pero puede ser plexiforme – red interconectada irregulares de barras o espinas) (van de Paverd, 1995).

Espícula Inicial

La espícula inicial o primaria (*Primary or Initial Spicle*) (Lazarus et al., 2021) **(Fig. A11.B)** es el elemento más simple y primitivo de construcción de los radiolarios (de Wever et al., 2001; Afanasieva, 2007; Lazarus et al., 2021), por su estabilidad en el espacio y el tiempo (Afanasieva, 2007). Este elemento solo se presenta en algunos grupos (orden Nassellaria) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Afanasieva, 2007).

Estructuralmente, se compone de dos grupos de espinas, en conjuntos de cuatro y tres, que se unen por uno de sus extremos en un nodo central, que a su vez se une a uno de los extremos de una barra central llamada barra mediana (*median bar*), mientras el resto de las espinas se proyectan al exterior (Lazarus et al., 2021). Cada una de las espinas que radian poseen un nombre acorde a su posición (de Wever et al., 2001): El primer grupo (tres espinas) se compone de la espina vertical o ventral (*vertical/ventral spine*) y un par de espinas laterales primarias (*primary lateral spines*). El segundo grupo (cuatro espinas) está compuesto por un par de espinas laterales secundarias (s*ecundary lateral espines*), una espina dorsal (*dorsal spine*) y una espina apical (*apical spine*) (de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021). Estas espinas forman ángulos obtusos con la barra mediana. En algunos ejemplares existe una espina que crece directamente de la barra mediana, perpendicular a esta, y en la misma dirección que las espinas laterales y dorsal: axobate (*axobat* o *axobate*) (de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021). Estas espinas se conectan por medio de arcos (de Wever et al., 2001) al mismo tiempo que de estas crecen pequeñas espinas llamadas apófisis (*aphophyses*), nombradas según su ubicación y la espina en la que crecen (de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).

interconnected network of bars or spines) (van de Paverd, 1995).

Initial Spicle

The Initial Spicule or Primary Spicle (Lazarus et al., 2021) **(Fig. A11.B)** is the simplest and most primitive building block of radiolarians (de Wever et al., 2001; Afanasieva, 2007; Lazarus et al., 2021) due to its stability in space and time (Afanasieva, 2007). This element is only present in some groups (order Nassellaria) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Afanasieva, 2007).

Structurally, it consists of two groups of spines, in sets of four and three, which are joined at one end in a central node, which in turn is connected to one end of a central bar called the median bar, while the rest of the spines project outward (Lazarus et al., 2021). Each of the radiating spines has a name corresponding to its position (de Wever et al., 2001): The first group (three spines) consists of the vertical or ventral spine and a pair of primary lateral spines. The second group (four spines) is composed of a pair of secondary lateral spines, a dorsal spine, and an apical spine (de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021). These spines form obtuse angles with the median bar. In some specimens, there is a spine that grows directly from the median bar, perpendicular to it, and in the same direction as the lateral and dorsal spines: the axobate (de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021). These spines are connected by arcs (de Wever et al., 2001), and small spines called apophyses grow from them, named according to their location and the spine they grow on (de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).

ESTRUCTURA EXTERNA

Los radiolarios polycystina se caracterizan por sus formas geométricas o semi geométricas y, de todas estas, la forma más básica, en función de la mayor economización del material y la resistencia del su armazón, es la Esfera, que se va alterando por el crecimiento del resto de elementos estructurales, factores medioambientales y la formación de nuevos organelos de la célula, tomando formas diversas, tales como las de Campana, Discos, Elipses, entre otros (Mordukhai-Boltovskoy, 1936 en: Afanasieva, 2006).

A pesar de las variaciones en la forma geométrica básica, el esqueleto del radiolario sigue sujeto a un elemento intangible y fundamental: La simetría, responsable de la principal diferencia, y criterio taxonómico, entre los dos órdenes más conocidos y abundantes del grupo de los radiolarios: Spumellaria y Nassellaria (Boltovskoy, 1998). Para la mayoría de los Spumellaria y Collodaria, su simetría es radial o esférica (de Wever et al., 2001; Boltovskoy et al., 2017). Para los Nasselaria es bilateral o Heteropolar.

La combinación de simetría, alteración morfológica, tipo de estructura interna y elementos estructurales básicos, y sus modificaciones específicas, provoca la diferenciación de los esqueletos entre los 3 órdenes de los Polycystina.

1. Esqueleto Collodaria

Carece de estructura interna (Ishitani et al., 2012), por lo que su clasificación y descripción morfológica se basa en su estructura externa. Poseen un esqueleto conformado por una única concha (Suzuki & Not, 2015; Lazarus et al., 2021), de formas esféricas a sub-esféricas, con la única excepción los miembros de la familia Sphaerozoidae (Que no serán tratados en este material) que pueden presentar un esqueleto compuesta de una o varias espículas aisladas (Biard et al., 2015; Suzuki & Not, 2015; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001). El esqueleto Collodaria es de tipo perforado y con poros simples (Lazarus et al., 2021; de Wever et al., 2001) **(Fig. A12)**. Algunas estructuras

EXTERNAL FRAMEWORK

Polycystine radiolarians are characterized by their geometric or semi-geometric shapes, and among these, the most basic form, based on material economy and structural strength, is the Sphere, which is altered by the growth of other structural elements, environmental factors, and the formation of new cell organelles, taking on various shapes such as Bell, Discs, Ellipses, among others (Mordukhai-Boltovskoy, 1936 in: Afanasieva, 2006).

Despite variations in the basic geometric shape, the radiolarian skeleton is subject to an intangible and fundamental element: Symmetry, which is responsible for the main difference and taxonomic criterion between the two most well-known and abundant orders within the radiolarian group: Spumellaria and Nassellaria (Boltovskoy, 1998). For the majority of Spumellaria and Collodaria, their symmetry is radial or spherical (de Wever et al., 2001; Boltovskoy et al., 2017). For Nassellaria, it is bilateral or Heteropolar.

The combination of symmetry, morphological alteration, type of internal structure, basic structural elements, and their specific modifications lead to differentiation of the skeletons among the three orders of Polycystine radiolarians.

1. Collodarian Skeleton

It lacks internal structure (Ishitani et al., 2012), so its classification and morphological description are based on its external structure. They possess a skeleton composed of a single shell (Suzuki & Not, 2015; Lazarus et al., 2021), ranging from spherical to sub-spherical shapes, with the only exception being members of the Sphaerozoidae family (which will not be covered in this material) that may have a skeleton composed of one or several isolated spicules (Biard et al., 2015; Suzuki & Not, 2015; van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001). The Collodaria skeleton is perforated and has simple pores (Lazarus et al., 2021; de Wever et al., 2001) **(Fig. A12)**. Some particular structures that they may possess include Tubes, Crowns, and Spines.

Revista de Biología Tropical, ISSN: 2215-2075 Vol. 72(S2): e61522, agosto 2024 (Publicado Ago. 13, 2024)

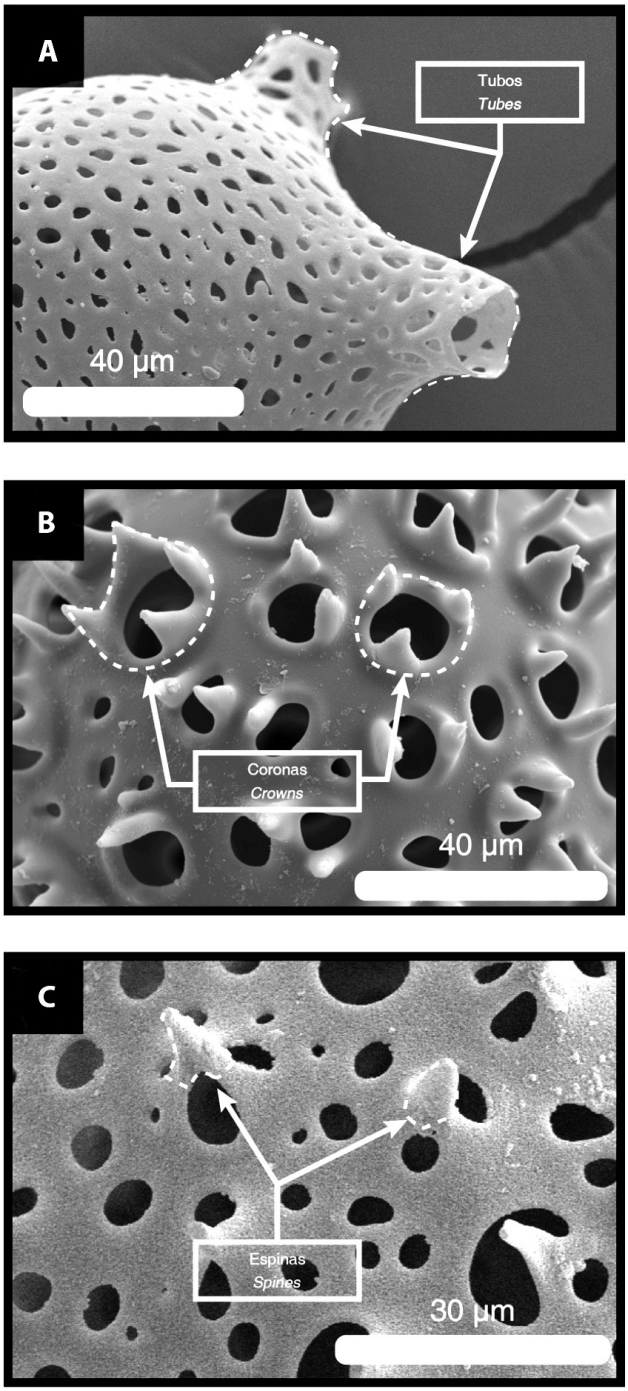


Fig. A12. Estructuras asociadas a los esqueletos Collodaria: **(A)** Tubos **(B)**, Coronas y **(C)** Espinas de tipo secundarias. / **Fig. A12.** Structures associated with Collodaria skeletons: **(A)** Tubes, **(B)** Crowns, and **(C) S**pines.

particulares que pueden presentar son los Tubos, Coronas y Espinas.

- **Tubos (Fig. A12.A):** extensiones cilíndricas en forma de tubo. Pueden ser rectos o curvos, y sus extremos ser cilíndricos, aproximadamente cónicos, con forma de trompeta o ramificados (van de Paverd, 1995).
- **Coronas (Fig. A12.B):** prolongaciones de los bordes de los poros en forma de anillo o cilindro corto (más corto que los tubos). Pueden culminar en espinas cortas.
- **Espinas (Fig. A12.C):** de tipo secundarias y cónicas en la superficie no perforada del esqueleto.

2. Esqueleto Spumellaria

Se caracterizan por un esqueleto conformado por un conjunto de conchas concéntricas (van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001; Boltovskoy et al., 2017; Lazarus et al., 2021), que se desarrollan centrífugamente y se conectan por barras radiales **(Fig. A13.A)** (de Wever et al., 2001; Boltovskoy et al., 2017) a partir de una microesfera (Fig. **A11.A). S**us esqueletos son de formas esféricas o formas derivadas (Discoidales, Fusiformes, Elipsoidales…) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Suzuki & Not, 2015; Boltovskoy et al., 2017)), en el cual las conchas internas, que rodean a la microesfera y que durante su vida están cubiertas por la cápsula celular central, son llamadas conchas medulares (*medullary shells*) o conchas internas (*internal shells*), mientras que las conchas externas, múltiples o solo una, son referidas como conchas corticales o extra-corticales (*cortical or extra-cortical shells*) o conchas externas (*outer shells*) o exoesferas (*exophere*) (Boltovskoy, 1998; Suzuki, 1998; de Wever et al., 2001) **(Fig. A13.A)**.

2.1. Formas esféricas

El tipo estructural más básico de los Spumellaria es el esqueleto de tipo actinommido (Lazarus et al., 2021) **(Fig. A13.A)**, conformado por una serie de conchas esféricas concéntricas de las que radian las espinas principales soportadas por barras mayores. Pueden tener espinas

- **Tubes (Fig. A12.A):** cylindrical extensions in the form of tubes. They can be straight or curved, with their ends being cylindrical, approximately conical, trumpet-shaped, or branched.
- **Crowns (Fig. A12.B):** extensions of the edges of the pores in the form of a ring or short cylinder (shorter than the tubes). They may end in short spines.
- ***Spines* (Fig. A12.C):** dconical by-spines on the unperforated surface of the skeleton.

2. Spumellarian Skeleton

They are characterized by a skeleton composed of a set of concentric shells (van de Paverd, 1995; de Wever et al., 2001; Boltovskoy et al., 2017; Lazarus et al., 2021), which develop centrifugally and are connected by radial bars **(Fig. A13A)** (de Wever et al., 2001; Boltovskoy et al., 2017) from a microsphere **(Fig. A11.A)**. Their skeletons can have spherical shapes or derived forms (discoidal, fusiform, ellipsoidal, etc.) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Suzuki & Not, 2015; Boltovskoy et al., 2017), and the internal shells that surround the microsphere, covered by the central cellular capsule during their lifetime, are called medullary shells or internal shells. The external shells, whether multiple or singular, are referred to as cortical or extra-cortical shells, outer shells, or exospheres (Boltovskoy, 1998; Suzuki, 1998; de Wever et al., 2001) (**Fig. A13.A)**.

2.1. Sphaerical Shapes

The most basic structural type of Spumellaria is the actinommid skeleton (Lazarus et al., 2021) **(Fig. A13.A)**, which consists of a series of concentric spherical shells from which the main spines radiate, supported by larger bars. They can have secondary spines and other ornaments. The number and type of spines may vary depending on the taxon.

The number of shells varies depending on the taxon, and they are traditionally named with numbers according to their position relative to the rest, with lower numbers indicating the innermost shells and higher numbers indicating the outermost shells **(Fig. A13.B)**.

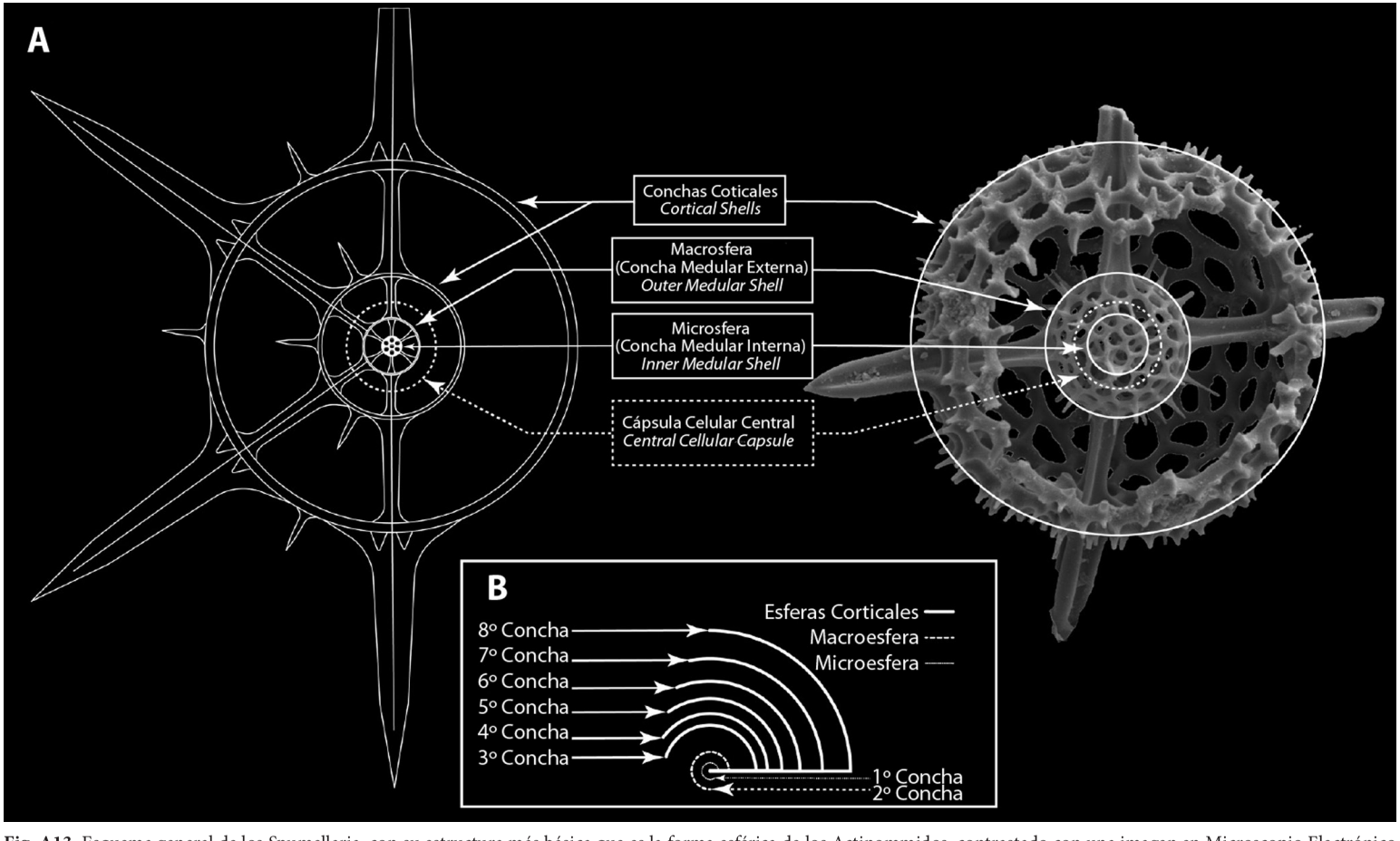


Fig. A13. Esquema general de los Spumellaria, con su estructura más básica que es la forma esférica de los Actinommidos, contrastado con una imagen en Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) de un ejemplar de *Hexacontium hostile-armatum* Group, **(A)** mostrando los nombres que portan las distintas conchas y **(B)** la numeración que portan las mismas, según su posición, desde la más interna a la más externa. / **Fig. A13.** General scheme of Spumellaria, with the most basic structure being the spherical shape of Actinommids, contrasted with a Scanning Electron Microscope (SEM) image of a specimen from the Hexacontium hostile-armatum group. **(A)** Shows the names of the different spheres, and **(B)** shows the numbering of the shells according to their position, from the most internal to the most external.

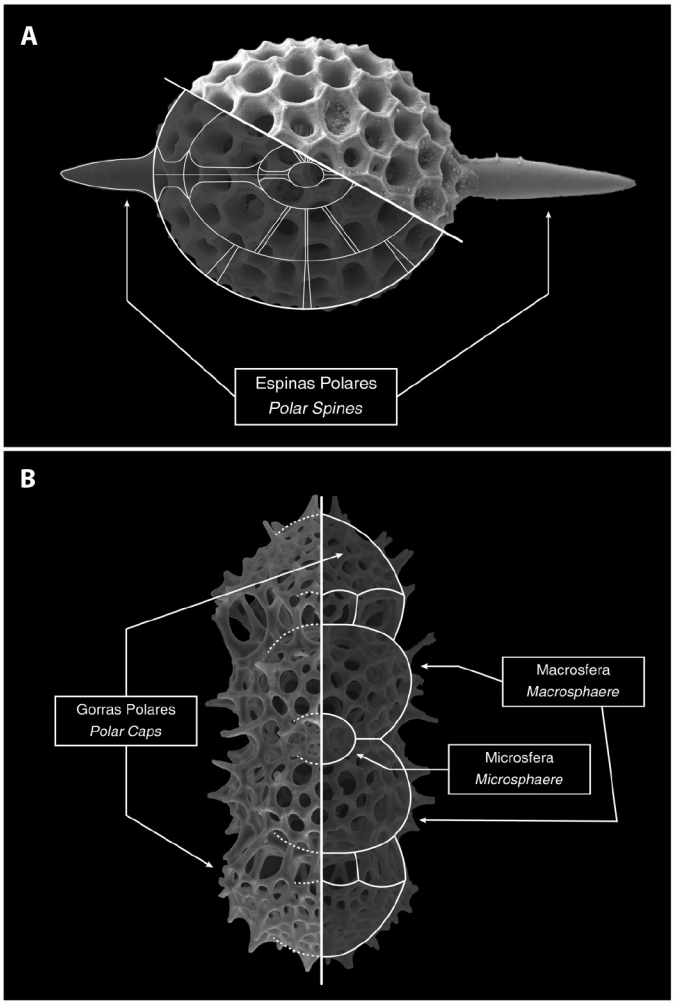


Fig. A14. Esquema general de los Spumellaria Fusiformes, contrastados con imágenes de MEB de dos ejemplares representantes de este tipo de forma: **(A)** la forma fusiforme básica con conchas ovoides y espinas polares, como en *Axoprunum stauraxonium*; y **(B)** la forma particular de los ejemplares de *Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus*, que no presentan espinas polares sino Gorras Polares. / **Fig. A14.** General scheme of Fusiform Spumellaria, contrasted with SEM images of two representative specimens of this form: **(A)** the basic fusiform shape with ovoid shells and polar spines, as seen in Axoprunum stauraxonium; and **(B)** the distinctive form of Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus specimens, which lack polar spines but exhibit Polar Caps.

secundarias y otros ornamentos. El número y tipo de espinas puede variar según el taxón.

El número de conchas varía dependiendo del taxón, las cuales tradicionalmente se les nombra por números según su posición respecto al resto, siendo las de números más bajos las más internas y las de mayor número las más externas **(Fig. A13.B)**.

Usually, the first sphere is the Microsphere, also known as the primary medullary shell or inner medullary shell, and the next sphere, the secondary medullary shell, is known as the Macrosphere (Macrosphaere) (Boltovskoy, 1998; Suzuki, 1998) **(Fig. A13.A**).

Usualmente la primera esfera es la Microesfera, también llamada esfera medular primaria (*primary medullary shell*) o interna (*inner medullary shell*) y la esfera que le sigue, la esfera medular secundaria (*secundary medullary shell*), es conocida como Macroesfera (*Macrosphaere*) (Boltovskoy, 1998; Suzuki, 1998) **(Fig. A13.A)**.

2.2. Formas Fusiformes

Una variante de la forma de tipo actinommido, donde la o las conchas corticales son ovoides **(Fig. A14)** (Lazarus et al., 2021) y las espinas principales son de tipo polares, ser de igual o distinta longitud **(Fig. A14.A)**. Presenta un par de barras mayores conectando las espinas polares y otra seria, si están presentes, conectan las conchas, restringiéndose al plano ecuatorial (Lazarus et al., 2021).

Un caso particular es el presentado por el género *Didymocyrtis*, el cual tiene forma alargada o fusiforme, sin espinas polares, pero que pueden contar con crecimientos esqueléticos en forma de cúpulas enrejas en los extremos del esqueleto llamadas gorras polares (p*olar caps*) (Boltovskoy, 1998) o simplemente gorras (*caps*) (de Wever et al., 2001) **(Fig. A14.B)**.

2.3. Formas discoidales

Estructuras aplanadas, cóncavas o biconvexas (lenticulares) y que se componen de estructuras anulares o espiraladas en su interior, con barras radiales que se pueden propagar al exterior en espinas **(Figs. A15, A16 y A17)** (Lazarus et al., 2021). El esqueleto se divide en 2 partes básicas: El disco y Los Ornamentos (Ogane & Suzuki, 2006).

2.2. Fusiform shapes

A variant of the actinommid-like form is characterized by ovoid cortical shells **(Fig. A14)** (Lazarus et al., 2021), and the main spines are polar, either of equal or different lengths **(Fig. A14.A)**. It features a pair of larger bars connecting the polar spines, and another set, if present, connecting the shells, restricted to the equatorial plane (Lazarus et al., 2021).

A particular case is observed in the genus Didymocyrtis, which has an elongated or fusiform shape and lacks polar spines. Instead, it may have skeletal growths in the form of lattice-like caps at the ends of the skeleton, known as polar caps (Boltovskoy, 1998) or simply caps (de Wever et al., 2001) **(Fig. A14.B)**.

2.3. Discoid shapes

Flattened, concave, or biconvex (lenticular) structures composed of annular or spiral structures on their interior, with radial bars that can extend outward into spines **(Figs. A15, A16 y A17)** (Lazarus et al., 2021). The skeleton is divided into two basic parts: the disc and the ornaments (Ogane & Suzuki, 2006).

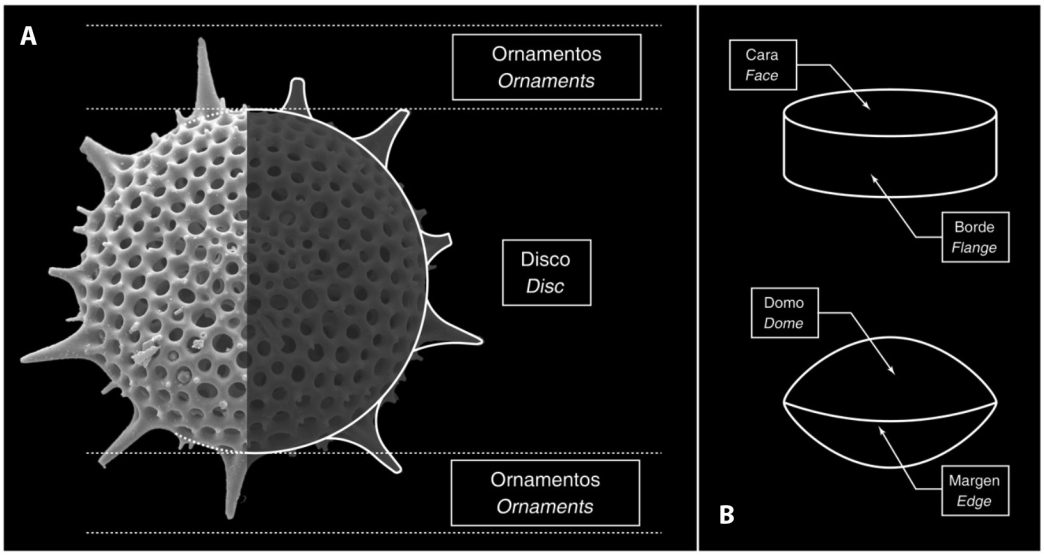


Fig. A15. Esquema general de los Spumellaria Discoidales, comparado con una imagen de MEB de *Heliodiscus astericus*, mostrando **(A)** las dos partes básicas en que se divide el esqueleto discoidal: El Disco y los Ornamentos. En cuanto al disco, este puede presentar dos morfologías claramente distinguibles en perfil: **(B, a la izquierda)** en forma de Moneda, con caras planas a levemente cóncavas, y **(B, a la derecha}** en forma Lenticular, con superficies cóncavas o convexas. / **Fig. A15.** General diagram of Discoidal Spumellaria, compared with a SEM image of Heliodiscus astericus, showing **(A)** the two basic parts that make up the discoidal skeleton: the disc and the ornaments. Regarding the disc, it can exhibit two clearly distinguishable morphologies in profile: **(B, left)** Coin-shaped, with flat to slightly concave faces, and **(B, right)** Lenticular-shaped, with concave or convex surfaces.

Disco

Es la estructura principal del esqueleto **(Fig. A15.A)**, que en perfil puede tener forma de moneda (con ambas superficies o caras (*faces*) pudiendo ser planas a levemente cóncavas, y un borde (*flange*) plano en el margen perimetral del disco **(Fig. A15.B izquierda**) o tener forma lenticular (con forma similar a un lente, con superficies cóncavas o convexas llamadas domos (*domes*) y un margen perimetral fino (Ogane & Suzuki, 2006) **(Fig. A15.B derecha)**.

Los contornos (**Fig. A16)** van desde circulares **(Fig. A16.A)**, angulares **(Fig. A16.B)**, cuadrangulares (Boltovskoy, 1998) **(Fig. A16.C)** o con brazos radiales (*Radial Arms*), que son proyecciones o extensiones elongadas (usualmente 3) que radian o emergen de una estructura central **(Figs. A16.D a A16F)**, que pueden ser anchos **(Fig. A16.D)**, delgados **(Fig. A16.E)** o lobulados (*Chambered*) (Boltovskoy, 1998;

Disk

It is the main structure of the skeleton **(Fig. A15.A)**, which, in profile, can have a coin-like shape (with both surfaces or faces being flat to slightly concave, and a flat edge or flange at the peripheral margin of the disc) **(Fig. A15.B, left)** or a lenticular shape (resembling a lens, with concave or convex surfaces called domes, and a thin peripheral margin) **(Fig. A15.B, right)** (Ogane & Suzuki, 2006).

The contours **(Fig. A16)** can vary from circular **(Fig. A16.A)** to angular **(Fig. A16.B)**, quadrangular (Boltovskoy, 1998) **(Fig. A16.C)**, or with radial arms, which are elongated projections or extensions (usually 3) that radiate or emerge from a central structure **(Figs. A16.D to A16.F)**. The radial arms can be wide **(Fig. A16.D)**, thin **(Fig. A16.E)**, or lobulated (chambered) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021) **(Fig. A16.F)**.

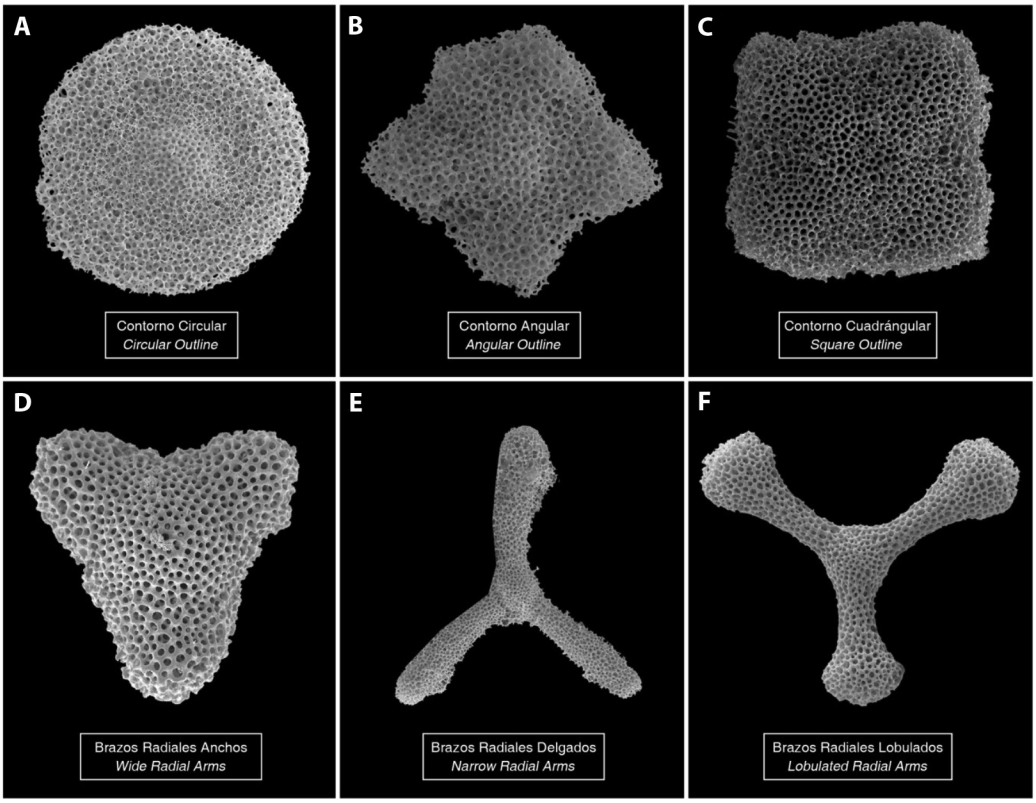


Fig. A16. Contornos de los Spumellaria Discoidales: **(A)** Contorno circular, como en *Spongodiscus resurgens*, **(B)** Contorno Angular, como en *Spongaster pentas*, **(C)** Contorno Cuadrangular, como en *Spongaster tetras*, o con bazos radiales **(D)** anchos, como en *Dictyocoryne truncatum*, **(E)** delgados, como en *Euchitonia elegans-furcata* Group, o **(F)** lobulados, como en *Dictyocoryne profunda*, en sus extremos como. / **Fig. A16.** Outlines of Discoidal Spumellaria: **(A)** Circular outline, as in *Spongodiscus resurgens*, **(B)** Angular outline, as in *Spongaster pentas*, **(C)** Square outline, as in *Spongaster tetras*, or with **(D)** wide, as in *Dictyocoryne truncatum*, **(E)** narrow, as in *Euchitonia elegans-furcata* Group, or **(F)** lobulated, as in *Dictyocoryne profunda*, radial arms at their ends.

de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021) **(Fig. A16.F)**.

Internamente se reconocen tres tipos de estructuras internas posibles **(Fig. A17)** (Ogane & Suzuki, 2006): Disco esponjoso, en capas y decusado.

- **Disco esponjoso (Fig. A17.A):** de tipo Esponjoso, formando una red de barras menores delgadas llamadas ramas (*branchs*) y los espacios entre ellas, los poros, minúsculos, son llamados vesículas de poro (*pore vesicles*), y pudiendo presentar un piloma en forma de túnel (*tunnel-like pylome*).

Internally, three possible types of internal structures are recognized **(Fig. A17)** (Ogane & Suzuki, 2006): spongy disc, layered disc, and decussated disc.

- **Spongy disk (Fig. A17.A):** the consists of a spongy network of thin minor bars called branches, and the tiny spaces between them, called pore vesicles. It may also have a tunnel-like pylome, which is a pilose structure extending through the disc.
- **Layered disk (Fig. A17.B):** the structure consists of concentric or spiral shells. In the central portion, there is a structure called the *Margarita*, which encloses

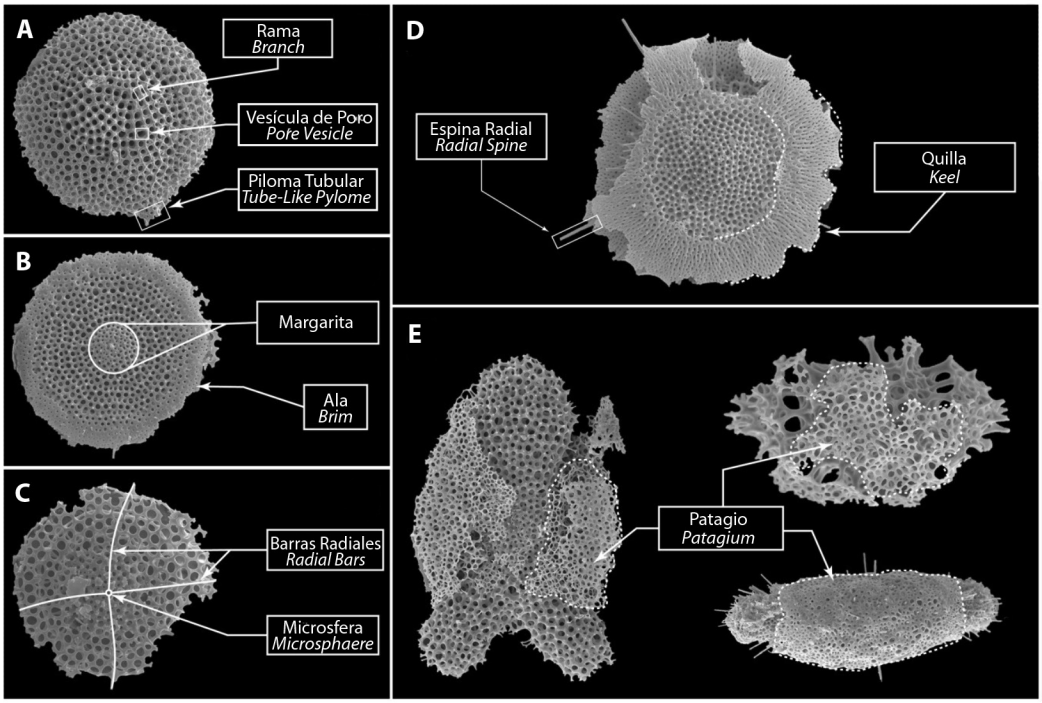


Fig. A17. (Izquierda) Tipos de discos según su estructura interna, pudiendo ser **(A)** Esponjosos (*Spongopyle osculosa*), **(B)** En Capas (*Stylodyctia multispina*) o **(C)** Decusados (*Stylodictya* sp.), además de algunas partes importantes que pueden extrapolarse a otros tipos, como el caso del termino Margarita y Ala. **(Derecha)**. Tipos de ornamentos típicos de los Spumellaria Discoidales, como **(A)** Espinas Radiales y **(B)** Quilla en un ejemplar de *Perichlamydium venustum*, y **(E)** el Patagium o Patagio, el cual no es exclusivo de los Spumellaria Discoidales, tales como *Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus* y *Spongurus cilyndricus* **(E, derecha, arriba y abajo, respectivamente)**, pero si sumamente típico en estos, como el caso de *Amphirhopalum ypsilon* **(E, izquierda)**. / **Fig. A17. (Left)** Types of internal structures of discs, including **(A)** Spongy structure (Spongopyle osculosa), **(B)** Layered structure (Stylodyctia multispina), or **(C)** Crossed structure (Stylodictya sp.), as well as important parts that can be extrapolated to other types, such as the terms "*Margarita*" and "Brim" **(Right)**. Typical ornaments of Discoidal Spumellaria, such as **(A)** Radial spines and **(B)** Keel in a specimen of *Perichlamydium venustum*, and (E) Patagium, which is not exclusive to Discoidal Spumellaria but highly characteristic of them, as seen in *Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus* and *Spongurus cilyndricus* **(E, top and bottom right, respectively)**, as well as *Amphirhopalum ypsilon* **(E, left)**.

- **Disco en capas (Fig. A17.B):** disco con una estructura concéntrica o espiral, que en su porción central (Margarita (*Margarita*)), que encierra tras varias conchas espirales o concéntricas, una microesfera espinosa (*spinose microsphaere*). Esta es una concha hueca, de superficie suavizada y múltiples espinas radiales. El material que rodea a la margarita es llamada ala (*brim*).
- **Disco decusado (Fig. A17.C):** caracterizados por una microesfera decusada (*Decussate microsphaere*), la cual tiene una multiple spiral or concentric shells. Inside the *Margarita*, there is a hollow structure called the spinose microsphaere, which has a smooth surface and multiple radial spines. The material surrounding the *Margarita* is called the brim.
- **Decussate disk (Fig. A17.C):** they are characterized by a decussate microsphaere, which has a smoothed surface and is composed of only 4 cylindrical Main Bars that cross the equatorial plane of the disc. These bars can be either prominent or almost indistinguishable.

superficie suavizada y que tiene únicamente 4 Barras Principales cilíndricas que cruzan el plano ecuatorial del disco, pudiendo ser muy marcadas o casi indistinguibles.

Ornamentos

Son elementos estructurales adicionales que pueden estar presentes en el disco (Ogane & Suzuki, 2006) **(Figs. A15.A, A17.D y A17.E)**, tales como la Quilla, las Espinas Radiales y el Patagio.

- **Quilla (Fig. A17.D):** placa sólida que rodea al margen perimetral del disco, que puede tener proyecciones radiales similares a crestas llamadas costillas (*ribs*) (Ogane & Suzuki, 2006).
- **Espinas radiales (Fig. A17.D):** espinas puntiagudas que emergen de la superficie del disco (Ogane & Suzuki, 2006).
- **Patagio (Fig. A17.E):** es una malla esponjosa delicada (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001), que difiere del cuerpo principal por carecer de una estructura bien definida (Boltovskoy, 1998), y que crece rodeando y envolviendo el esqueleto principal o en la zona interradial de los Spumellaria con brazos (de Wever et al., 2001). Puede presentarse en morfología no discoidales.

2.4. Formas elípticas

Estas formas se caracterizan por su perfil elíptico y la carencia de Espinas Polares **(Fig. A18)**. Existen 3 estructuras básicas: Estructura Larnacilla o Pylonida, Litelida y Tholonida.

- **Estructura Larnacilla o Pylonida (Fig. A18.A):** característica de la familia Pyloniidae, consiste en 3 bandas anulares elipsoidales de pared enrejada, llamadas fajas (*girdles*) una dentro de otra y mutuamente perpendiculares (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Ogane & Suzuki, 2009), con el plano de cada faja orientado en diferentes ejes de las tres dimensiones espaciales (Lazarus et al., 2021). Cada faja posee un nombre específico: la más interna se

Ornaments

They are additional structural elements that can be present in the disc (Ogane & Suzuki, 2006) **(Figs. A15.A, A17.D and A17.E)**, such as the Keel, Radial Spines, and Patagium.

- **Keel (Fig. A17.D):** solid plate that surrounds the peripheral margin of the disc, which can have radial projections resembling ridges called ribs (Ogane & Suzuki, 2006).
- **Radial spines (Fig. A17.D):** sharp spines that emerge from the surface of the disc (Ogane & Suzuki, 2006).
- **Patagium (Fig. A17.E):** it is a delicate spongy mesh (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) that differs from the main body by lacking a well-defined structure (Boltovskoy, 1998) and grows around and envelops the main skeleton or in the interradial zone of Spumellaria with arms (de Wever et al., 2001). It can occur in non-discoidal morphologies.

2.4. Eliptical shapes

These forms are characterized by their elliptical profile and the absence of Polar Spines **(Fig. A16)**. There are three basic structures: Larnacilla or Pylonid, Lithelid and Tholonid structure.

- **Larnacilla or Pylonid structure (Fig. A18.A):** it is a characteristic of the family Pyloniidae, consisting of three elliptical enmeshed bands of wall called girdles, one inside another and mutually perpendicular (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Ogane & Suzuki, 2009), with the plane of each girdle oriented along different axes of the three-dimensional space (Lazarus et al., 2021). Each girdle has a specific name: the innermost one is called the Sagittal Girdle, the one bordering the equator of the skeleton is known as the Transverse Girdle, and the largest and outermost one is called the Lateral Girdle (Boltovskoy, 1998; Ogane & Suzuki, 2009; de Wever et

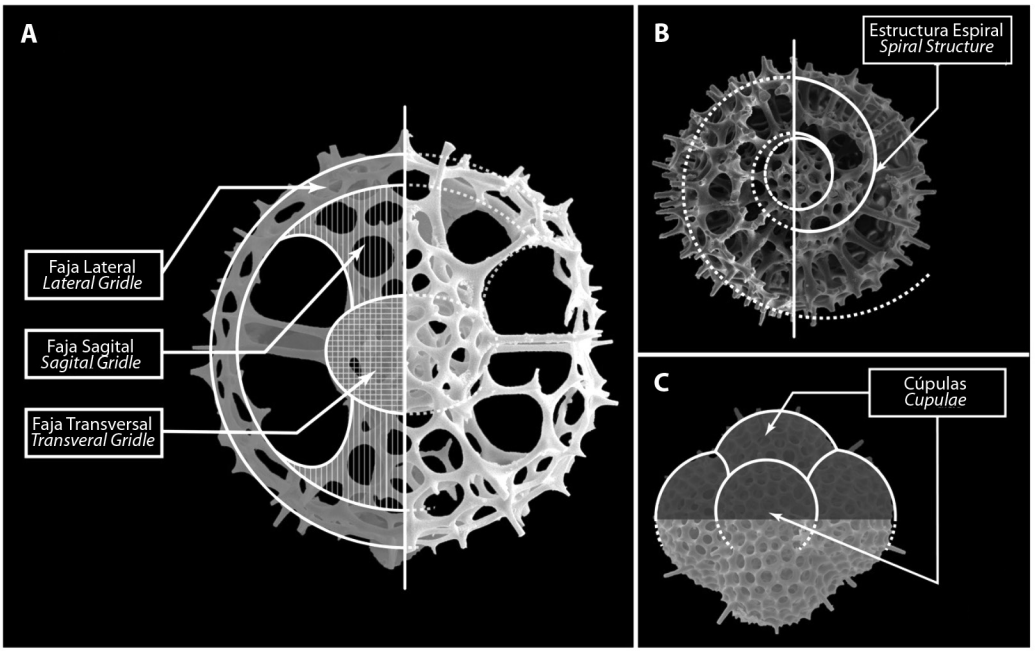


Fig. A18. Esquema general de los Spumellaria Elípticos, según su tipo de estructura particular: **(A)** Tipo Larnacilla o Pylonida, como en *Tetrapyle octacontha*, **(B)** Tipo Lithelida, como en este lithelido desconocido, y **(C)** Tipo Tholonida, como en *Cubothulus* sp. / **Fig. A18.** General diagram of Elliptical Spumellaria, according to their particular type of structure: **(A)** Larnacilla or Pylonida type, as in *Tetrapyle octacontha*, **(B)** Lithelida type, as in this unknown lithelid, and **(C)** Tholonida type, as in *Cubothulus* sp.

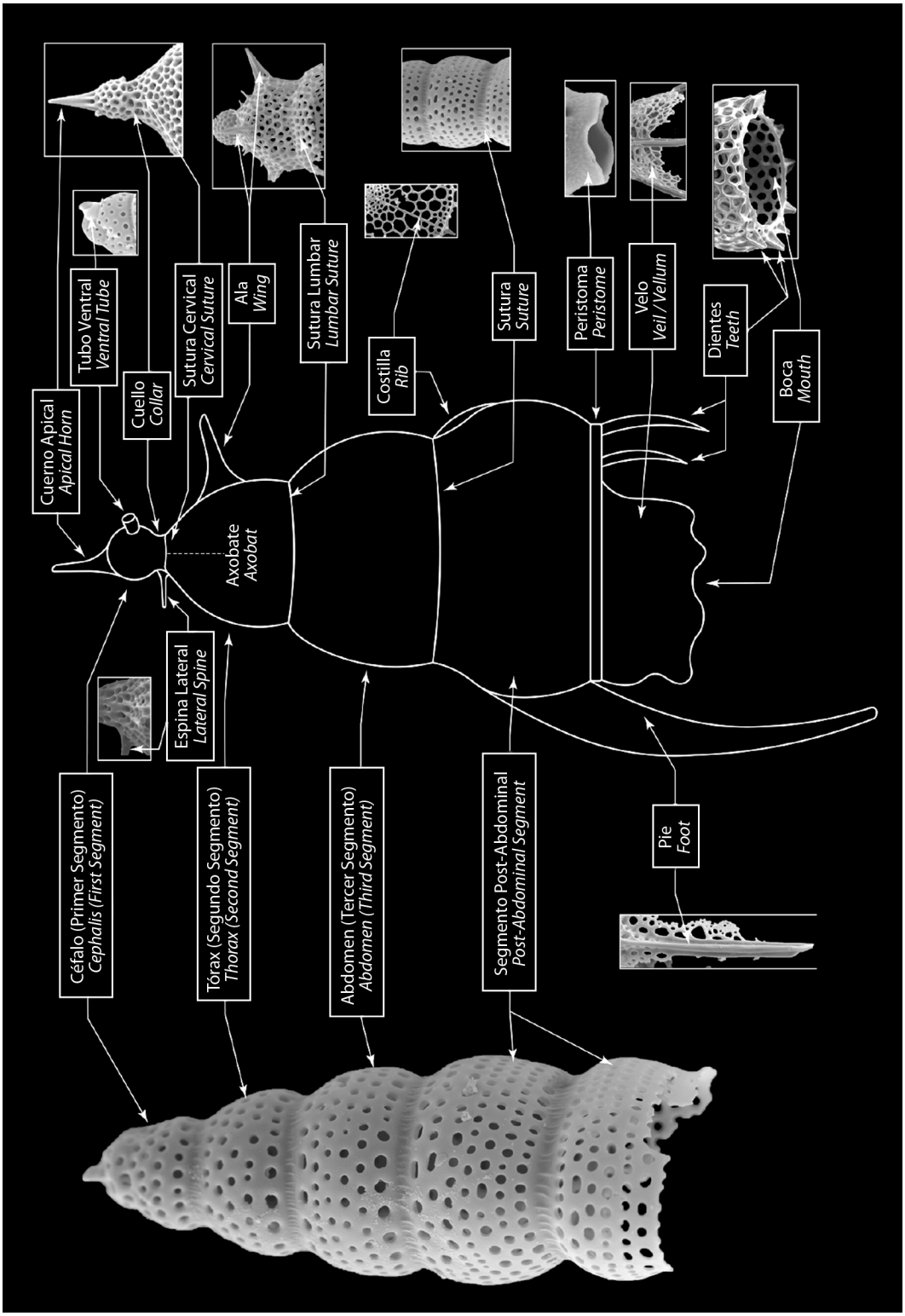
llama faja sagital (*Sagittal girdle*), la que bordea el ecuador del esqueleto se conoce como faja transversa (*Transverse gridle*) y la más grande y exterior es conocida como faja lateral (*Lateral girdle*) (Boltovskoy, 1998; Ogane & Suzuki, 2009; de Wever et al., 2001). Suelen presentar puertas entre las barras mayores y las fajas.

- **Estructura Lithelida (Fig. A18.B):** basada en espirales, simples, dobles o múltiples, con una forma externa elipsoidal, raramente esférica, pudiendo tener una estructura larnacilla en su núcleo (Lazarus et al., 2021).
- **Estructura Tholonida (Fig. A18.C):** la concha exterior está dividida en una serie de cámaras esféricas, en un arreglo regular, que recuerdan un poco a las conchas de algunos foraminíferos. Estas cámaras son llamadas Cúpulas (*Cupulae)* (Boltovskoy, 1998).

al., 2001). They often have gates between the major bars and the girdles.

- **Lithelid structure (Fig. A18.B):** based on spirals, single, double, or multiple, with an ellipsoidal outer shape, rarely spherical, and may have a larnacilla structure at its core (Lazarus et al., 2021).
- **Tholonid structure (Fig. A18.C):** the outer shell is divided into a series of spherical chambers, arranged in a regular pattern, reminiscent of the shells of some foraminifera. These chambers are called cupulae (Boltovskoy, 1998).

Revista de Biología Tropical, ISSN: 2215-2075 Vol. 72(S2): e61522, agosto 2024 (Publicado Ago. 13, 2024)



3. Esqueleto Nassellaria

Debido a su simetría tan particular (heteropolar), los Nassellaria se diferencian del resto de los Radiolarios por tener formas alargadas y ensanchadas en un polo, creando estructuras cónicas similares a campanas o sombreros **(Fig. A19)**.

Se caracterizan por dividirse en una serie de diferentes segmento sucesivos y alineados creciendo a lo largo de un solo eje (Suzuki & Not, 2015) a partir de una espícula inicial, que se aloja en el interior de la primera sección o primer segmento (de Wever et al., 2001; Boltovskoy et al., 2017; Lazarus et al., 2021), la cual es fundamental para la taxonomía a nivel de familia o superior (Suzuki & Not, 2015).

Morfológicamente, cada segmento de las formas cónicas de los Nassellaria, así como una serie de estructuras particulares del grupo, poseen su propia terminología. Cabe rescatar que existen unas cuantas excepciones, de taxones específicos, que no forman esqueletos cónicos, pues se forman a partir modificaciones a la Espícula Inicial.

3.1. Formas cónicas

Estas formas son las más comunes y amplias dentro del orden Nassellaria, y como se mencionó con anterioridad, se caracterizan por un esqueleto segmentado **(Fig. A19)**, donde, dependiendo de la especie, etapa de crecimiento y/o grado de preservación pueden presentarse ciertos segmentos.

3. Nassellarian Skeleton

Due to their unique heteropolar symmetry, Nassellaria differentiate from other Radiolaria by having elongated and widened forms at one pole, creating conical structures resembling bells or hats **(Fig. A19)**.

They are characterized by being divided into a series of different successive segments aligned along a single axis, growing from an initial spicule that is housed inside the first section or segment. This initial spicule is crucial for taxonomy at the family level or higher.

Morphologically, each segment of the conical forms of Nassellaria, as well as a series of specific structures within the group, have their own terminology. It is worth noting that there are a few exceptions, with specific taxa that do not form conical skeletons but instead have modifications to the Initial Spicule.

3.1. Conical shapes

These forms are the most common and diverse within the order Nassellaria, and as mentioned earlier, they are characterized by a segmented skeleton **(Fig. A19)**, where depending on the species, growth stage, and/or degree of preservation, certain segments may be present.

Fig. A19. Esquema general de la Estructura de los Nassellaria Cónicos, con su característica división en diferentes segmentos, como en el cao del ejemplar de *Botryocyrtis auritus-australis* **(Extrema izquierda)**, que muestra los 3 segmentos principales (Céfalo, Tórax y Abdomen) y dos segmentos Post-Abdominales. Así mismo se puestran las estructuras asociades a casa segmento, contrastada con una imagen en MEB de ejemplos de estas partes. Como no todos los Nassellaria Cónicos presentan todas las partes en un solo esqueleto, lo cual es un criterio para su clasificación, se ponen algunos recortes de estas partes en distintos ejemplares de Nassellaria. / **Fig. A19.** General diagram of the structure of Conical Nassellaria, showing their characteristic division into different segments, as exemplified by *Botryocyrtis auritus-australis* **(Far left)**, which displays the three main segments (Cephalis, Thorax, and Abdomen) and two Post-Abdominal segments. It also illustrates the associated structures for each segment, contrasted with a SEM image of examples of these parts. Since not all Conical Nassellaria exhibit all parts in a single skeleton, which is a criterion for their classification, various cutouts of these parts are shown in different Nassellaria specimens.

Primer segmento – Céfalo

Es un segmento primordial, pues en su interior contiene la Espícula Inicial (de Wever et al., 2001) **(Fig. A19)** y la disposición del sistema espicular interno en su interior es fundamental para la taxonomía a nivel de familia o superior (Suzuki & Not, 2015).

El céfalo puede ser esférico, sub-esférico, elongado, lobulado o segmentado o acamarado (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).

Así mismo, puede darse el caso en que el céfalo esté bien diferenciado del Segundo Segmento o estar parcial o totalmente sumergido dentro de este (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Puede poseer una superficie perforada o carecer de poros y ser totalmente lisa, pudiendo ser la única parte del esqueleto Nassellaria o estar seguido por más segmentos (de Wever et al., 2001).

El céfalo pude presentar ciertas estructuras adicionales como los cuernos, el tubo ventral, los lóbulos, el cuello y la sutura o constricción cervical.

- **Cuernos (Fig. A19):** prolongación al exterior de la espina apical y ventral y se ubican en la cúspide del Céfalo, siendo el cuerno apical (*apical horn*) la propagación de la espina apical y el cuerno ventral (*ventral horn*) la propagación de la Espina Ventral (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). El más común es el cuerno apical.
- **Tubo ventral (Fig. A19):** proyección similar a un tubo en el Céfalo, asociado a la espina ventral, típico de la familia Artostrobiidae (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Según la fuente que se consulte se le puede encontrar tambien como "Tubo apical" (*Apical tube*), sin embargo, se prefiere el uso del término "Tubo ventral" para evitar confusión con la espina apical, con la que no guarda relación alguna.
- **Lóbulos (Fig. A19): s**egmentos o cámaras (*chambers*) en los que, en caso de darse el caso, se divide el Céfalo (Boltovskoy, 1998), producto de los acos formados entre las

First Segment – Cephalis

It is a crucial segment as it contains the Initial Spicule within it (de Wever et al., 2001) **(Fig. A19)**, and the arrangement of the internal spicular system within it is essential for taxonomy at the family level or higher (Suzuki & Not, 2015).

The cephalis can be spherical, sub-spherical, elongated, lobulated, segmented, or camerate (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).

Additionally, the cephalis can be well-differentiated from the Second Segment or partially or completely submerged within it (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). It can have a perforated surface or be smooth and devoid of pores, and it can either be the only part of the Nassellaria skeleton or be followed by additional segments (de Wever et al., 2001).

The cephalis can exhibit certain additional structures such as horns, ventral tube, lobes, neck, and cervical sutures or constrictions.

- **Horns (Fig. A19):** an extension of the apical and ventral spines that protrudes outward and is located at the apex of the Cephalis, with the apical horn being the extension of the apical spine and the ventral horn being the extension of the Ventral spine (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). The apical horn is the more commonly observed.
- **Ventral tube (Fig. A19):** a tube-like projection in the Cephalis, associated with the ventral spine, typical of the family Artostrobiidae (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Depending on the source consulted, it may also be referred to as the "Apical tube," but the term "Ventral tube" is preferred to avoid confusion with the apical spine, as it is unrelated to it.
- **Lobes (Fig. A19):** segments or chambers in which, if present, the Cephalis is divided (Boltovskoy, 1998), resulting from the interactions between the apical, ventral, and lateral spines (de Wever et al., 2001). There

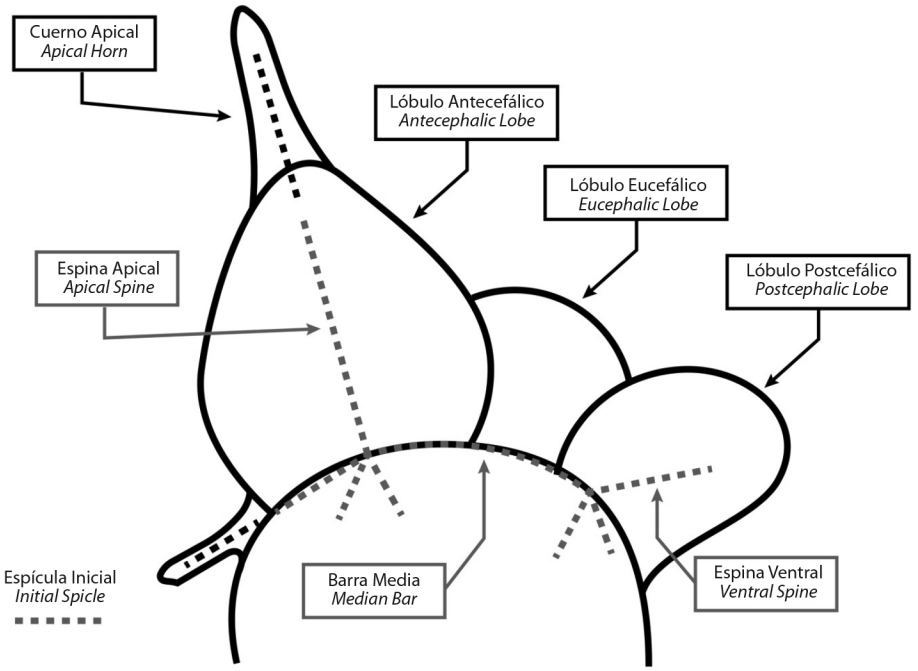


Fig. A20. Esquema de un Nassellario Cónico que presenta un céfalo segmentado en distintas cámaras llamadas Lóbulos, los cuales contienen algunos elementos de la espícula inicial (En gris y línea punteada) en su interior. El lóbulo eucefálico se ubica en el centro y suele contener la barra media y parte de las espinas laterales. El lóbulo antecefálico se separa el eucefálico por parte de la espina apical, la cual puede continuar y propagarse al exterior en un cuerno apical. El último lóbulo, el lóbulo postcefálico contiene la espina ventral y puede terminar en un tubo ventral. / **Fig. A20.** Diagram of a Conical Nassellarian that exhibits a segmented cephalis with distinct chambers called lobes, which contain some elements of the initial spicule (shown in gray and dashed lines) within. The eucephalic lobe is located in the center and typically contains the median bar and a portion of the lateral spines. The antecephalic lobe is separated from the eucephalic lobe by the apical spine, which can extend outward as an apical horn. The final lobe, the postcephalic lobe, houses the ventral spine and may end in a ventral tube.

espinas apical, ventral y laterales (de Wever et al., 2001). Existen tres tipos de lóbulos, según su posición en el Céfalo:

- **Lóbulo eucefálico (Fig. A20):** es la cámara que contiene la barra media y la porción interna de las espinas laterales primarias, mientras la espina apical y los arcos relacionados se ubican en las paredes (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Lóbulo antecefálico (Fig. A20):** en su base se ubica la espina dorsal y arcos relacionados, separado del lóbulo eucefálico por la espina apical y es llamado cámara antecefálica (Antecephalic chamber) si se separa del resto del caparazón por una pared

are three types of lobes, depending on their position in the Cephalis:

- **Eucephalic lobe (Fig. A20):** it is the chamber that contains the median bar and the inner portion of the primary lateral spines, while the apical spine and related arches are located on the walls (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Antecephalic lobe (Fig. A20):** at its base is the dorsal spine and related arches, separated from the eucephalic lobe by the apical spine, and is called the antecephalic chamber if it is separated from the rest of the shell by a porous wall (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

porosa (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

- **Lóbulo postcefálico (Fig. A20):** a veces se encuentra alargado en forma de tubo (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) y está asociado a la espina ventral y el tubo ventral, en caso de que este último esté presente.

- **Cuello (Fig. A19):** corresponde con la base del céfalo y que en ocasiones puede engrosarse (de Wever et al., 2001), pudiendo generar una placa (*Collar Plate*) a partir de las espinas y arcos aproximadamente en el mismo plano (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Constricción/sutura cervical o de cuello (Fig. A19):** es el surco o constricción externa que forma el límite entre el céfalo y el tórax (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

Segundo segmento – Tórax

Es el segmento que sigue al céfalo y es construidos posterior a la formación de este (de Wever et al., 2001) **(Fig. A19)**. Igual que el céfalo, cuenta con algunas estructuras relacionadas.

- **Alas (Fig. A19):** apófisis laterales del tórax, conectado a la pared del esqueleto por una malla silícea, y que derivan de las proyecciones externas de las espinas dorsal y Llterales primarias (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Costillas (Fig. A19):** engrosamientos alargados, generalmente no perforados, en la pared del esqueleto, pudiendo ser originadas a partir de las espinas dorsal y laterales primarias y extenderse creando alas o pies (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Pueden extenderse al resto de segmentos posteriores.
- **Pies (Fig. A19):** proyecciones externas de la pared del tórax orientadas hacia abajo y hacia los lados, generalmente siendo 3 y asociadas a las espinas dorsal y laterales primarias (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

- **Postcephalic lobe (Fig. A20):** sometimes it is elongated and takes the form of a tube (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) and is associated with the ventral spine and the ventral tube, if the latter is present.

- **Collar (Fig. A19):** it corresponds to the base of the cephalis and can sometimes thicken (de Wever et al., 2001), potentially forming a plate (Collar Plate) from the spines and arches, approximately in the same plane (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Cervical/collar suture/stricture (Fig. A19):** es el surco o constricción externa que forma el límite entre el céfalo y el tórax (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). / it is the external groove or constriction that forms the boundary between the cephalis and the thorax (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

Second segment – Thorax

It is the segment that follows the cephalis and is constructed posterior to its formation (de Wever et al., 2001) **(Fig. A19)**. Like the cephalis, it has some related structures.

- **Wings (Fig. A19):** lateral apophyses of the thorax, connected to the skeleton wall by a siliceous mesh, and derived from the external projections of the dorsal and primary lateral spines (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Ribs (Fig. A19):** elongated thickenings, typically non-perforated, in the skeleton wall, which can originate from the dorsal and primary lateral spines and extend to create wings or feet (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). They can extend to the rest of the posterior segments.
- **Feet (Fig. A19):** downward and outward projections of the thorax wall, usually in sets of three and associated with the dorsal and primary lateral spines (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

Tercer segmento – Abdomen

El abdomen corresponde con el segmento posterior, en caso de estar presente, al tórax y se separa de este último por medio de la sutura o constricción lumbar (*Lumbar suture/stricture*) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) **(Fig. A19)**. Las costillas y los pies pueden propagarse por el abdomen.

Segmentos posteriores – Post-Abdomen

Segmento o segmentos que se propagan más allá del abdomen (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) **(Fig. A19)**. Estos segmentos siguen la numeración ordinaria (a partir del céfalo) o comenzando una nueva a partir del primer segmento post-abdominal. Se separan del Abdomen, y entre sí por una sutura o constricción (*Suture / stricture*) (Lazarus et al., 2021). El número y características de estos segmentos post-abdominales puede variar entre diferentes especies o taxones.

Estructuras terminales

Al finalizar los segmentos de los Nasellaria, ya sea que terminen en un segmento post-abdominal, en el abdomen o en el tórax, esto dependiendo de la especie, culminan o tienen una serie de estructuras típicas de esta sección final del esqueleto. Al último segmento se le conoce como como cámara terminal (*Terminal chamber*) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). La cámara terminal puede tener características u ornamentación únicas, lo que marca la finalización de la estructura esquelética en Nassellaria.

- **Boca (Figs. A9.C y A19):** Corresponde con la gran apertura basal en el último segmento (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) y puede estar abierta semicerrada por otra estructurac como un tubo o un velo.
- **Dientes (Fig. A19):** apófisis que sobresalen de la boca, con una longitud y grosor variable, que dependiendo de su posición se pueden llamar dientes orales, aborales,

Third segment - Abdomen

The abdomen corresponds to the posterior segment, if present, following the thorax and is separated from the thorax by the lumbar suture or constriction (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) **(Fig. A19)**. Ribs and feet may extend into the abdomen.

Posterior segments – Post-abdomen

The segment or segments that extend beyond the abdomen (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) **(Fig. A19)**. These segments continue the ordenary numbering sequence (begining with the cephalis) or start a new numbering sequence form the fisrt post-abdominal segment. They are separated from the abdomen and from each other by a suture or constriction (Lazarus et al., 2021). The number and characteristics of these post-abdominal segments can vary among different species or taxa.

Terminal structures

At the end of the segments in Nassellaria, whether they terminate in a post-abdominal segment, abdomen, or thorax, depending on the species, there are typically specific structures associated with this final section of the skeleton. The last segment is known as the terminal chamber (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). The terminal chamber may have unique characteristics or ornamentation, marking the completion of the skeletal structure in Nassellaria.

- **Mouth (Figs. A9.C y A19):** it corresponds to the large basal opening in the last segment (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001) and can be either fully open or partially closed by other structures, such as a tube or a veil.
- **Teeth (Fig. A19):** apophyses that protrude from the mouth, with variable length and thickness, which depending on their position can be called oral, aboral, terminal, or subterminal teeth (Oral, aboral, terminal

Revista de Biología Tropical, ISSN: 2215-2075 Vol. 72(S2): e61522, agosto 2024 (Publicado Ago. 13, 2024)

terminales o subterminales (*Oral, aboral, terminal and subterminal teeth*) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

- **Peristoma (Fig. A19):** es un anillo de un material esqueletal distinto al del resto del esqueleto, generalmente sin poros, ubicado en la boca de la cámara terminal (Boltovskoy, 1998; Lazarus et al., 2021; de Wever et al., 2001).
- **Velo (Fig. A19):** es una placa perforada o no perforada que obstruye la boca, pudiendo ser similar a una telaraña o red (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).

3.2. Formas no cónicas

Algunos Nassellaria se reducen a su espícula inicial, desarrollándola como la totalidad de su esqueleto (de Wever et al., 2001) **(Fig. A21)**. Resalta por la prominente construcción de anillos con forma de "D" (*D-Shaped ring*) que conectan las espinas de la espícula inicial entre sí (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Dependiendo de que espinas conectan, cada anillo tiene un nombre particular.

- **Anillo sagital (Fig. A21):** es el anillo que une las espinas ventral y apical en la parte superior de las mismas y con la barra media como base (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Anillo frontal (Fig. A21):** estructura perpendicular, semi-circular o lobulada, al anillo sagital, y que une al anillo sagital con el Basal.
- **Anillo basal (Fig. A21):** estructura subcircular formada por arcos en la base (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001), sobre el plano de la barra media. En el caso de las formas cónicas, puede estar presente, formando la separación del céfalo y el tórax (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Los espacios entre la barra media y el anillo basal son llamados poros del cuello (*Collar ore*) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

and subterminal teeth) (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

- **Peristome (Fig. A19):** it is a ring of skeletal material that is distinct from the rest of the skeleton, usually without pores, located at the mouth of the terminal chamber (Boltovskoy, 1998; Lazarus et al., 2021; de Wever et al., 2001).
- **Veil/Velum (Fig. A19):** it is a perforated or non-perforated plate that obstructs the mouth, resembling a spiderweb or net (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001; Lazarus et al., 2021).

3.2. Non-conical shapes

Some Nassellaria reduce to their initial spicule, developing it as the entirety of their skeleton (de Wever et al., 2001) **(Fig. A21)**. It is notable for the prominent construction of "D-shaped" rings that connect the spines of the initial spicule together (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). Depending on which spines are connected, each ring has a particular name.

- **Sagital ring (Fig. A21):** it is the ring that connects the ventral and apical spines at the top, with the median bar as the base (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).
- **Frontal ring (Fig. A21):** it is a perpendicular, semi-circular, or lobulated structure to the sagittal ring, connecting the sagittal ring with the basal ring.
- **Basal ring (Fig. A21):** sub-circular structure formed by arches at the base (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001), on the plane of the median bar. In the case of conical forms, it may be present, forming the separation between the cephalis and the thorax (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001). The spaces between the median bar and the basal ring are called collar pores (Boltovskoy, 1998; de Wever et al., 2001).

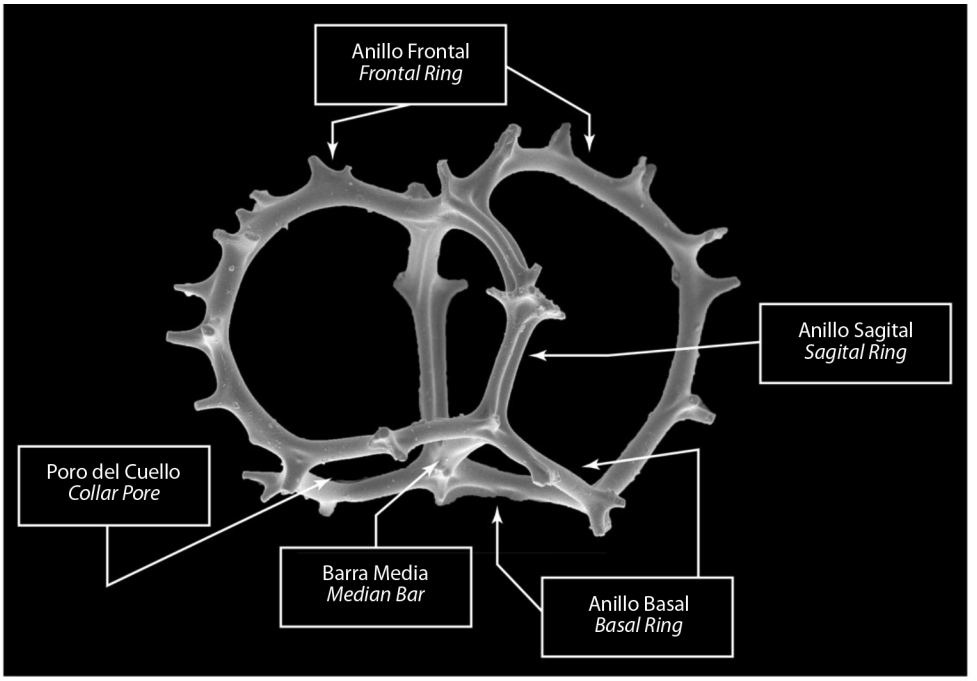


Fig. A21. Estructura de un Nassellaria no Cónico, como este ejemplar de *Acanthodesmia vinculata*, compuesto de la espícula inicial y de 3 anillos que las conectan: anillo sagital en el interior, anillo frontal, perpendicular al Sagital, y anillo basal, que están en el mismo plano que la barra media. / **Fig. A21**. Structure of a non-conical Nassellaria, such as this specimen of *Acanthodesmia vinculata*, composed of the initial spicule and three connecting rings: a sagittal ring in the interior, a frontal ring perpendicular to the sagittal ring, and a basal ring that is in the same plane as the median bar.

REFERENCIAS/REFERENCES

Boltovskoy, D. (1998). *Clasification and distribution of South Atlantic Recent Polycystine Radiolaria*. Palaeo-Electronica, 1(2), 1.2.6A. https://palaeo-electronica.org/content/1-2-recent-radiolaria-of-the-south-atlantic

de Wever, P. de, Dumitrica, P., Caulet, J. P., Nigrini, C., & Caridroit, M. (2001). Radiolarians in the Sedimentary Record (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781482283181.

Lazarus D, Suzuki N, Ishitani Y, Takahashi K (2021) Paleobiology of the polycystine Radiolaria. Wiley https://doi.org/10.1002/9781119697480.

Ogane, K., & Suzuki, N. (2006). Morphological terms describing discoidal radiolarians. *Revue de Micropaléontologie*, *49*(2), 97–104. https://doi.org/10.1016/j.revmic.2006.03.001.

Suzuki, N. (1998). Morphological terminology of spheroidal Polycystine (Radiolaria). *News of Osaka Micropaleontologists (NOM)*, *Special 11*, 251–287.

Suzuki, N., & Not, F. (2015). Biology and Ecology of Radiolaria. In S. Ohtsuka, T. Suzaki, T. Horiguchi, N. Suzuki, & F. Not (Eds.), *Marine Protists: Diversity and Dinamics*, pp. 179–222, Springer, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55130-0_8 .

van de Paverd, P. J. (1995). *Recent Polycystine Radiolaria from the Snellius-II Expedition* [Unpublished doctoral dissertation]. Free University.