

Trabajo Final de grado:

**Micropaleontología de los
clastos calcáreos del
Cámbrico Inferior de la
Formación El Jagüelito (Río
Negro)**

Estudiante: Villarreal Ochonga Ramiro Ivan

Director: Pablo Diego González

Codirector: Silvio Alberto Casadio

Año: 2023

Resumen

La Explosión Cámbrica (EC) fue un proceso de diversificación en tres etapas que culminó con la aparición de una enorme variedad de animales marinos durante el Cámbrico Inferior (541.0 - 521 Ma). Es durante la segunda etapa de la EC que aparecen varios grupos de invertebrados cuyos microfósiles actualmente son denominados como Small Shelly Fossils (SSFs) en base a su modo de preservación y a los posibles productores. Esta fauna ha sido descrita en todo el mundo, y por esa razón son útiles como herramientas de correlación paleobioestratigráfica. Sin embargo, las descripciones del material sudamericano son a partir de cortes delgados, a diferencia de lo estándar (toma de imágenes de los microfósiles), con material poco diverso (2 géneros). En el presente trabajo se presenta la fauna más diversa (N=9) de SSFs sudamericanos hasta la fecha, obtenida a partir de tres clastos erráticos recolectados por González et al. 2011 en la Formación El Jagüelito, Río Negro, Argentina, planteando la hipótesis de una posible similitud con los clastos recuperados por Wrona, 1989, 2003, 2004, 2009 en la península antártica. La fauna descrita no es lo suficientemente diversa y no está lo suficientemente bien preservada como para obtener resultados definitivos.

Abstract

The Cambrian Explosion (CE) was a three stage process of diversification that culminated with the appearance of a huge variety of marine animals during the Early Cambrian (541.0 - 521 mya). It is during the second stage of the CE that appeared various invertebrates groups which are currently called Small Shelly Fossils (SSFs) base on their preservation type and possible producers. This fauna has been described world wide, and for that reason they are useful as tools for paleobiogeographic correlation. Nonetheless, descriptions for South American material are made from thin sections, unlike the standard practice (microfossil imaging), with low diversity material (2 genera). In the present paper it's presented the most diverse southamerican fauna (N=9) to date, obtained from three erratic clasts collected by González et al. 2011 in El Jagüelito Formation, Río Negro, Argentina, based on the hypothesis of a possible affinity with the clasts collected by Wrona 1989, 2003, 2004, 2009 in the antarctic península. The described fauna it's not diverse enough nor well preserved enough to obtain conclusive results.

CONTENIDOS

Introducción.....	3
Explosión Cámbrica: generalidades	3
Aparición de Small Shelly Fossils y sus generalidades.....	3
Origen del término y distribución de los yacimientos.....	4
Registros de SSFs en América del Sur.....	5
¿Clastos portadores en Argentina? y clastos portadores en Antártida.....	5
Hipótesis.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivo específico.....	7
Materiales y métodos.....	7
Resultados.....	9
Clasto SG-2009-1-A.....	9
Dominio Eukarya.....	9
Clado Ophistokonta Indet.....	9
Phylum Archaeocyatha Vologdin, 1937	10
Fam. y gen. Indet.....	10
Orden Hyolithelmintida Fisher, 1962.....	13
Phylum Mollusca Linnaeus, 1758.....	14

Halkieriidae? Poulsen, 1967.....	14
Halkieriidae? Poulsen, 1967.....	16
Phylum Mollusca Indet.....	17
Stem-Lophophorata.....	20
Órden Tommotiida Missarzhevsky, 1970.....	20
Kennardiidae Laurie, 1986.....	20
<i>Dailyatia?</i> sp. 1.....	20
<i>Dailyatia?</i> sp. 2.....	22
Phylum Echinodermata.....	22
Indet.....	23
Problemática.....	28
Clasto SG-2008-19M-2.....	29
Problemática.....	29
Clasto SG-2009-2.....	32
Órden Chancelloriida Walcott, 1920.....	34
Discusión y conclusiones.....	35
Referencias.....	37

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Explosión Cámbrica: generalidades

La transición Precámbrico-Cámbrico (PC-C) es de las más importantes de la historia de la Tierra debido a una serie de drásticos cambios en la composición química de los océanos (Li et al., 2019; Liu y Zhou, 2019; Schopf y García, 2019), sedimentos marinos (Bottjer et al., 2019; Hantsoo et al., 2019) y la aparición de novedades evolutivas y ecológicas en los metazoos (Bottjer et al., 2019; Hantsoo et al., 2019; Mángano y Buatois, 2014; 2020). Estas novedades evolutivas se registran durante un intervalo de 40 ma, que van desde fines del Ediacárico (Shu et al., 2014) hasta el Piso 3 del Cámbrico (Zhang y Shu, 2021). A este evento se lo conoce como Explosión Cámbrica (EC) (*sensu* Zhang y Shu, 2021). A partir del registro icnológico se reconocen cuatro etapas sucesivas de diversificación en la EC (Mángano y Buatois, 2020) mientras que, con el registro corpóreo, más incompleto (Zhang y Shu, 2021), es posible reconocer tres etapas (Shu et al., 2014). Esas etapas son: 1) diversificación de los metazoos bilaterales (ya presentes durante el Ediacárico terminal) y biomineralizadores durante el Cámbrico temprano, 2) diversificación de Protostomia (Lophotrochozoa + Ecdysozoa) a inicios del Cámbrico, llegando a ser diversos y abundantes para el Terreneuviano (Zhang y Shu, 2021), 3) biomineralización de Ecdysozoa y Echinodermata durante el Piso 3 del Cámbrico. La EC concluye con todos los filos animales presentes ya para el Piso 3 del Cámbrico, incluidas las formas

troncales de Bryozoa (Zhang et al., 2021).

1.2. Aparición de Small Shelly Fossils (SSFs) y sus generalidades

Es durante las fases tempranas de la Explosión Cámbrica (biomineralización y diversificación de Protostomia) cuando se registran los primeros Pequeños Fósiles con Conchilla (Small Shelly Fossils, SSFs) (Shu et al., 2014). Estos están conformados por distintos elementos de origen dérmico (escleritos, valvas, conchillas, tubos) (Maloof et al., 2010), secretados por animales de relaciones filogenéticas distantes (Thomas et al., 2000; Reitner y Thiel, 2011; Zhang y Shu, 2021), perteneciendo incluso a distintos filos (Maloof et al., 2010). Los elementos de braquiópodos y artrópodos son excluidos de esta categoría, aunque cumplan con los criterios de tamaño, preservación y edad (Maloof et al., 2010). Los SSFs generalmente están preservados como moldes internos o envolturas secundarias/permineralizaciones fosfáticas (Dzik, 1994; Maloof et al., 2010) y es muy común hallarlos en rocas carbonáticas que contienen arqueociatos (Álvaro et al., 2002; Skovsted et al., 2014, 2020; Adorno et al., 2017; Wotte y Sundberg, 2017; Devaere et al., 2019; Pruss et al., 2019, entre otros). El estudio de estas asociaciones contribuye a la comprensión de la evolución temprana de los metazoos (Thomas et al., 2000; Skovsted et al., 2011, 2014; Butler, 2015), aportan información en estudios paleogeográficos (Yang et al., 2014; Betts et al., 2016, 2017; Claybourn et al., 2021) y paleoambientales (Yang et al., 2014). Además de tener una potencial utilidad en estudios sedimentológicos y geoquímicos (Bengtson, 2004; Porter, 2010; Reitner y Thiel, 2011; Yang et al., 2014; Butler, 2015;).

1.3. Origen del término y distribución de los yacimientos

El término Small Shelly Fossil fue acuñado por Matthews y Missarzhevsky (1975), para asociaciones de microfósiles (< 2 cm) de edad cámbrica temprana de Siberia, aunque ya existían descripciones desde al menos las últimas décadas del siglo XIX y comienzos del siglo XX (Shaler y Foerste, 1863; Billings, 1872; Cobbold, 1898, 1921). Para inicios de la década de los 70's ya se conocían de yacimientos en diferentes localidades de Siberia (Germis, 1972; Runnegar y Pojeta, 1974; Matthews y Missarzhevsky, 1975), en esta misma década se reconoció que la antigüedad de esta fauna es mayor que la

de los Trilobita más antiguos conocidos (Matthews y Missarzhevsky, 1975). En las décadas posteriores se describieron varias asociaciones de SSFs en diferentes yacimientos de Asia y Medio Oriente (Bhatt et al., 1985; Bhatt, 1989; Sarmiento et al., 2001; Kouchinsky y Bengston, 2002; Chen et al., 2007; Steiner et al., 2007; Parkhaev y Demidenko, 2010; Sato et al., 2014; Yang et al., 2014; Novozhilova y Korovnikov, 2019; Pruss et al., 2019;), Europa (Bergström y Ahlberg, 1981; Vidal et al., 1999; Sarmiento et al., 2001; Álvaro et al., 2002; Elicki, 2005), África (Germs, 1972 ; Streng y Skovsted, 2006; Skovsted et al., 2014), Oceanía (Skovsted et al., 2011, 2015, 2020; Betts et al., 2016), América del Norte (Nowlan et al., 1985; Hofmann y Mountjoy, 2001; Landing et al., 2002; Malinky y Skovsted, 2006; Skovsted, 2006; Virmani y Johnston, 2017; Wotte y Sundberg, 2017), América Central (McMenamin, 1984; Devaere et al., 2019), Sudamérica (Wrona, 1989, 2003, 2004, 2009; Warren et al., 2011, 2017; Adorno et al., 2017;) y Antártida (Evans y Rowell, 1990; Bassett-Butt, 2016; Claybourn et al., 2021).

1.4. Registros de SSFs en América del Sur

En América del Sur los registros de SSFs son escasos y su composición taxonómica es poco diversa, incluyendo: 1) *Cloudina lucianoi* y *Cloudina waldei* (Cnidaria o Annelida?) de la Formación Tamengo, Brasil (Ediacárico) (Adorno et al., 2017), 2) ejemplares de *Cloudina* asociados a fragmentos de *Corumbella* (Cnidaria, Scyphozoa) (Pacheco et al., 2015) hallados en rocas del Grupo Itapucumi, Paraguay (Ediacárico) (Warren et al., 2011, 2017), y 3) un posible cloudinomorfo (*Cloudina? borrelloii*) del Cámbrico inferior de San Juan, Argentina (Yochelson y Herrera, 1974).

El plan corporal cloudinomorfo consiste en una serie de conos/embudos apilados que forman una estructura cono-en-cono (*sensu* Gaucher y Germs, 2009) y están abiertas en solo uno de los extremos, los tubos pueden ser rectos o sinuosos, y también pueden estar ramificados (Gaucher y Germs, 2009). Los restos fósiles de *Corumbella* muestran que la conchilla tubular estaba conformada por un único tubo anillado, que en sección transversal varía desde una sección circular en el extremo proximal hacia una sección de geometría cuadrada compuesta por anillos fusionados en la línea media de cada cara el extremo distal, ésta línea media forma septos radiales en el interior del tubo (Pacheco et al., 2015).

1.5. Hipótesis

En la Patagonia, la Formación El Jagüelito (Cámbrico Inferior a Medio) contiene clastos erráticos con arqueociatos descritos por González et al. (2011) recuperados en los afloramientos cerca de la localidad de Sierra Grande, NE de la provincia de Río Negro (Fig. 1). Los arqueociatos identificados en estos clastos son similares a los hallados en afloramientos y clastos erráticos en la Antártida y otras regiones de Gondwana (Wrona, 2009; González et al., 2011, 2012; Claybourn et al., 2019, 2021). Las rocas antárticas con arqueociatos son también portadoras de una diversa SSF. La presencia de los mismos taxones de arqueociatos en los clastos recuperados por González et al. (2011, 2012) y los afloramientos/clastos antárticos permite postular la hipótesis de que los clastos erráticos de la Formación El Jagüelito tienen una SSF similar a las antárticas y distinta a la del resto de América.

Los arqueociatos identificados en estos clastos tienen afinidades con las formas antárticas, y posiblemente los clastos fueron transportados desde la Formación Shackleton (González et al., 2011) o de una plataforma silicoclástica-carbonática de edad cámbrica temprana, ubicada alrededor del actual occidente antártico (Rodríguez-Martínez et al., 2022). Entre los taxones recuperados en Antártida se encuentran tommótidos, hiolítidos, helcionélidos, maclurítidos, wiwáxidos, bradoriidos, fosfatocópidos, trilobites, equinodermos y espículas de esponjas (Palmer y Gatehouse, 1972; Wrona, 1989, 2003, 2004, 2009; Evans y Rowell, 1990; Wrona y Zhuravlev, 1996; Claybourn et al., 2021). Por su parte, si los clastos contuvieran, como los antárticos, *Dailyatia odyssei* se podría confirmar una edad cámbrica (Serie 2, pisos 3 y 4) (Skovsted et al., 2015) para los clastos de la Formación El Jagüelito.

1.6. Objetivo general

El objetivo general del trabajo fue determinar si los clastos recuperados en el afloramiento de la Formación El Jagüelito por González et al., 2011 son portadores de SSFs.

1.7. Objetivo específico

En este trabajo final se describió la composición taxonómica de los microfósiles

recuperados de los tres clastos carbonáticos procedentes de la Formación El Jagüelito. Aquí se dan a conocer los resultados del estudio micropaleontológico de los clastos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los clastos que se analizaron provienen del suroeste de la localidad de Sierra Grande, Provincia de Río Negro, norte de Patagonia, Argentina (Fig. 1), y fueron colectados en los afloramientos de la Formación El Jagüelito (González et al., 2011). Los clastos provienen de un meta-conglomerado de una unidad que, a pesar de su metamorfismo y deformación, aún conserva los fósiles de arqueociatos (González et al., 2011). La preparación de las muestras se realizó en el Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IIPG, UNRN-CONICET), ubicado en la ciudad de General Roca, Río Negro. Para la extracción de los microfósiles se disolvieron los clastos (muestras SG-2009-2, SG-2009-1-A y SG-2008-19M-2), cada uno de un peso aproximado de 1 kg, en una solución de ácido acético siguiendo la misma técnica descrita por Wrona (2003). El ácido en el cual se sumergieron los clastos se cambió diariamente por alrededor de 4 meses, se buscaron residuos una vez a la semana y se lavaron con agua destilada mientras se tamizaron en mallas de >840 μm , 840-420 μm , 420-250 μm y 250-160 μm (Pruss et al., 2019). Posteriormente se realizó la separación de los microfósiles utilizando un microscopio binocular. Del clasto SG-2009-1-A se obtuvieron cortes delgados con el fin de reconocer la presencia de SSFs bajo el microscopio binocular. Por último, se tomaron imágenes de los ejemplares recuperados con el microscopio electrónico de barrido (MEB) y con una cámara digital acoplada a una lupa binocular.

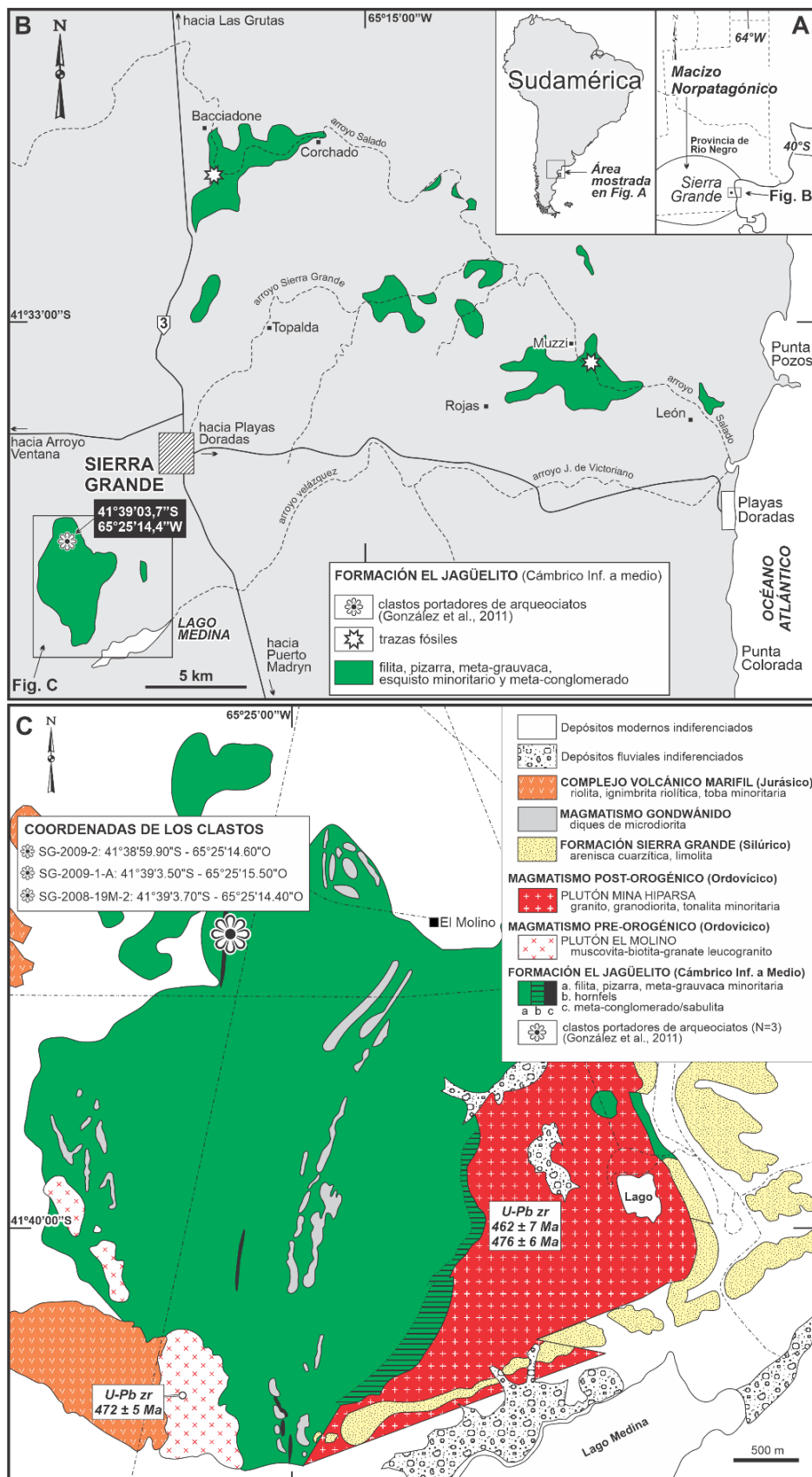


Figura 1: Área de colecta. B: Afloramientos de la Formación El Jagüelito. C: Detalle del área encerrada en la figura 1b. Coordenadas de colecta de los clastos SG-2009-2 (41°38'59.90"S - 65°25'14.60"O), SG-2009-1-A (41°39'3.50"S - 65°25'15.50"O) y SG-2008-19M-2 (41°39'3.70"S - 65°25'14.40"O).

3. RESULTADOS

Clasto SG-2009-1-A

Dominio Eukarya

Ophistokonta Indet.

Colección provisoria: SG-2009-1-A-1

Figuras 2a-c

Material. Micelio fúngico preservado sobre sustrato inorgánico.

Preservación. Preservación excepcional, manteniendo su disposición tridimensional entre los clastos.

Descripción. Crecimiento filamentoso que se extiende tridimensionalmente por la superficie de los clastos (Fig. 2a). Los filamentos se ramifican y contactan entre sí, formando una red tridimensional (Figs. 2b-c). La red se extiende, al menos en su mayoría, en la superficie conformada por los clastos de mayor tamaño de la muestra (Fig. 2a). La densidad filamentosa es continua y baja, no se observan masas compactas de filamentos. Los filamentos son aplanados y tienen un ancho de 5 μm , aunque algunos llegan a 12 μm . El ancho de los filamentos se mantiene constante, salvo en algunas porciones (Fig. 2c). La mayoría de los filamentos se bifurca, estas bifurcaciones pueden ser en forma de "Y" (BY) o "T" (BT) (Fig. 2c), aunque son más comunes las bifurcaciones en "Y". Los filamentos entran en contacto frecuentemente, y donde esto ocurre todavía se pueden observar los límites de cada filamento (Figs. 2b-c).

Afinidad. El único material fósil antártico conformado por masas de filamentos es la cianofita *Girvanella* sp., descrita por Wrona (2004). Sin embargo, existen muchas diferencias entre el material descrito en este trabajo y el descrito por Wrona (2004): los filamentos se bifurcan en varios puntos, a diferencia de *Girvanella* que está conformado por filamentos simples; el diámetro de los filamentos se mantiene cercano a los 5 μm , salvo algunas excepciones (ver descripción), mientras que el diámetro de los filamentos de *Girvanella* oscila entre los 9,8 y 12,8 μm ; los filamentos no están empaquetados apretadamente como en el caso de *Girvanella* sp. (Wrona, 2004, Fig. 4) y, finalmente, los filamentos descritos por Wrona (2004) en algunos casos presentan una anulación (Wrona, 2004, Fig. 4C₁- C₂), esta característica no está presente en el

material de la Formación El Jagüelito. Debido a todo lo anterior no es posible asignar el material a *Girvanella* sp.

Existen muchos grupos de procariotas y eucariotas que desarrollan estructuras filamentosas, pero los tejidos de tipo micelial que forman redes ramificadas son muy comunes en actinobacterias, oomicetos y hongos (Bengtson et al., 2017). Las actinobacterias se bifurcan al igual que el material descrito, pero el contacto entre filamentos ya bifurcados no es característico del grupo (Erikson, 2003). Los oomicetos son morfológicamente similares a los hongos, aunque filogenéticamente distantes, son anatómicamente distintos en su fase móvil y de células vegetativas generalmente diploides o poliploide, a diferencia del micelio fúngico haploide o dicariótico (Thines, 2018). La anastomosis es poco común en oomicetos (Stephenson et al., 1974, citado en Bengtson et al., 2017), aunque común en micelios fúngicos (Bonnevile et al., 2020). Algo para destacar es que a diferencia de otros reportes de micelio fúngico (Bonnevile et al., 2020) o similar a estos (Bengtson et al., 2017), los filamentos descritos en este trabajo no son tubos tridimensionales.

Los esclerocios son masas de hifas aplanadas endurecidas que los clados de hongos ascomicetos (Ascomycota) y basidiomicetos (Basidiomycota) son capaces de producir en condiciones adversas (Smith et al., 2014; Bonneville et al., 2020), incluyendo la ausencia de un huésped. Hay especies marinas actuales como *Penicillium jejuense* que son capaces de producir esclerocios bajo condiciones controladas (Jones et al., 2015). Estas estructuras pueden tener tamaños inferiores al milímetro y desarrollarse sobre sustratos inorgánicos (Smith et al., 2014). Ya que no se reconoció ningún sustrato orgánico sobre el que se apoye el micelio, y se observa que los filamentos crecieron entre los clastos, es posible argumentar que esta masa filamentosa representa algún tipo de estructura de supervivencia.

Por las características señaladas el material descrito se puede asignar con dudas a un micelio fúngico y tentativamente como un esclerocio, aunque a diferencia de estos no presenta un arreglo denso de los filamentos, formando una masa compacta.

Phylum Archaeocyatha Vologdin, 1937

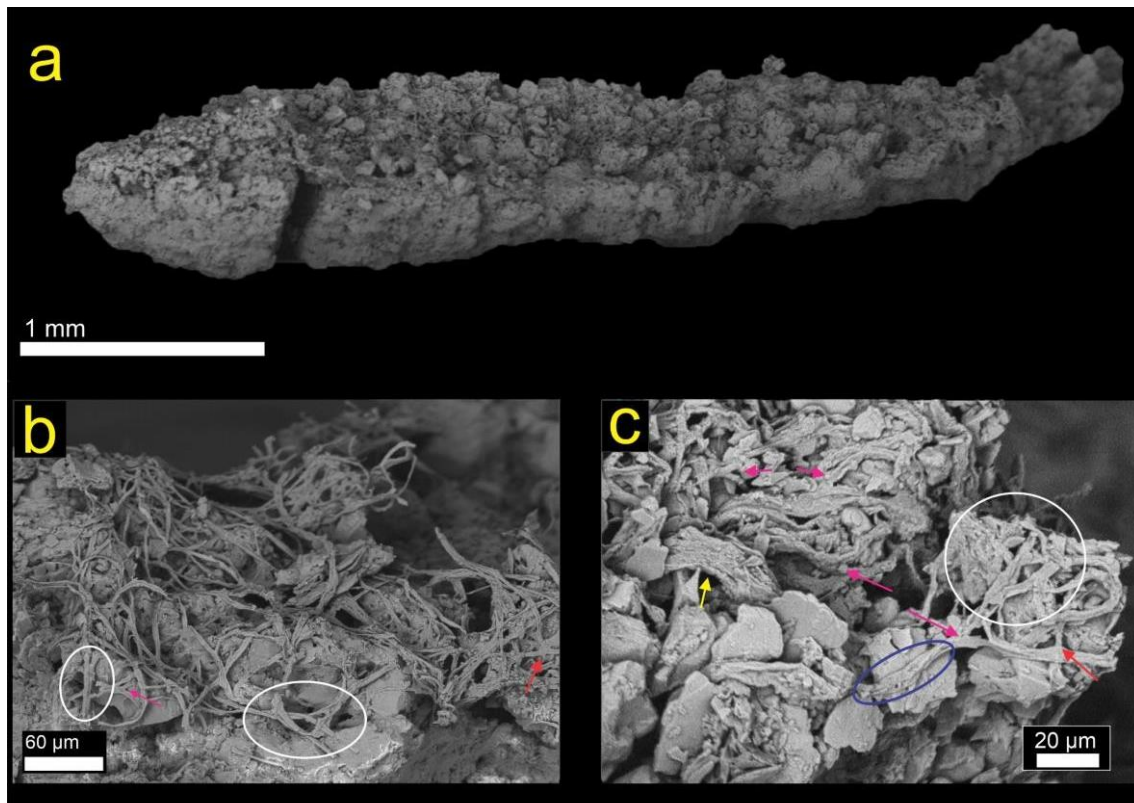


Figura 2: Micelio fúngico (¿esclerocio?). A: Imagen completa del fósil. B y C: Detalle de las hifas. SG-2009-1-A-1

Clase, Orden, Familia, Género y Especie Indet.

Colección provisoria: SG-2009-1-A-2

Figuras 3a-d

Material. Fragmento de pared perforada, probablemente correspondiente a un arqueociato.

Preservación. Fósil con cristales diagenéticos adheridos a su superficie. En toda la superficie del fósil se observan grietas generalmente alineadas.

Descripción. El fósil constituye una masa de textura fibrosa que presenta en la parte superior un fragmento conformado por una placa con una fila de tres poros, donde el poro mejor preservado mide 14,28 μm de diámetro, el resto de poros están mal preservados. La porosidad es simple, de arreglo cuasi-retiforme y poros poligonales alternados. En la parte media se observa una placa sin poros (Fig. 3a).

En otro fragmento se observan cuatro poros completos y tres, quizás cuatro, poros preservados de forma parcial (Fig. 3b). Los poros forman un arreglo de tres filas. Se observan dos filas de poros cercanas (filas a y b, 2,56 μm de

distancia entreellas), mientras que existe una separación mayor entre esta fila doble de poros y la tercera fila (fila c) en la parte inferior del fragmento (alrededor de $6,15 \mu\text{m}$ de distancia). Entre los poros de una misma fila hay una separación de entre 2 a $4,61 \mu\text{m}$ (Fig. 3c). La totalidad de la estructura forma un entramado con poros aproximadamente rectangulares de $6,8 \mu\text{m}$ de largo y $3,8 \mu\text{m}$ de ancho. La superficie es lisa, sin ornamentación. En la parte superior e inferior del ejemplarse observan los restos parciales de estas mismas estructuras (Fig. 3a). En la parte inferior una de las estructuras transversales está completa, en la superior el fragmento tiene una fila de poros (Fig. 3a).

Afinidad. El fósil presenta características observadas en arqueociatos como, por ejemplo, paredes porosas externas e internas y un espacio entre ambas (intervallum) donde pueden desarrollarse septos con o sin poros, o estructuras espinosas, dentadas o similares a cucharas (Hill, 1964; Dzik, 1994) (Fig. 3d). El fragmento mejor preservado (Fig. 3b-c) muestra una gran semejanza con la pared de la copa de los arqueociatos, la cual se caracteriza por la presencia de poros dispuestos en filas (Hill, 1964, Fig. 2-2, 2-24, 4-13; Dzik, 1994, Fig. 2).

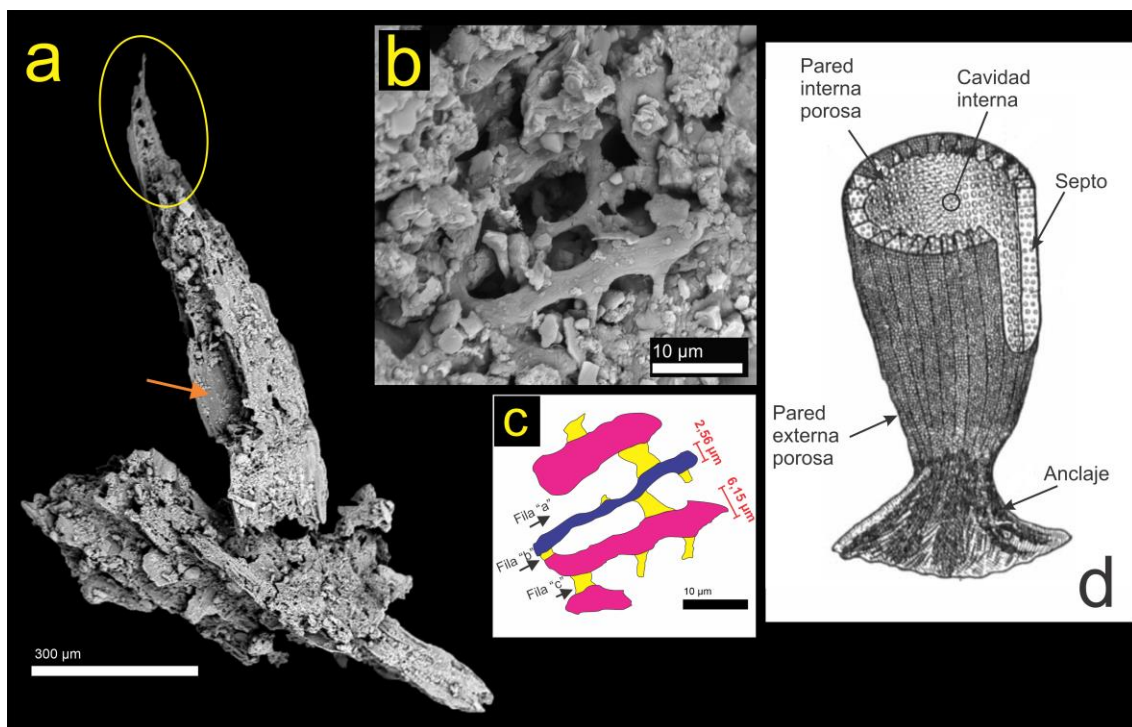


Figura 3: Archaeocyatha indet. A: Imagen completa del material, flecha naranja indica posible septo sin poros, círculo amarillo encierra estructura porosa. B: Fragmento de pared de copa. C: Representación de "B", filas "a", "b" y "c" indicadas con flechas negras. D: reconstrucción de un arqueociato, modificado de Hill, 1964. SG-2009-1-A-2

El material descrito es muy poco diverso y está preservado como un fragmento

producto del reemplazo de la pared original, mientras que el material antártico es sumamente diverso y generalmente está conformado por moldes internos (steinkern) (Wrona, 2004; Claybourn, 2017) y secciones pulidas (Debrenne y Kruse, 1989). Sin embargo, el fragmento recuperado no tiene caracteres suficientes para asignarlo a un taxón menos inclusivo que el filo.

Orden Hyolithelminthida Fisher, 1962

Familia Hyolithellidae Walcott, 1886

Género y especie Indet.

Colección provisoria: SG-2009-1-A-3

Figuras 4a-d

Material. Molde interno.

Preservación. Sobre toda la superficie hay grietas transversales al eje mayor. En la superficie del fósil se observan cristales y marcas arborescentes que se interpretan como producto de la diagénesis o generadas durante la disolución del clasto (Fig. 4b).

Descripción. microfósil de 1,68 mm de longitud y un diámetro máximo de 307 μ m, sección transversal de forma circular y ligeramente curvado (Fig. 4a). Uno de los extremos con forma de cuña (Fig. 4c), el interior presenta capas concéntricas.

Afinidad. Varios microfósiles tubulares fueron descritos en las SSFs de Antártida (Wrona, 1989, 2003, 2004; Bassett-Butt, 2016; Claybourn, 2017). El material que se describe aquí presenta similitud en cuanto al tamaño, la sección transversal y al grado de curvatura con ejemplares asignados al género *Hyolithellus* Billings, 1871, descritos por Claybourn (2017). Sin embargo, se diferencian de estos por la presencia de una “cuña” en uno de los extremos que es similar a la pared dividida observada en la especie *Byronia? bifida* (Wrona, 2004, fig. 25 k-m), aunque esto podría ser producto del proceso de fosilización. Se asigna el material como a un hiolitélido de género indeterminado.

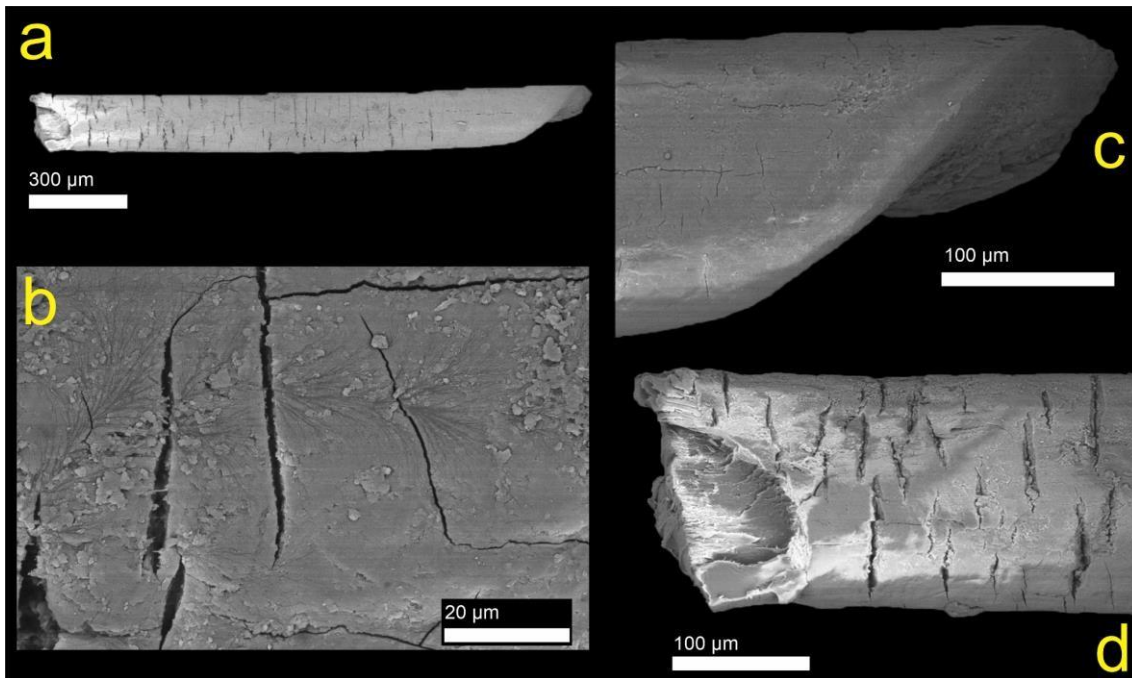


Figura 4: Hyolithellidae indet. A: Imagen completa del microfósil. B: Marcas ramificadas superficiales. C: Terminación en cuña. D: Disposición concéntrica de las capas. SG-2009-1-A-3

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758

Familia Halkieriidae? Poulsen, 1967

Colección provisoria: SG-2009-1-A-4

Figuras 5a-b

Material. Un único fragmento.

Preservación. El material presenta una preservación excepcional, ya que incluso se preservaron características superficiales.

Descripción. El fragmento tiene 1,379 mm de longitud y unos 426 µm de ancho (Fig. 5a). En el margen superior hay una serie de espinas de orientación similar y oblicua con respecto al margen, la separación entre las espinas varía entre los 37 y 93 µm. En la superficie de algunas de estas espinas hay surcos paralelos entre sí que parten de la base y recorren toda la espina hasta el margen superior de la misma.

En su superficie se observan dos tipos de ornamentación, ambos tipos están organizados en franjas que intercalan entre sí a lo largo del ancho de todo el fragmento (Fig. 5b). En la parte superior se observa un margen de 75 µm en cuya superficie hay estructuras tabulares de 21 a 32 µm de largo y 8 µm de ancho, estas tábulas están separadas por una superficie más baja (surcos) que

suele separar a los elementos tabulares entre 4,28 a 35 μm (Fig. 5b).

Afinidad. Superficialmente el fragmento es similar a los escleritos de halkieridos. En Antártida, este clado está representado por escleritos del género *Halkieria* (Wrona, 1989, 2004). Todos los escleritos reportados de *Halkieria* son de varios milímetros de longitud y ancho (Bengtson, 1985; Kono et al., 2021), lenticulares en sección transversal (Bengtson, 1985) y con crestas longitudinales (Bengtson, 1985; Morris y Chapman, 1997; Kono et al., 2021). La ornamentación superficial se caracteriza por estar conformada por filas transversales de tubérculos (Bengtson, 1985; Morris y Chapman, 1997) y espinas en los márgenes del esclerito (Wrona, 2004).

La naturaleza fragmentaria del material no permitió conocer el tamaño completo, pero el fragmento presenta un tamaño que permite inferir sería equivalente al de los escleritos asignados a *Halkieria* por Wrona (2004). Al igual que el material antártico de *Halkieria*, el material de la Formación El Jagüelito tiene espinas en el margen. Este fragmento también presenta un arreglo tabular, que también se observa en algunos escleritos de este género (Morris y Chapman, 1997), pero las tábulas son paralelas al elemento, mientras que en otros registros estas mismas son transversales al mismo. Se asigna el material tentativamente a la Familia Halkieriidae.

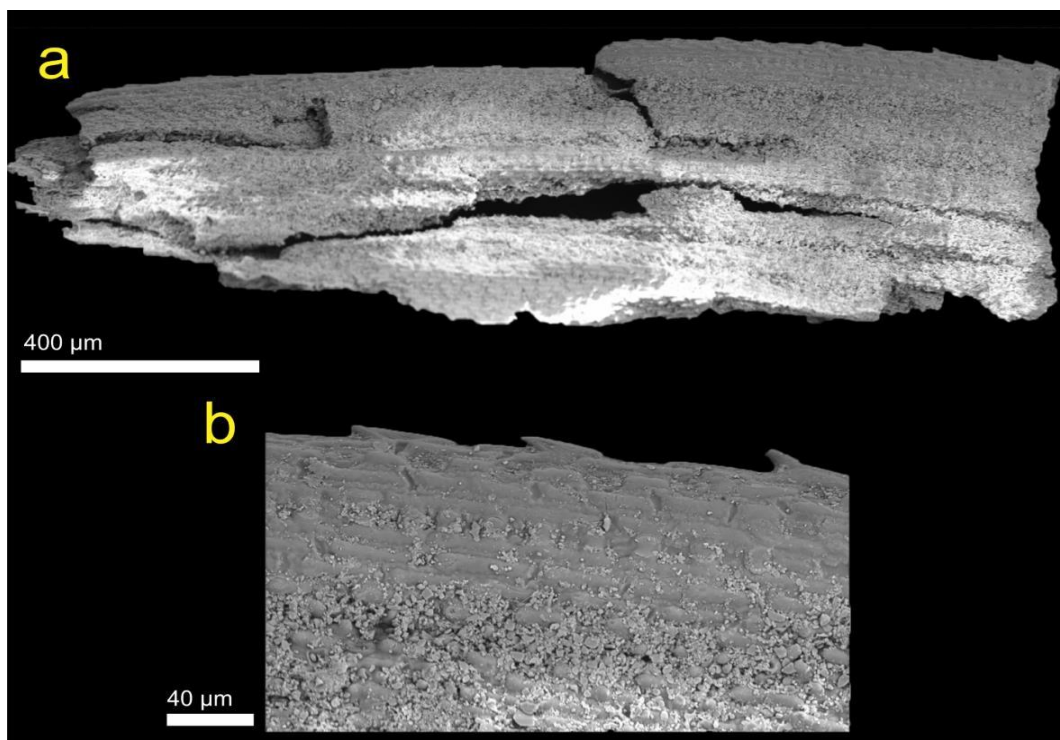


Figura 5: Halkieriidae?. A: Imagen completa del microfósil. B: Detalle de la superficie. SG-2009-1-A-4

Familia Halkieriidae? Poulsen, 1967

Colección provisoria: SG-2009-1-A-5

Figuras 6a-b y 7a-b

Material. Posible esclerito de Halkieriidae.

Preservación. Preservación excepcional. Se han conservado probables patrones superficiales de escala celular.

Descripción. El fragmento es de contorno rectangular, midiendo 1,11 mm de largo y 366,66 μm de ancho. En la superficie del microfósil se identificaron 6, posiblemente 7, crestas que recorren toda la longitud del mismo (Figs. 6a-b). Estas crestas son paralelas entre sí y en algunos casos (crestas 3 y 5) se bifurcan a aproximadamente la mitad de su longitud (Fig. 6b). Todas las crestas están separadas por una distancia aproximada de 33,33 μm , y las crestas producto de una bifurcación están más cercanas entre sí (16,66 μm).

En la superficie se reconocen una serie de pliegues aproximadamente paralelos entre sí y, a su vez, a las crestas (Fig. 7a). Estos pliegues tienen un ancho de 2 μm y una longitud variable, que oscila entre los 24 y 91 μm de longitud (Fig. 7b). Estos pliegues no son regulares, hay pliegues de contorno redondeado, entrelazados formando una estructura cordada, deformados en su superficie e incluso con pliegues de menor orden en la superficie de los pliegues de primer orden (Fig. 7b). Otra característica es que distintos pliegues se elevan a distintas alturas desde la superficie. Las crestas son grupos de pliegues de mayor elevación ubicados a lo largo de la longitud del fósil o zonas donde las crestas están ausentes, erosionadas o comprimidas contra la superficie (Fig. 7b).

Además de los pliegues, en algunas áreas del fósil se observan fracturas mostrando parte de la estructura interna. Se observan fibras paralelas (Fig. 7a).

Afinidad. Los escleritos de *Halkieria* se caracterizan por tener nueve crestas que los recorren en su totalidad (Bengtson, 1985, figs 2-3). Otra característica observada en *Oikozetetes mounti* Jacquet et al., 2014, un halkierido del sur de Australia, es la presencia de una serie de canales longitudinales en los escleritos (Jacquet et al., 2014, fig 6.10). Los "canales" descritos por Jacquet et al. (2014) y las crestas descritas aquí tienen aproximadamente el mismo ancho, que oscila entre los 20 y 25 micrones. Solo en base a la posición y tamaño de las crestas, estas podrían representar los canales descritos por Jacquet et al. (2014), pero

con un grado de preservación distinto. Un mayor aumento permite observar que el material no tiene el mismo tipo de ornamentación característico de *Halkieria* (tubérculos) (Bengtson, 1986). De acuerdo a las características que se pudieron reconocer, se asigna el material tentativamente a la familia Halkieriidae.

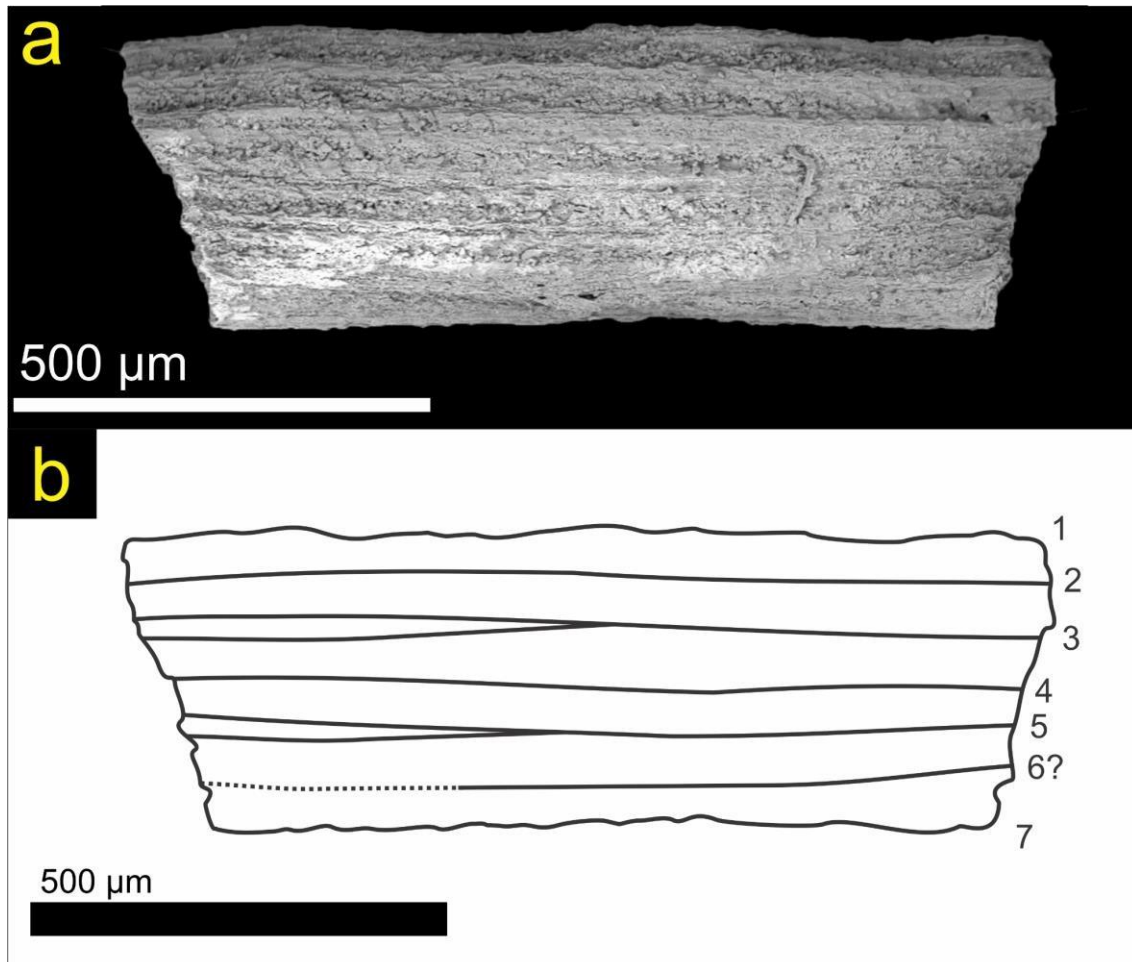


Figura 6: Halkieriidae?. A: Imagen completa del fósil. B: Detalle de las crestas. SG-2009-1-A-5

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758

Clase, Orden, Familia, Género y Especie indeterminada

Colección provisoria: SG-2009-1-A-6

Figuras 8a-c

Material. Conchilla incompleta en los márgenes.

Descripción. El fósil es de contorno ovalado y cóncavo (Figs. 8a-b), sin un ápice definido. Su longitud máxima es de 2 mm. Los márgenes no están bien

preservados, por lo que se observan mayormente como bordes irregulares (Fig. 8a).

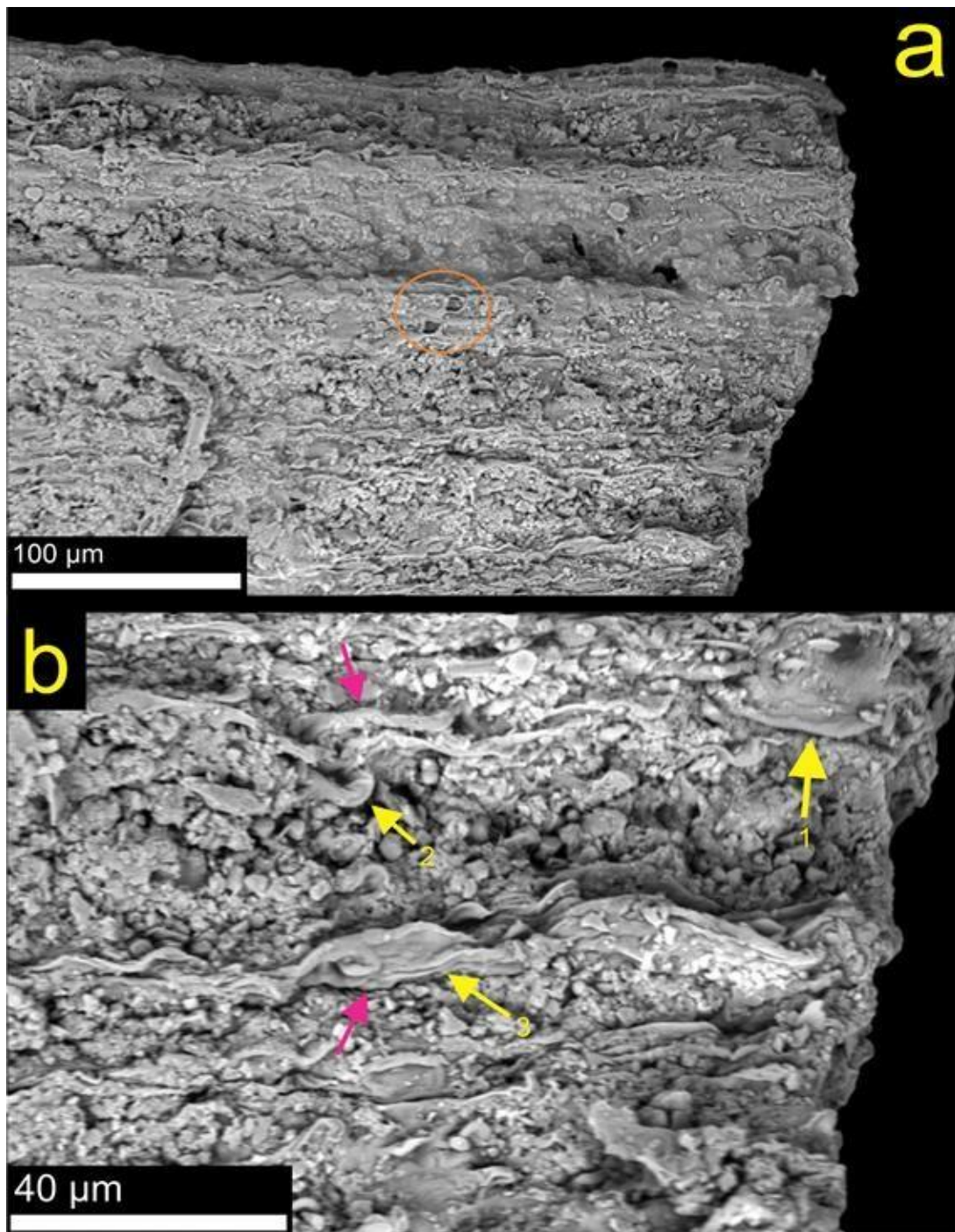


Figura 7: Superficie del fósil 11. A: Zonas fracturadas de la superficie (círculo naranja) mostrando unaorganización de fibras paralelas. B: Detalle de los pliegues deformados (1, 2, 3) y de forma cordada (flechas rosas). SG-2009-1-A-5

En las figuras 8b y c se observan un par de procesos en la superficie ventral derecha (PVD) e izquierda (PVI). El proceso derecho tiene un contorno triangular y es de menor espesor que el proceso izquierdo, (Fig. 8b). El proceso izquierdo es de un contorno oval y de ancho mayor que el proceso derecho,

por lo que la superficie de éste es continua con el resto del fósil. A lo largo del margen del proceso izquierdo se observan tres estructuras de contorno triangular (Fig. 8c). La base de cada una tiene entre 55 y 76 μm de longitud, todas se extienden unos 27 μm hasta la cúspide. Desde otro ángulo se observa que todas estas estructuras están pobremente preservadas (Fig. 8a).

La superficie no presenta ornamentación. Se observa un filamento posiblemente fúngico en la superficie (Fig. 8c).

Afinidad. Muchas estructuras recuperadas por Wrona (1989, 2003, 2004, 2009) son similares al elemento descrito aquí, entre ellos opérculos, valvas de braquiópodos y artrópodos, y conchillas de moluscos. Los opérculos o conchillas con opérculos *in situ* bien preservados recuperados en clastos de Antártida (Wrona, 2003, fig. 5a₂-b, 5c-f) muestran que estas estructuras no suelen superar el milímetro en el eje máximo y tienen un contorno circular o triangular, a diferencia del material aquí descrito que tiene un contorno ovalado. Las valvas de braquiópodos recuperadas de muestras de la Antártida suelen tener un extremo acuminado (Holmer et al., 1996; Bassett-Butt, 2016), un contorno ovalado (Claybourn, 2017; Claybourn et al., 2020) o semicircular (Bassett-Butt, 2016). Las líneas de crecimiento típicas de braquiópodos observadas en los ejemplares antárticos (Bassett-Butt, 2016, fig. 5b) no se observan en el material aquí descrito, aunque esto último podría deberse a la mala preservación. Las valvas de artrópodos típicamente tienen contornos semicirculares (Wrona, 2009), algo que difiere del elemento descrito aquí. Otras estructuras típicas de las valvas artrópodas son los nodos (Wrona, 2009, fig. 6) o espinas (Wrona, 2009, Fig. 11a₃₋₄), las cuales no se observaron en el microfósil. Durante el Cámbrico, entre los principales moluscos productores de conchillas se encontraban los helcioneloides (Helcionelloida) (Atkins y Peel, 2008) y tergómios (Tergomya) (Peel, 1991). El material antártico conocido de estos grupos es *Pelagiella* sp. (Wrona, 1989), *Pararaconus* sp. y *Beshtashella tortilis* (Helcionelloida), un yochelcionélido indeterminado (Wrona, 2003) y un monoplacóforo indeterminado de forma cónica (Wrona, 1989). Ninguno guarda similitudes con el material aquí descrito ya que este último carece de un ápice y enroscamiento. Los halkiéricos (Halkieriida) producen elementos alargados similares a espinas (ver descripción del siguiente microfósil), a pesar de que existe material de *Halkieria* en Antártida (Wrona, 1989), este no tiene ninguna similitud con el material descrito aquí.

No se pudo asignar el material a una clase determinada de molusco.

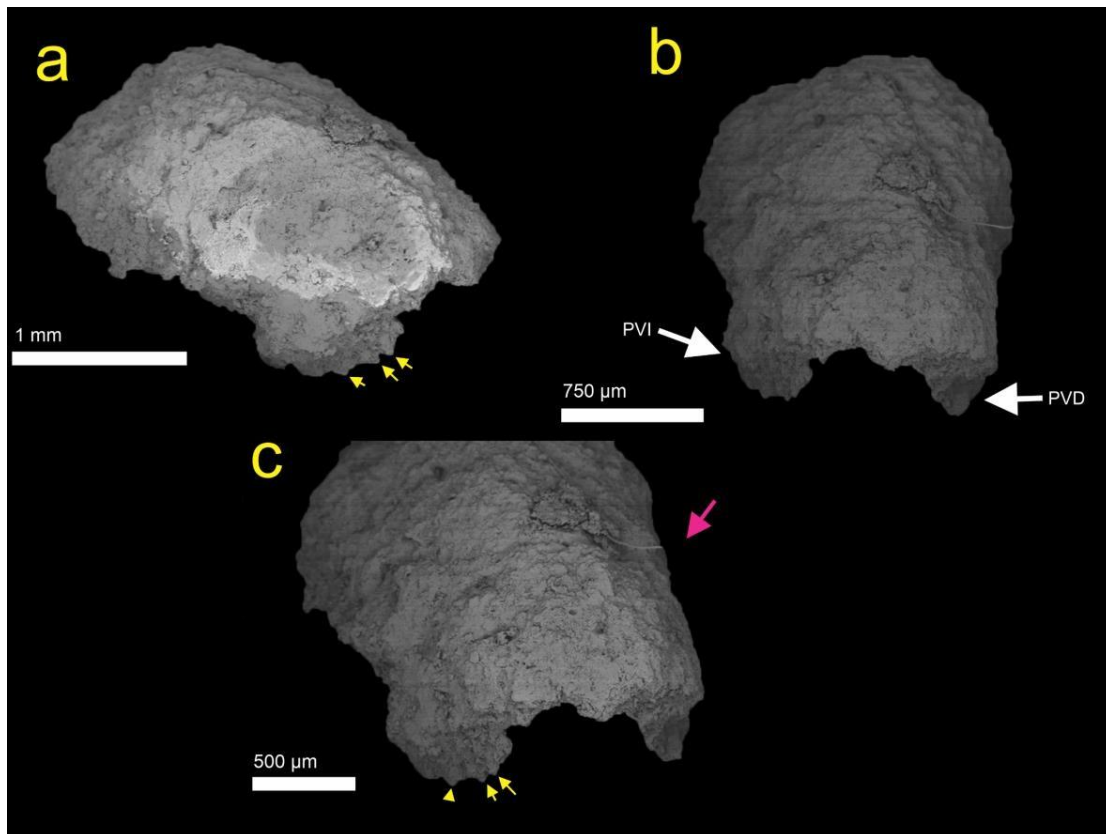


Figura 8: Domo ovalado asignado a Mollusca indet. A: Vista oblicua del microfósil. B: Vista dorsal del fósil, mostrando el proceso izquierdo (PVI) y derecho (PVD). C: Detalle del proceso izquierdo. SG-2009-1-A-6

Lophophorata

Orden Tommotiida Missarzhevsky, 1970

Familia Kennardiidae Laurie, 1986

Género *Dailyatia*? Bischoff, 1986

Dailyatia? sp. 1

Especie tipo *Dailyatia ajax* Bischoff, 1986

Colección provisoria: SG-2009-1-A-7

Figuras 9a-d

Material. Fragmento de borde proximal de esclerito C de *Dailyatia*.

Descripción. El material mide 2,33 mm de largo y un ancho máximo de 1,10mm. Es de contorno aproximadamente semicircular, con bordes mal preservados

(Fig. 9a). En vista transversal tiene forma de “U”, debido a que está ligeramente curvado en sentido dorsoventral (Fig. 9c y d).

Afinidad. A pesar de la variedad de formas de escleritos en el género *Dailyatia*, se hace la distinción entre tres tipos principales de escleritos (tipos “A”, “B” y “C”) y sus respectivos subtipos (A1, A2, B1, B2, C1 y C2) (Skovsted et al., 2015). Todos los escleritos de este género tienen tamaños de un par de milímetros y formas piramidales con plicas (pliegues en la pared del esclerito) (Skovsted et al., 2015). Los tipos “A” y “B” son elongados y dorsoventralmente aplanados, mientras que el tipo “C” es lateralmente aplanado (Skovsted et al., 2015), al punto de tener un contorno subcreciente (similar a una “C”) o subtriangular en sección transversal (Laurie, 1986), algo observado en ejemplares de *Dailyatia ajax* (Wrona, 2004, Fig. 8-c₆) y en el material que aquí se describe (Fig. 9d). En este tipo de esclerito el ápice se curva hacia el borde proximal (Skovsted et al., 2015), esta misma curvatura puede observarse en uno de los márgenes del material de la Formación El Jagüelito.

El material podría representar un fragmento de un esclerito tipo C de *Dailyatia*.

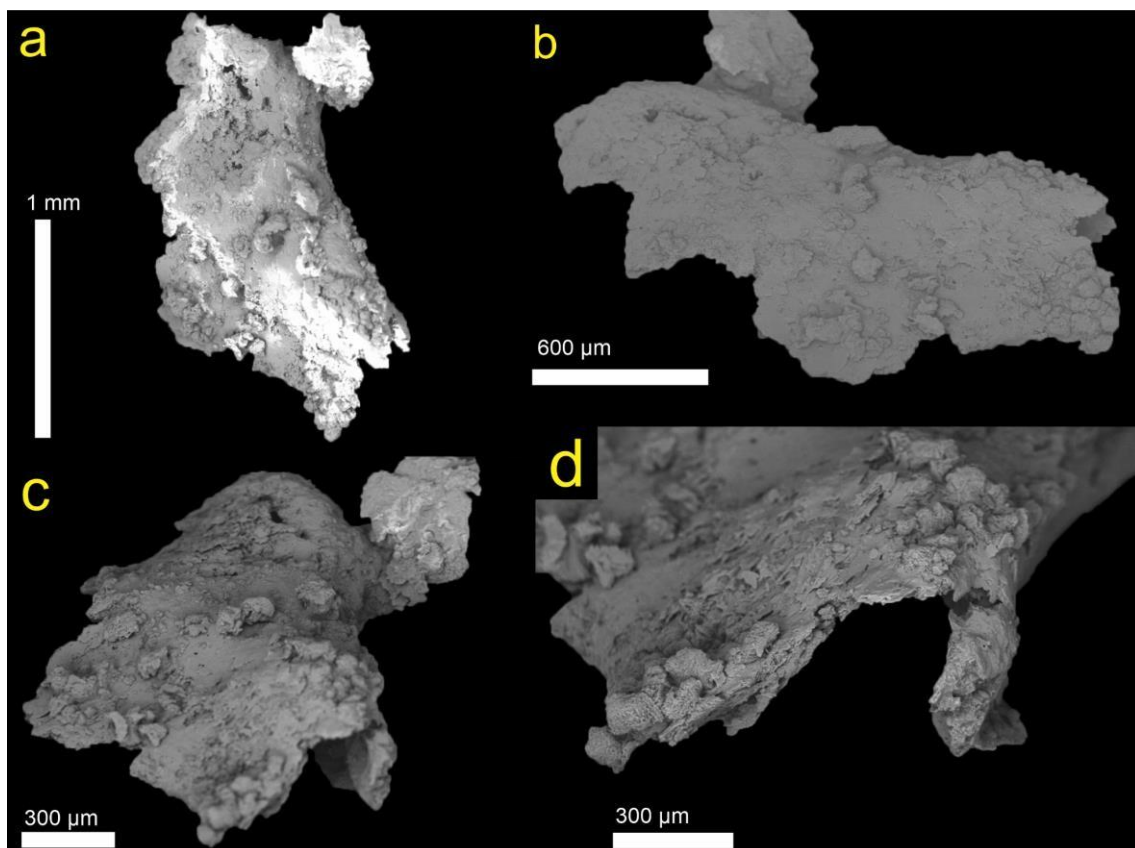


Figura 9: Fragmento de esclerito “C” asignado a *Dailyatia?* sp. A: Vista lateral completa del fósil. B: vistalateroventral/dorsal. C: Vista en perfil. D: Detalle de la vista en “C”. SG-2009-1-A-7

Dailyatia? sp. 2

Colección provisoria: SG-2009-1-A-8

Figuras 10a-c

Material. Esclerito indeterminado de *Dailyatia*

Descripción. Fósil de 918,9 μm de largo y un ancho máximo de 648,64 μm . De contorno triangular y perfil en forma de “V” invertida (Fig. 10a), la concavidad del perfil aumenta desde el extremo de menor ancho hacia el de mayor ancho. Se observa una plica en la figura 10b. En algunas partes del fósil hay filamentos fúngicos (Fig. 10c). No hay características superficiales preservadas.

Afinidad. En base a la forma general, el fragmento podría corresponder a un esclerito de un tommótido del género *Dailyatia*, una estructura similar a una plica se observa en la figura 16b. Se asigna el material tentativamente a un esclerito de *Dailyatia*.

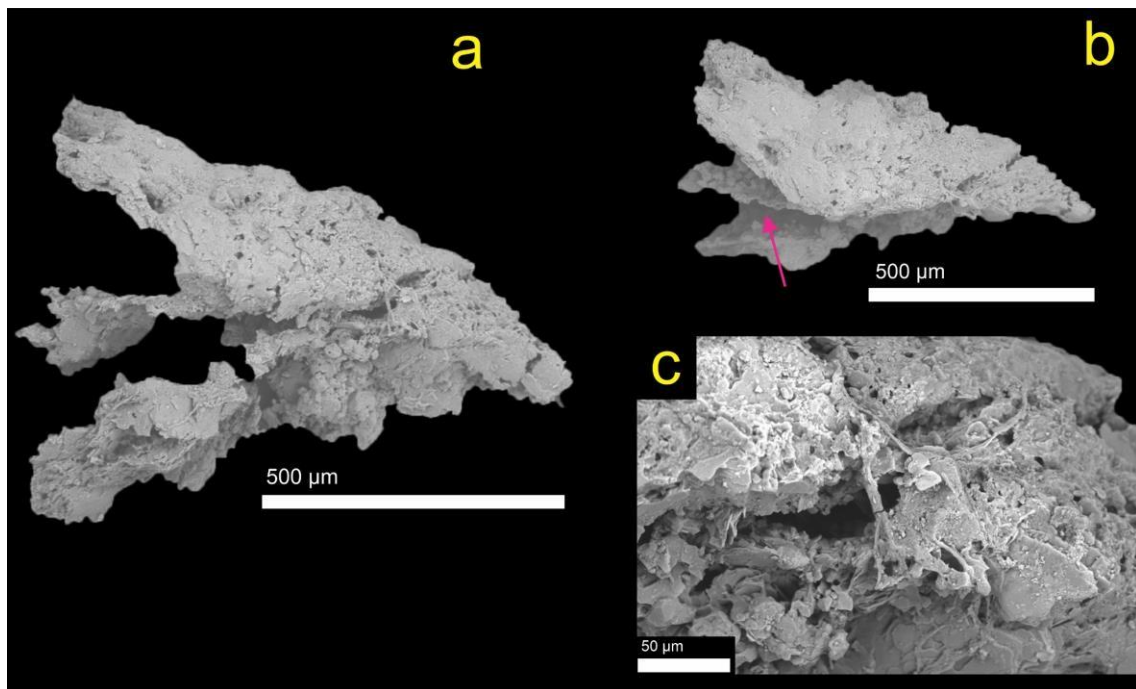


Figura 10: posible esclerito *Dailyatia* ?. A: Vista completa del ejemplar. B: Vista oblicua del ejemplar, flecha rosa indica una plica. C: Detalle de las hifas fúngicas. SG-2009-1-A-8

Phylum Echinodermata

Clase, Orden, Familia, Género y Especie indeterminada.

Colección provisoria: SG-2009-1-A-9

Figura 11

Material. Posible estereoma de equinodermo.

Afinidad. Wrona (2004) describió un fragmento de estereoma similar al ejemplar analizado en este trabajo. El material es similar al estereoma por estar conformado por un tejido tridimensional esponjoso.

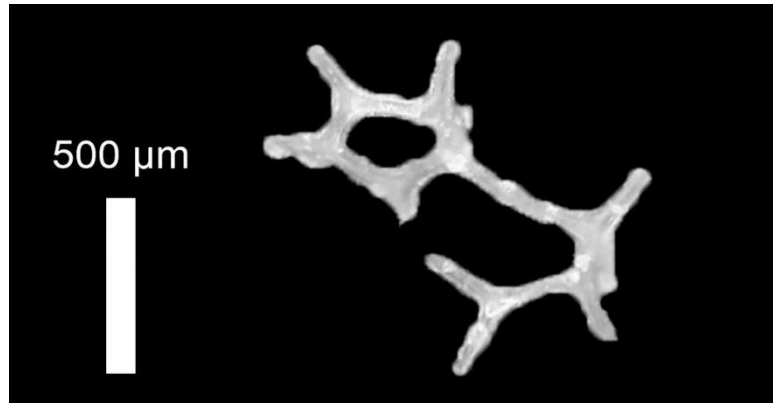


Figura 11: Fragmento de estereoma de equinodermo. SG-2009-1-A-9

Phylum Indet.

Colección provisoria: SG-2009-1-A-10

Figuras 12a-f

Material. Indeterminado

Descripción. El microfósil mide 846 μm de largo y 509 μm de ancho. Se observan dos regiones distintas, una cubierta por una estructura cóncava de contorno aproximadamente ovalado con bordes rotos (Figs. 12b-c), y otra de relieve más rugoso (Fig. 12a).

La placa tiene un espesor de 5,59 μm y está caracterizado por una superficie agrietada donde hay un probable epibionte (Fig. 12d). En la figura 12e se observan tubos que recorren el interior de la conchilla aproximadamente paralelos a la superficie de ésta. También se identificaron restos de posible origen fúngico o bacteriano en algunas zonas del ejemplar (Fig. 12f).

Afinidad. La preservación de estructuras tubulares (Fig. 12e) junto a las estructuras duras no es algo común en SSFs y no se observan en ningún ejemplar antártico. Muchos grupos de organismos tienen estructuras en forma de valva, desde braquiópodos a artrópodos, pero el material está muy fragmentado, sobre todo en los márgenes, por lo que no se pueden distinguir

caracteres diagnósticos. Tampoco se distinguen caracteres superficiales o microestructurales.

Se clasifica el material como problemático

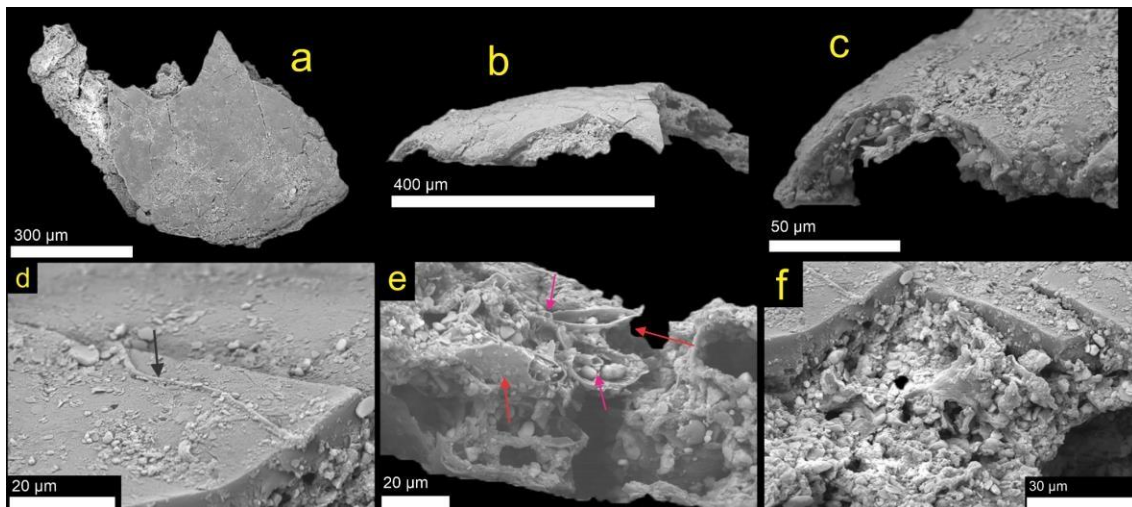


Figura 12: Indeterminado. A: Vista completa del ejemplar. B: Vista en perfil del ejemplar, mostrando la concavidad de la placa. C: Vista en perfil. D: Epibionte (flecha negra). E: Detalle de los tubos (flecha rosa) y estructuras indeterminadas (flechas rojas). F: Crecimiento fúngico o bacteriano. SG-2009-1-A-10

Phylum Indet.

Problemática

Colección provisoria: SG-2009-1-A-11

Figuras 13a-c

Material. Fragmento de afinidades inciertas.

Descripción. Microfósil de contorno aproximadamente redondeado, con un largo máximo de 430 µm, incluyendo al proceso alargado, y un ancho máximo de 395 µm (Fig. 13a), con bordes mal preservados. Un proceso alargado se extiende desde el margen hacia el exterior, en vista oblicua se observa que tiene un perfil cóncavo (Fig. 13c). No hay características superficiales o microestructurales preservadas.

Afinidad. Problemática.

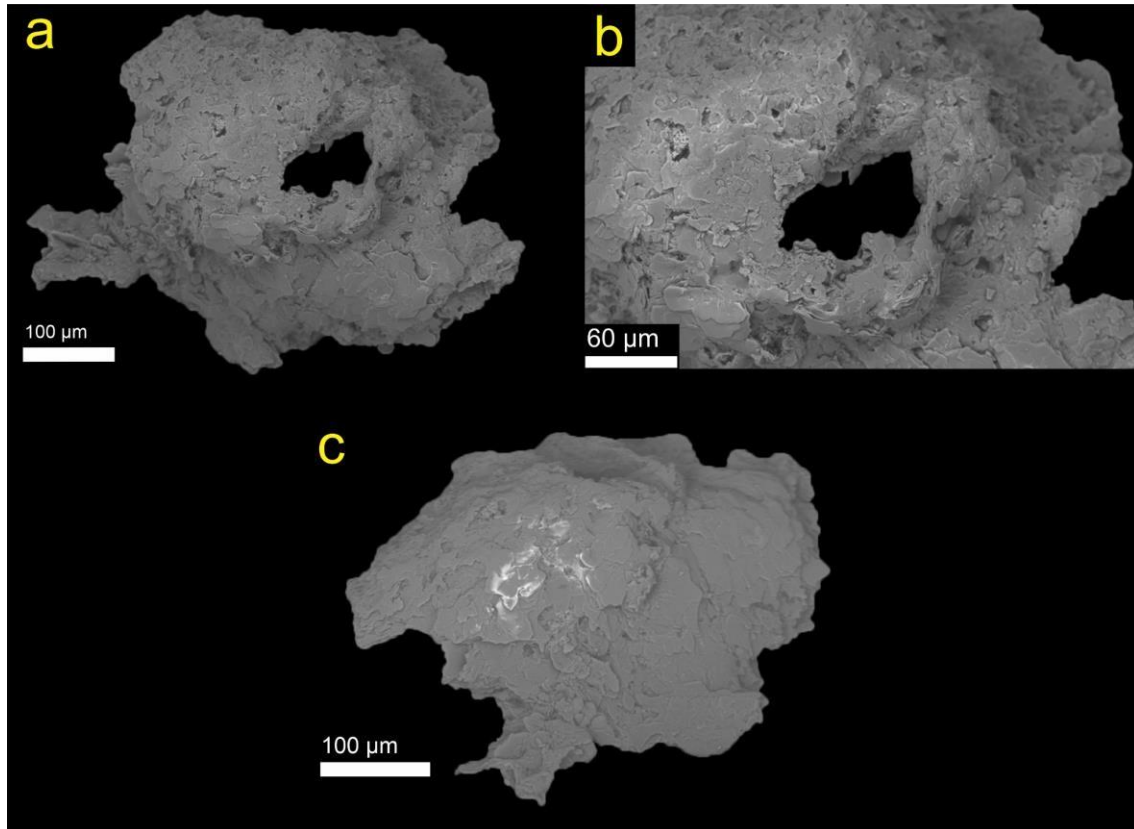


Figura 13: Problemática. A: Vista completa del ejemplar. B: Detalle del orificio en el centro. B: Vista oblicua, mostrando la concavidad del proceso alargado. SG-2009-1-A-11

Phylum Indet.

Colección provisoria: SG-2009-1-A-12

Figuras 14a-d y 15a-c

Descripción. El fósil mide 990 µm. En la superficie se observan cinco estructuras de relieve positivo en forma de cresta, organizadas en dos grupos de 2 y 3 paralelos entre sí, ambos grupos están orientados perpendiculares entre sí y no llegan a superponerse en ningún punto (Figs. 14a y b). Otro grupo de estructuras similares a los descritos se observan desde otra vista (Figs. 14c y d). En ninguna de estas crestas hay ornamentación. Por el contrario, se observan cristales de distintos tamaños. Los cristales de mayor tamaño están ubicados en las crestas, mientras que cristales de menor tamaño se ubican en los valles entre las mismas (Fig. 14d). Una estructura esférica incompleta se observa en la figura 14c.

En la parte superior del ejemplar se observa una estructura en forma de gancho

de 120 μm de longitud (Fig. 15a). Su parte distal se curva en un ángulo cercano a 90° y parece hacer contacto con el resto del fósil (Fig. 15b). En su parte proximal existe una cavidad que alberga otra estructura de unos 47 μm de largo

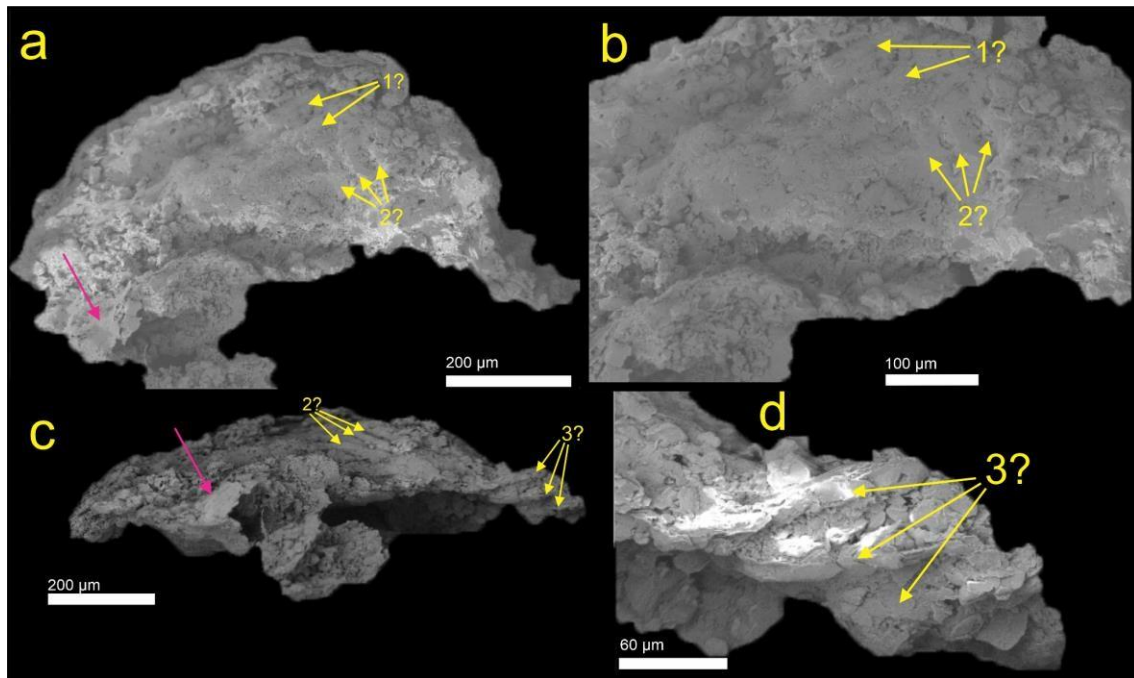


Figura 14: A: Imagen completa del fósil, mostrando las estructuras de relieve positivo “1” y “2”, y la estructura esférica (flecha rosa). B: Acercamiento a los paquetes musculares. C: Vista oblicua del microfósil, mostrando las estructuras “1”, “2”, “3”, y la estructura esférica (flecha rosa). D: Detalle de la estructura 3. SG-2009-1-A-12

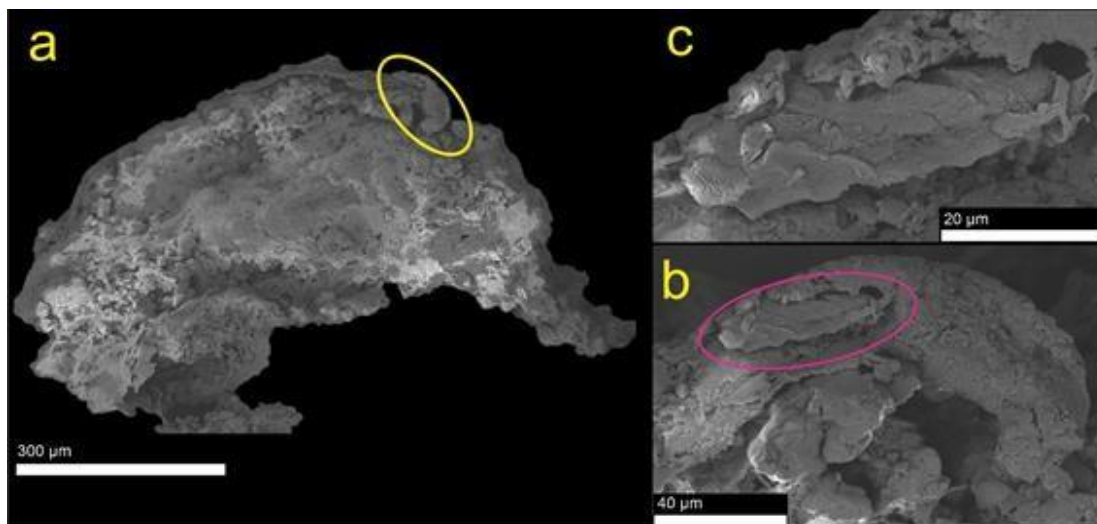


Figura 15: A: Imagen completa del fósil, mostrando la posición de la estructura en forma de gancho (ovalo amarillo). B: Acercamiento de ovalo amarillo en “A”. C: Detalle de ovalo rosa en “B”. SG-2009-1-A-12

(Fig. 15c), la cual presenta una organización de crestas en su superficie. Estas crestas recorren en sentido oblicuo a la superficie del mismo, aunque también hay crestas orientadas al azar. Este elemento no presenta ninguna característica destacable en su superficie.

Afinidad. El material no presenta caracteres asignables a un clado en particular.

Phylum Indet.

Colección provisoria: SG-2009-1-A-13

Figuras 16a-b

Material. Opérculo o valva de organismo bilateral indeterminado.

Preservación: el fósil está incompleto, con sus márgenes y superficie mal preservada.

Descripción. En su máxima extensión (ME), el fósil mide 2,47 mm (Fig. 16a). No se observa ornamentación en la superficie, y en algunas áreas hay filamentos preservados (Fig. 16b). Con mayor aumento en la superficie se observan cristales y posibles filamentos fúngicos.

Un proceso de contorno triangular y ligeramente curvo se desarrolla desde la superficie del fósil (Fig. 16a). La base de este proceso se extiende en todo el

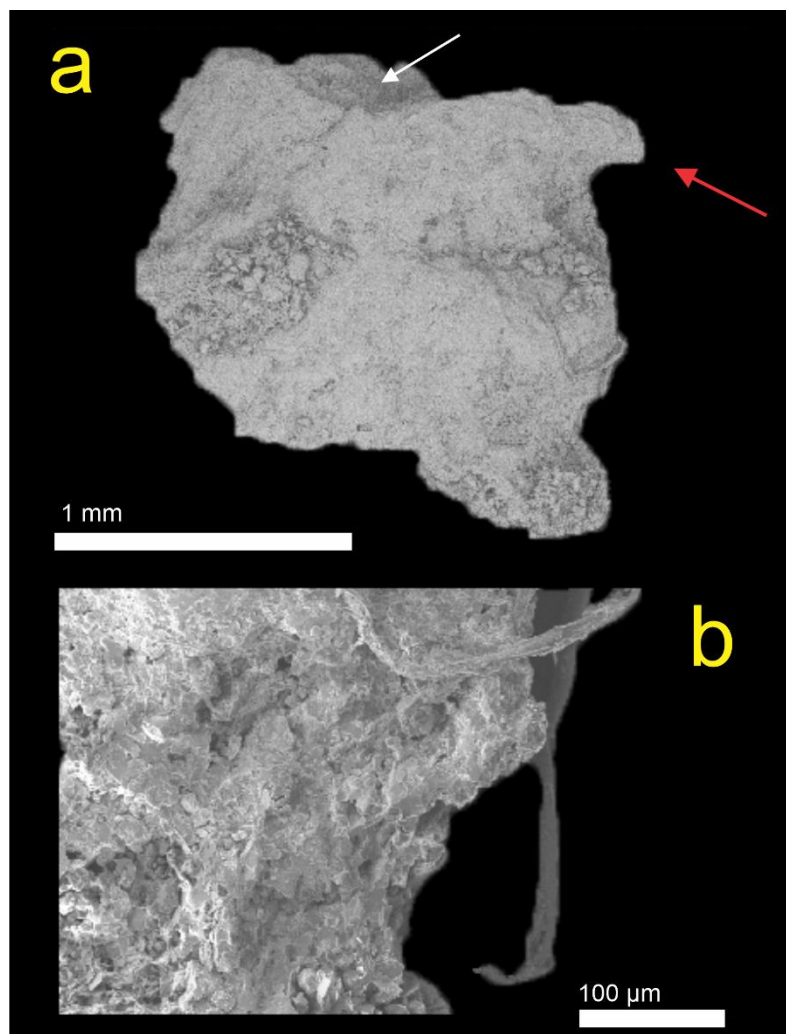


Figura 16: Bilaterio indet. A: Imagen completa del microfósil. B: Detalle de posible hifa. SG-2009-1-A-13

margen superior del elemento.

Afinidad. No fue posible obtener caracteres clave, por lo que se asigna el material como Problematica.

Phylum Problematica

Colección provisoria: SG-2009-1-A-14

Figuras 17a-e

Material. Un único ejemplar de afinidad indeterminada.

Preservación. El fósil es fragmentario. Cristales de minerales diagenéticos están dispuestos de manera aleatoria en toda la superficie del microfósil. En los lugares donde no se desarrollaron cristales, la pared está agrietada, estas grietas se ubican mayormente paralelas a los tubos/cámaras.

Descripción. Fósil de simetría triradial. Desde el centro del microfósil, la rama mayor mide 713 μm , mientras que las otras dos miden 660 μm y 460 μm respectivamente. Cada rama está conformada por tubos y/o cámaras huecas paralelas entre sí (Fig. 17a). En la figura 17b se observa lo que se interpreta como el límite entre dos cámaras, la superior ("a") tiene una longitud de 88 μm y la inferior ("b") 218 μm . No se observan cambios en el ancho entre tubos y cámaras, excepto en los extremos de estas últimas, donde existe un estrechamiento con una terminación redondeada. En el costado izquierdo de la rama más larga (Figs. 17c y d), se observa un tubo creciendo en dirección diagonal al anterior. En la figura 17d se observa lo que parece ser el sitio de crecimiento de otra rama que no se preservó. A lo largo de las ramas se observan cambios en el tamaño de las áreas que separan los tubos. Algunos están en contacto directo mientras que en otros hay una separación de hasta 20 μm (Fig. 17e). En toda la superficie del fósil se observan una serie de "poros" con distintos estados de preservación, algunos con bordes bien definidos, mientras que otros poseen bordes irregulares. Estos "poros" están dispuestos de manera regular. En las bifurcaciones se observa la continuidad de algunos tubos como el inicio de nuevos tubos/cámaras. En la figura 17e, se observa como la pared de uno de los tubos se extiende hacia un costado y llena el espacio generado en la bifurcación.

Afinidad. Espículas triactinas fueron descritas de depósitos de edad cámbrica de Antártida, por ejemplo, *Dodecaactinella* cf. *cynodontota* (Wrona, 2004). Sin

embargo, el material aquí descrito, salvo la forma general, no muestra otras características similares, por lo que el material aquí estudiado se asigna como Phylum Problematica.

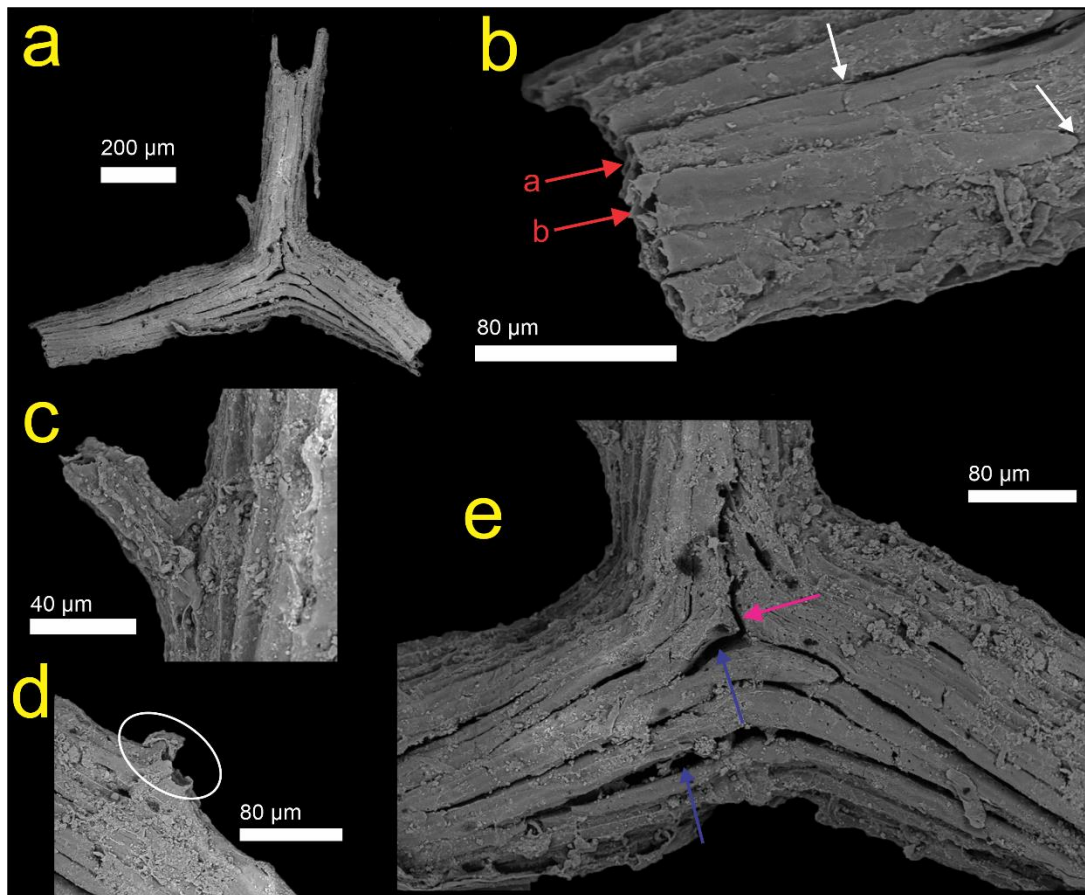


Figura 17: Microfósil Phylum Indet. A: Imagen completa del microfósil. B: Cámaras “a” y “b” (flechas amarillas) y sus límites inferiores (flechas blancas). C: Ramificación en brazo superior. D: Sitio de crecimiento de “rama”. E: Separación entre tubos adyacentes (flechas azules) y “deformación” en tubo (flecha rosa). SG-2009-1-A-14

Clasto SG-2008-19M-2

Problematica

Colección provisoria: SG-2008-19M-2-1

Figuras 18a-d

Descripción. El fragmento mide 1,27 mm de largo y 317 µm de ancho. El fragmento está conformado por columnas ornamentadas. Estas columnas de 96 µm de ancho están orientadas en el sentido longitudinal del fragmento en dirección aproximadamente paralela, aunque algunas se entrecruzan (Fig. 18a). En los márgenes, y en menor medida en el interior del microfósil, hay

espinas de la misma orientación. La distancia entre las espinas y su posición es irregular (Figs. 18a-b).

La ornamentación de las columnas se caracteriza por estructuras bulbosas ubicadas en los márgenes (Fig. 18) y en algunos casos en el centro (Fig. 18b). En el centro de algunas columnas se reconocen espinas (Figs. 18b-c). Algunas de las estructuras bulbosas parecen surgir de entre las columnas (Fig. 18b). Con mayor aumento se observa una textura rugosa en la superficie de las columnas (Fig. 18d).

Afinidad. Ningún fósil conocido del Cámbrico antártico tiene la complejidad observada en la superficie del material, por lo que el mismo es asignado como Problematica.

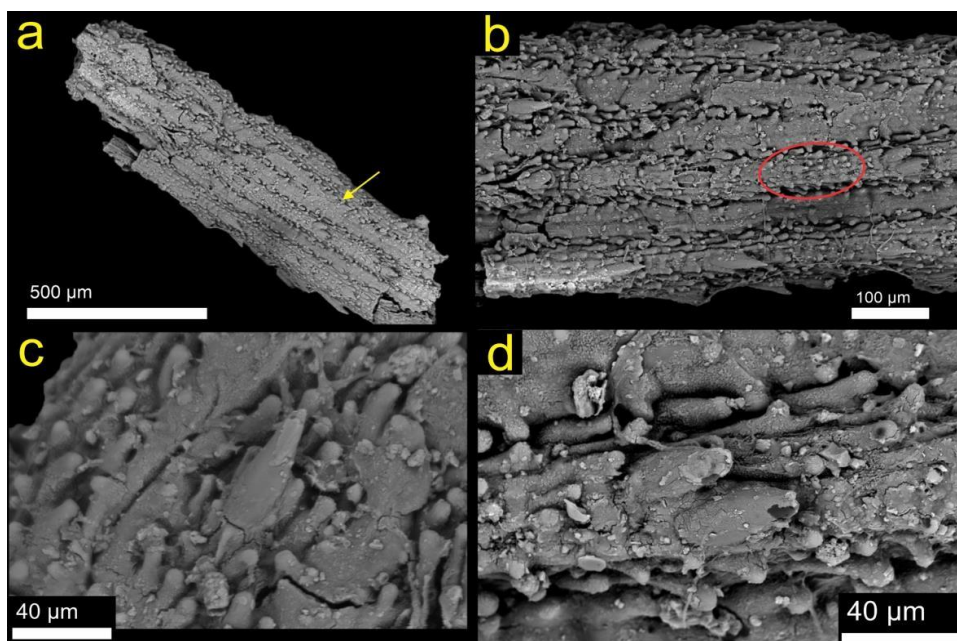


Figura 18: Problematica. A: Imagen completa del microfósil. B: Detalle de la superficie, mostrando las estructuras bulbosas en el centro de las columnas (ovalo rojo). C: Detalle de la espina desarrollada en el centro de la columna. D: Detalle de la superficie, que permite observar la rugosidad. SG-2008-19M-2-1

Problematica

Colección provisoria: SG-2008-19M-2-2

Figuras 19a-f

Descripción. El fragmento mide 1,44 mm de largo y 812,5 µm de ancho. En su superficie se observa un patrón de surcos y crestas paralelas (Figs. 19a-b). Otra estructura de interés es la observada en la figura 19c, la misma se

caracteriza por cuatro crestas paralelas entre sí, dos de ellas conectadas formando una estructura en forma de “U”. En las figuras 19d-f se observa que el fósil presenta una serie de capas y estructuras de textura fibrosa.

Afinidad. El material presenta varias características superficiales, sin embargo, al ser muy fragmentario no se puede asignar a un taxón conocido.

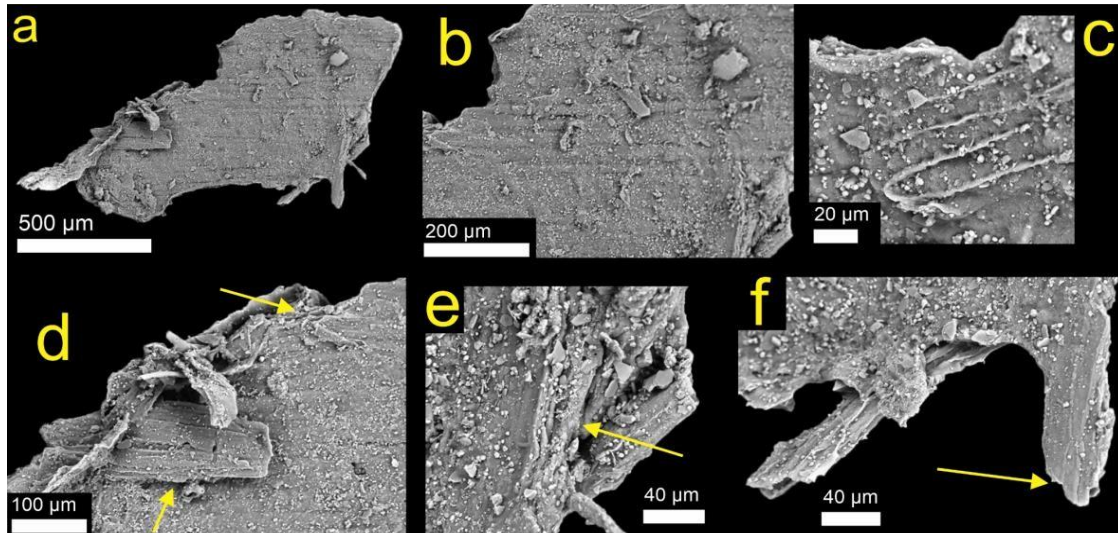


Figura 19: Problemática. A: Imagen completa del fósil. B: Detalle de la superficie, mostrando su arreglo en surcos y crestas paralelas. C: Detalle de la estructura superficial. D-F: Detalle de la superficie del fósil, mostrando la presencia de capas (flechas amarillas). SG-2008-19M-2-2

Problemática

Colección provisoria: SG-2008-19M-2-3

Figuras 20a-d

Descripción: El fósil tiene un contorno semicircular y una estructura alargada que se extiende desde el margen recto del mismo (Fig. 20a). En el margen superior (Figs. 20c y d) se observan estructuras alargadas radiales de menos de un micrón de ancho, paralelas entre sí y perpendiculares al margen del microfósil. Entre cada una hay un espacio menor al micrón, mientras que la longitud máxima de cada estructura oscila entre los 3 y 3,7 µm. Algunas de estas estructuras se curvan (Fig. 20d).

El proceso alargado (Fig. 20b) presenta una superficie rugosa. En algunas zonas el margen de esta estructura está incompleto. En el margen superior hay un borde engrosado de forma semicircular de 9 µm de diámetro. En el resto del proceso hay otras zonas más gruesas.

En el área donde contactan el proceso alargado y el semicircular hay una estructura en forma de semicírculo (Figs. 20a y b). En la figura 20b se observa un cambio de textura entre el proceso alargado y el semicircular, este último es más liso.

Afinidad: El material parece estar ligeramente deformado por lo que, en caso de ser una valva, ha perdido su concavidad original. Tampoco se observan cambios en la textura o líneas de crecimiento en la superficie del material. Las estructuras marginales (Figs. 20c y d) son similares en posición y orientación a las observadas en valvas de braquiópodos (Bitner y Müller, 2015, fig. 7), aunque estas últimas son mucho más grandes, llegando a tener hasta 200 μm de ancho.

Debido a la falta de caracteres diagnósticos no es posible asignar el material a algún taxón conocido.

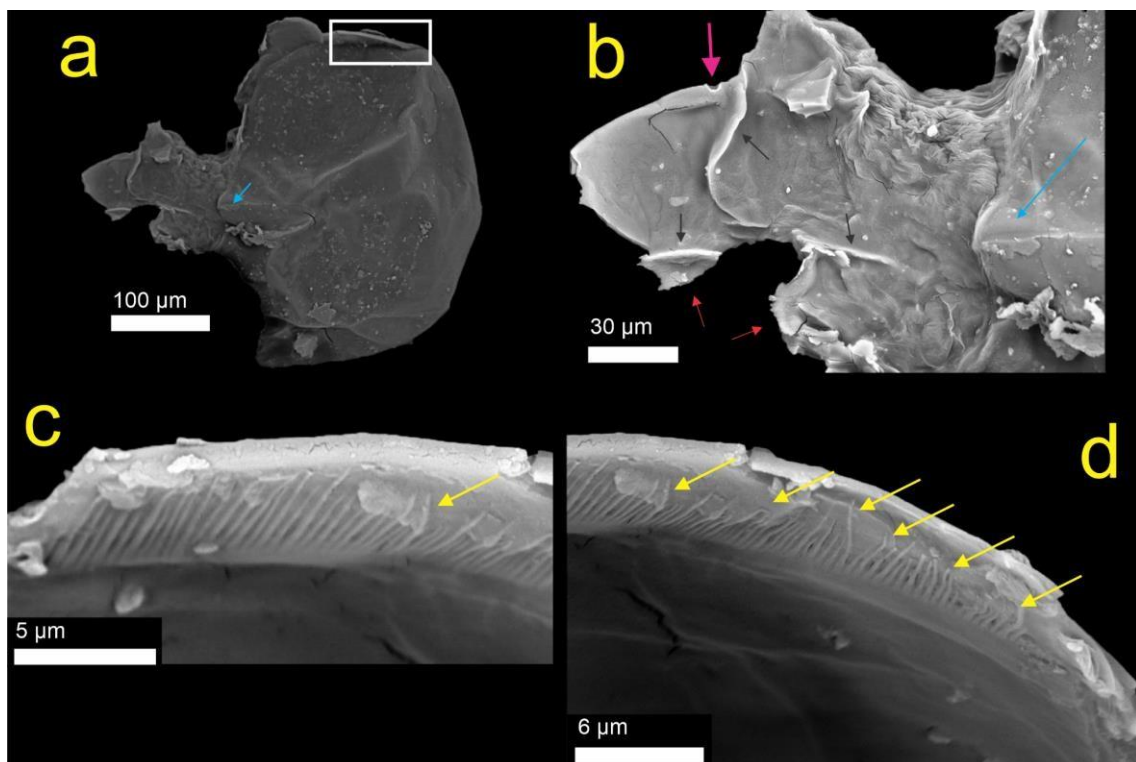


Figura 20: microfósil Problemática. A: Imagen completa del fósil. B: Detalle del proceso alargado y deformado, donde se observan zonas más gruesas (flechas negras), o alteradas (flechas rojas), una estructura semicircular (flecha celeste) y una estructura semicircular de bordes engrosados en el margen (flecharosa). C-D: Detalle del área del rectángulo blanco en "A", mostrando las estructuras del margen, algunas curvadas (flechas amarillas). SG-2008-19M-2-3

Phylum Indet.

Colección provisoria: SG-2008-19M-2-4

Figuras 21a-b y 22a-g

Material. 3 escleritos.

Descripción. El esclerito 1 (Fig. 21a) tiene un largo máximo de 515,9 μm y un ancho de 59,8 μm . El esclerito 2 (Fig. 21b) mide 667,6 μm de largo y 61,5 μm de ancho. Ambos escleritos tienen una serie de crestas paralelas al eje mayor que recorren toda la longitud del elemento. Un tercer fragmento tiene otras características aparte de las descritas (Figs. 22e-f).

Afinidad. El material tiene una apariencia superficial similar a la de los escleritos de *halkieridos* (Bengtson, 1985) y a las “espinas” de *Wiwaxia corrugata* (Smith, 2013) por la presencia de “crestas longitudinales” en estos elementos. No existen escleritos de *Halkieria* con formas como las que presenta el material, mientras que las espinas de *W. corrugata* comienzan a desarrollarse (“espinas incipientes” sensu Smith, 2013) cuando los individuos tienen entre 8 y 16 mm de longitud, apareciendo como elementos de unos milímetros de longitud (Smith, 2013, fig. 3e).

A pesar del parecido entre el material y los elementos de *Halkieria* y *Wiwaxia*, no es posible afirmar con seguridad una afinidad con ninguno de los taxones debido a la disparidad en tamaño y forma con ambos.

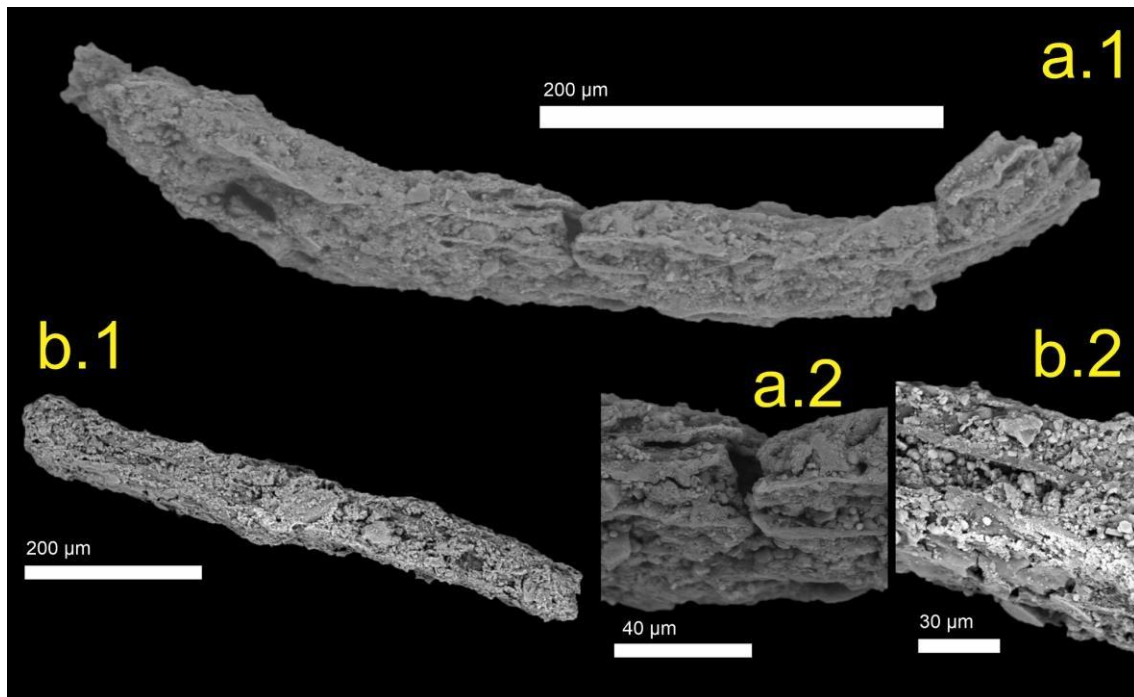


Figura 21: A y B: fragmentos “A1” y “B1”, y sus respectivos detalles (A2 y B2). SG-2008-19M-2-4

Clasto SG-2009-2

Órden Chancelloriida Walcott, 1920

Colección provisoria: SG-2009-2-1

Figura 23

Material. Un rayo desarticulado de un esclerito de chancelórido (Chancelloriida) fragmentario.

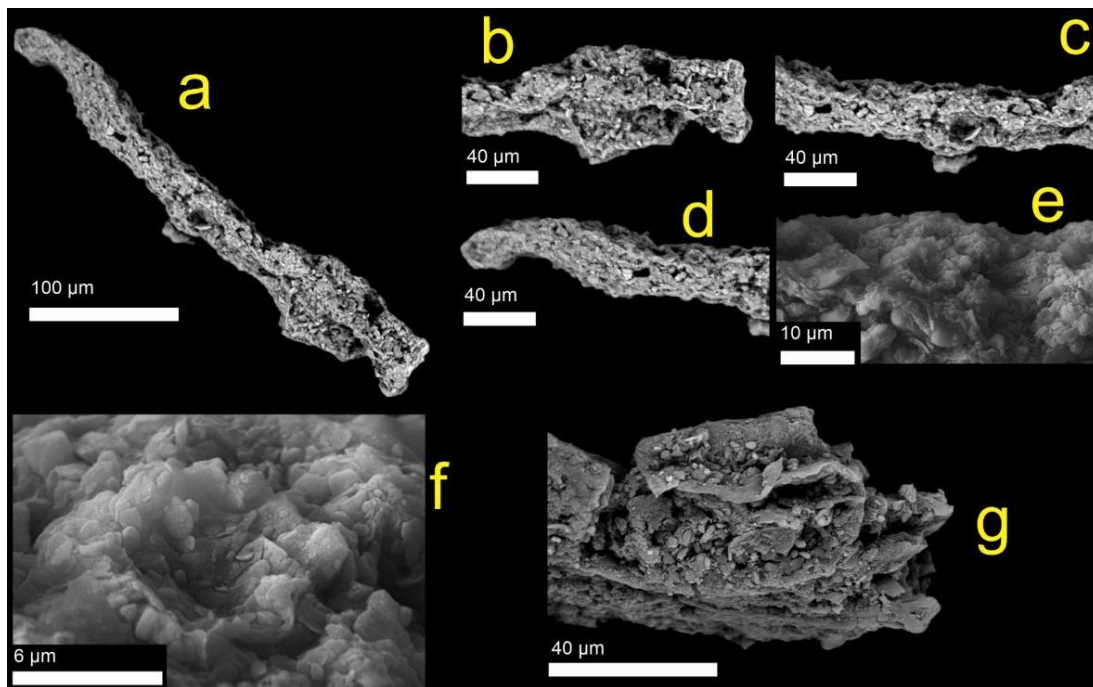


Figura 22: A: fragmento similar a escleritos "A" y "B" (Fig. 22). B-G: Detalle de la superficie. SG-2008-19M-2-4

Preservación. Molde interno.

Descripción. Rayo de 2,21 mm de longitud. Con un extremo proximal bulboso, el cual tiene un ancho máximo de 0,3 mm. El resto del rayo mantiene un ancho constante de 0,07 mm.

Afinidad. El material tiene características similares a las observadas en los rayos desarticulados de Chancelloriida (Wrona, 2004). Estos elementos, cuando están completos, tienen una forma estrellada (Wrona, 2004, figs. 6j y 6t₁), por lo que el material representaría una parte de este (rayo). Los rayos de los escleritos están conformados por elementos elongados y ligeramente curvados con un extremo bulboso, desde este extremo el elemento se vuelve progresivamente más delgado hacia la punta. Cuando la pared externa está preservada, suele observarse un foramen en la base de cada rayo del esclerito

(foramen basal) con un margen protuberante que forma una estructura sobresaliente (Yun et al., 2021). En el caso de los moldes internos el foramen está preservado como una proyección perpendicular a la superficie del bulbo (Wrona, 2004, fig. 6e), esta proyección no se observa en el material aquí descrito. Los rayos completos recuperados por Wrona (2004) tienen un largo máximo de 1,84 mm, mientras que el material de la Formación El Jagüelito tiene 2,21 mm de largo. En los rayos bien preservados descritos por Wrona (2004), se observa una disminución continua del ancho del esclerito desde el bulbo basal hacia el extremo distal, dependiendo del taxón esta relación de cambio del ancho hacia el extremo distal varía. En el elemento descrito no se observa un cambio significativo en el ancho, algo similar a lo observado en el material fragmentario de *Chancelloria* sp. B (Wrona, 2004, fig. 6c). A pesar de que existe una ligera curvatura del rayo en el material, no es tan pronunciada como en el material de Wrona (2004). La forma del bulbo es algo que también varía entre taxones. Por ejemplo, en taxones como *Allonnia* este tiene forma triangular, mientras que en taxones como *Chancelloria* tiene formas triangulares (Wrona, 2004, fig. 6l), cuadradas (Wrona, 2004, fig. 6i) o rectangulares (Wrona, 2004, fig. 6c). La forma del bulbo descrito aquí es similar a la rectangular reportada en *Chancelloria* sp. B (Wrona, 2004).

El material descrito aquí es tentativamente asignado a *Chancelloria* sp. B (Wrona, 2004), debido a la forma del extremo bulboso y el poco cambio en el ancho a lo largo del rayo.

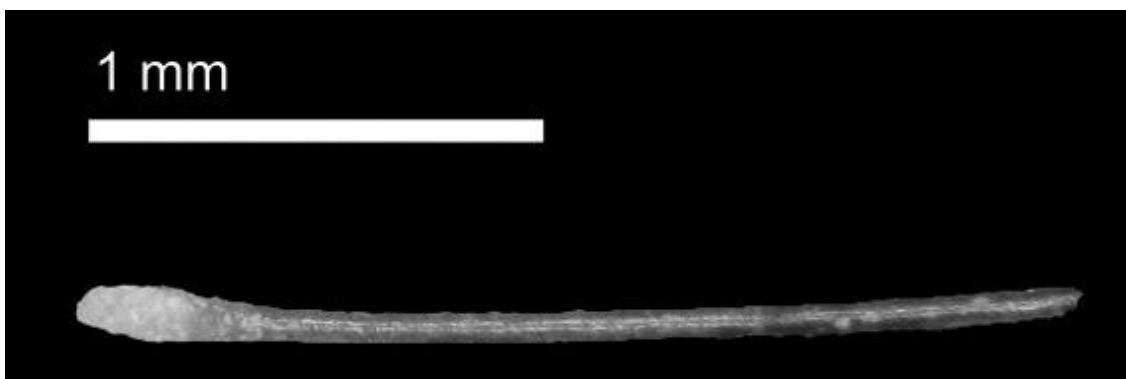


Figura 23: Posible esclerito fragmentario de Chancelloriida (*Chancelloria* sp. B?). SG-2009-2-1

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Mediante este trabajo se logró la recuperación de 19 elementos, asignados tentativamente a 9 clados distintivos, mientras que los otros 10 no pudieron ser

asignados a un clado en particular. La imposibilidad de asignar a estos 10 microfósiles a clados específicos es que la mayor parte se encuentran en un estado de conservación deficiente y altamente fragmentados. Esto representa un obstáculo considerable en cuanto a su clasificación taxonómica, así como dificulta su comparación con otros Small Shelly Fossils. Otra razón es que los caracteres descritos no permiten clasificarlos.

El número limitado de restos recuperados podría atribuirse a la cantidad de material procesado, específicamente 2.500 gramos de matriz/residuo, lo que parece ser una muestra insuficiente para una evaluación más detallada. Además, la conservación insatisfactoria de las conchillas se ve agravada por el metamorfismo al que fueron sometidas las rocas de la Formación El Jagüelito como fue observado y documentado por González et al. (2011).

Sin embargo, se identificaron fragmentos que podrían asignarse a varios grupos, incluidos Archaeocyatha, Chancelloriida, estereoma de equinodermo, Hyolithellidae y *Halkieria*. Es intrigante notar que las SSFs de la Antártida también contienen representantes de estos grupos según los estudios de Wrona (1989, 2003, 2004, 2009). Sin embargo, debido al estado de los fósiles, establecer afinidades claras con los ejemplares antárticos sigue siendo un desafío.

Además, se hallaron fragmentos que podrían pertenecer a Kennardiidae y posiblemente *Dailyatia* sp. Al igual que en los casos anteriores, la degradación de los fósiles dificulta una asignación taxonómica clara. Es crucial comprender que una clasificación adecuada podría ser fundamental para revelar aspectos de la diversidad y evolución de estos grupos en el Hemisferio Sur, ofreciendo así una visión más completa de la historia biológica y de sus relaciones paleobiogeográficas.

Otro aspecto interesante de este estudio es el hallazgo de fragmentos que se asignaron a un esclerocio fúngico. Esto agrega un componente micológico a la investigación, lo que podría ayudar a entender mejor como el rol de los niveles tróficos descomponedores en los ecosistemas marinos antiguos, algo que valdría la pena explorar. Además, este hallazgo aportaría información acerca de la evolución de este grupo durante el Cámbrico, ya que los registros paleozoicos de hongos son escasos y suelen estar conformados por esporas.

Es importante mencionar que ninguno de los microfósiles recuperados muestra similitudes con formas autóctonas de América del Sur, tales como *Cloudina* y *Corumbella*. Esto lleva a especular que los microfósiles de la Formación El Jagüelito podrían tener orígenes diferentes o representar organismos que no estaban presentes en América del Sur durante el Cámbrico.

Es evidente que se requieren más investigaciones, con un muestreo más amplio y extendido en los afloramientos de la Formación El Jagüelito, y técnicas de análisis más avanzadas para responder a las preguntas que originalmente se propusieron en este Trabajo Final, sin embargo, los resultados obtenidos señalan el buen potencial que tienen los clastos carbonáticos de la Formación El Jagüelito para dilucidar problemas geológicos/paleontológicos de escala regional.

5. REFERENCIAS

- Adorno Rodrigo R., do Carmo Dermeval A., Germs Gerard, Walde Detlef H.G., Denezine Matheus, Boggiani Paulo C., Sousa e Silva Simone C., Vasconcelos Juliana R., Tobias Thaís C., Guimarães Edi M., Vieira Lucieth C., Figueiredo Milene F., Moraes Renato, Caminha Silane A., Suarez Paulo A.Z., Rodrigues Christian V., Caixeta Guilherme M., Pinho David, Schneider Gabi y Muyamba Ralph. 2017. *Cloudina lucianoi* (Beurlen y Sommer, 1957), Tamengo Formation, Ediacaran, Brazil: Taxonomy, Analysis of Stratigraphic Distribution and Biostratigraphy. *Cambrian research* 301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2017.08.023>
- Álvaro Javier J., Elicki Olaf, Debrenne Françoise y Vizcaíno Daniel. 2002. Small shelly fossils from the Lower Cambrian Lastours Formation, southern Montagne Noire, France. *Geobios* 35(4), 397-409. DOI: 10.1016/S0016-6995(02)00036-0
- Atkins Christian J. y Peel John S. 2008. *Yochelectionella* (Mollusca, Helcionelloida) from the lower Cambrian of North America. *Bulletin of Geosciences* 83(1). DOI: 10.3140/bull.geosci.2008.01.023
- Bassett-Butt Lewis. 2016. Systematics, biostratigraphy and biogeography of

brachiopods and other fossils from the middle Cambrian Nelson Limestone, Antarctica. *GFF -Uppsala-* 138(3), 1-16. DOI: 10.1080/11035897.2015.1094510

Bengtson Stefan. 1985. Redescription of the Lower cambrian *Halkieria oblicua* Poulsen. *Geologiska Foreningens i Stockholm Forhandlingar* 107(2), 101-106. DOI: 10.1080/11035898509452621

Bengtson Stefan. 2004. Early skeletal fossils. *The Paleontological Society Paper* 10, 67-78. DOI: 10.1017/S1089332600002345

Bengtson Stefan, Rasmussen Birger, Ivarsson Magnus, Muhling Janet, Broman Curt, Marone Federica, Stampanoni Marco y Bekker Andrey. 2017. Fungus-like micelial fossils in 2.4-billion-year-old vesicular basalt. *Nature Ecology & Evolution* 1(6), 1-6. DOI: 10.1038/s41559-017-0141

Bergström Jan y Ahlberg Per. 1981. Uppermost Lower Cambrian biostratigraphy in Scania, Sweden. *Geologiska Foreningens i Stockholm Forhandlingar* 103(2), 193-214. DOI:10.1080/11035898109454518

Betts Marissa J., Paterson John R., Jago James B., Jacquet Sarah M., Skovsted Christian B., Topper Timothy P., Brock Glenn A. 2016. A new lower Cambrian shelly fossil biostratigraphy for South Australia. *Gondwana Research* 36. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.05.005>

Betts Marissa J., Paterson John R., Jago James B., Jacquet Sarah M., Skovsted Christian B., Topper Timothy P. y Brock Glenn A. 2017. Global correlation of the early Cambrian of South Australia: Shelly Fauna of the *Dailyatia odyssei* zone. *Gondwana Research* 46, 240-279. DOI:10.1016/j.gr.2017.02.007

Bhatt D. K., Mangain V. D. y Misra R. S. 1985. Small shelly fossils of Early Cambrian (Tommotian) age from chert-phosphorite Member, Tal Formation, Mussoorie syncline, Lesser Himalaya, India and their chronostratigraphic evaluation. *Journal of the Palaeontological Society of India* 30, 92-102

Bhatt D. K. 1989. Small shelly fossils, Tommotian and Meishucunian Stages and the Precambrian-Cambrian boundary: Implications of the recent studies in the himalayan sequences. *Journal of the Palaeontological Society of India* 34, 55-68

- Billings E. 1872. On some fossils from the primordial rocks of Newfoundland. *Canadian naturalist* 6(4), 465-479
- Bitner Maria Aleksandra y Müller Arnold. 2015. Brachiopods from the Silberberg Formation (Late Eocene to Early Oligocene) of Atzendorf, central Germany. *Paläontologische Zeitschrift* 89(4). DOI: 10.1007/s12542-015-0262-8
- Bonneville S., Delpomdor F., Préat A., Chevalier C., Araki T., Kazemian M., Steele A., Schreiber A., Wirth R. y Benning L. G. 2020. Molecular identification of fungi microfossils in a Neoproterozoic shale rock. *Science Advances* 6(4), 1-11. DOI: 10.1126/sciadv.aax7599
- Bottjer David J., Yin Zongjun, Zhao Fangchen y Zhu Maoyan. 2019. Comparative taphonomy and phylogenetic signal of phosphatized Weng'an and Kuanchuanpu faunas. *Precambrian Research*. DOI: 10.1130/abs/2019AM-332580
- Briggs Derek E. G. 2015. The Cambrian Explosion. *Current biology*: CB 25(19): R864-R868. DOI: 10.1016/j.cub.2015.04.047
- Butler Aodhán. 2015. Fossil focus: The place of small Shelly fossils in the Cambrian explosion, and the origin of the animals. *Palaeontology [online]* 5(7), 1-14
- Chen Z., Bengtson S., Zhou C.-M., Hua H. y Yue Z. 2007. Tube structure and original composition of *Sinotubulites*: shelly fossils from the late Neoproterozoic in southern Shaanxi, China. *Lethaia* 41(1), 37-45. DOI: 10.1111/j.1502-3931.2007.00040.x
- Claybourn Thomas M., Jacquet Sarah M., Skovsted Christian B., Topper Timothy, Holmer Lars E., y Brock Glenn A. 2019. Mollusks from the upper Shackleton Limestone (Cambrian Series 2), Central Transantarctic Mountains, East Antarctica. *Journal of Paleontology* 93(3),1-23. DOI: 10.1017/jpa.2018.84
- Claybourn Thomas M., Skovsted Christian B., Betts Marissa J., Holmer Lars E., Bassett-Butt Lucy y Brock Glenn A. 2021. Camenellan tommotiids from the Cambrian Series 2 of east Antarctica: biostratigraphy, paleobiogeography, and systematics. *Acta palaeontologica polonica* 66, 23 pp

- Cobbold Edgar S. 1898. Cambrian Hyolithidae, etc., from Hartshill in the Nuneaton District, Warwickshire. *Proceedings of the geologists association* 15(9), 149-158
- Cobbold Edgar S. 1921. The Cambrian Horizons of Comley (Shropshire), and their Brachiopoda, Pteropoda, Gasteropoda, etc. *Quarterly Journal of the Geological Society* 76, 325-386. <https://doi.org/10.1144/GSL.JGS.1920.076.01-04.10>
- Daley Allison C., Antcliffe Jonathan B., Drage Harriet B. Pates Stephen. 2018. Early fossil record of Euarthropoda and the Cambrian Explosión. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115(21), 9 pp. DOI: 10.1073/pnas.1719962115
- Debrenne Françoise y Kruse Peter D. 1989. Cambrian Antarctic archaeocyaths. *Geological Society London Special Publications* 47(1),15-28. DOI: 10.1144/GSL.SP.1989.047.01.03
- Devaere Léa, Clausen Sébastien, Sosa-Leon Jesús Porfirio, Palafox-Reyes Juan José, Buitrón-Sánchez Blanca Estela y Vachard Daniel. 2019. Early Cambrian Small Shelly Fossils from northwest Mexico: biostratigraphic implications for Laurentia. *Palaeontologia Electronica* 22(2), 60 pp. DOI: 10.26879/880
- Dzik Jerzy. 1994. Evolution of “small shelly fossil” assemblages of the Early Paleozoic. *Acta Paleontologica Polonica* 39(3), 247-313
- Elicki Olaf. 2005. The utility of late Early to Middle Cambrian small shelly fossils from the western Mediterranean. *Geosciences Journal* 9(2), 161-171. DOI: 10.1007/BF02910577
- Erikson Dagny. 2003. The morphology, cytology, and taxonomy of the actinomycetes. *Annual Review of Microbiology* 3, 23-54. DOI: 10.1146/annurev.mi.03.100149.000323
- Evans K. R. y Rowell A. J. 1990. Small shelly fossils from Antarctica: An early Cambrian fauna connection with Australia. *J. Paleont.* 64(5), 692-700. DOI: 10.1017/S0022336000018928
- Gaucher Claudio y Germs Gerald J. B. 2009. Skeletonised metazoans and protists. *Developmental in Precambrian Geology* 16. 10.1016/S0166-2635(09)01623-5

- Germes Gerard J. B. 1972. New shelly fossils from Nama Group, South West Africa. *American Journal of Science* 272(8), 752–761.
- González Pablo D., Poiré Daniel G. y Varela Ricardo. 2002. Hallazgo de trazas fósiles en la Formación El Jagüelito y su relación con la edad de las metasedimentitas, Macizo Nordpatagónico Oriental, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 57(1), 35-44
- González Pablo D., Tortello M. F. y Damborenea S. E. 2011. Early Cambrian archaeocyathan limestone blocks in low-grade meta-conglomerate from the El Jagüelito Formation (Sierra Grande, Río Negro, Argentina). *Geologica Acta* 9(2),159-163.
- González Pablo D., Tortello M. F., Damborenea S. E., Naipauer Maximiliano, Sato Ana M. y Varela Ricardo. 2012. Archaeocyaths from South America: review and a new record. *Geological Journal* 48(2-3), 114-125. DOI: 10.1002/gj.2415
- Hantsoo Kalev G., Kaufmann Alan J., Cui Huan, Plummer Rebecca E. y Narbonne Guy M. 2019. Effects of bioturbation on carbon and sulfur cycling across the Ediacaran–Cambrian transition at the GSSP in Newfoundland, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences* 55(11), 1240–1252. DOI: 10.1139/cjes-2017-0274
- Hill Dorothy. 1964. The phylum Archaeocyatha. *Biol. Rev.*39, 232-258. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1964.tb00956.x>
- Hofmann Hans J. y Mountjoy Eric W. 2001. *Namacalathus-Cloudina* assemblage in Neoproterozoic Miette Group (Byng Formation), British Columbia: Canada's oldest shelly fossils. *Geology* 29(12), 1091-1094. DOI: 10.1130/0091-7613(2001)029<1091:NCAINM>2.0.CO;2.
- Jacquet Sarah M., Brock Glenn A. y Paterson John R. 2014. New data on Oikozetetes (Mollusca, Halkieriidae) from the lower cambrian of South Australia. *Journal of Paleontology* 88(5), 1072-1084. DOI: 10.1017/S0022336000057668
- Jones Gareth E. B., Suetrong Satinee, Sakayaroj Jariya, Bahkali Ali H., Abdel-Wahab Mohamed A., Bockhout Teun y Pang Ka-Lai. 2015. Classification of marine Ascomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota and Chytridiomycota. *Fungal Diversity* 73(1), 1-72. DOI: 10.1007/s13225-015-0339-4

- Kono Sena, Isozaki Yukio, Sato Tomohiko, Yasuhara Moriaki, Liu Wei y Zhang Xing-Liang. 2021. Unique lowermost Cambrian small shelly fossils (SSFs) from eastern Yunnan, South China: implication for the early diversification history of animals. *Palaeoworld* 30(2). DOI: 10.1016/j.palwor.2021.02.001
- Kouchinsky Artem y Bengtson Stefan. 2002. The tube wall of Cambrian anabaritids. *Acta Palaeontologica Polonica* 47(3), 431-444
- Landing Ed, Geyer Gerd y Bartowski Kenneth E. 2002. Latest Early Cambrian Small shelly fossils, trilobites, and Hatch Hill dysaerobic interval on the Québec continental slope. *Journal of Paleontology* 76(02), 287-305. DOI: 10.1017/S0022336000041718
- Li Dandan, Zhang Xiaolin, Hu Dongping, Li Da, Zhang Guijie, Zhang Xu, Ling Hong-Fei, Xu Yilun y Shen Yanan. 2019. Multiple S-isotopic constraints on paleo-redox and sulfate concentrations across the Ediacaran- Cambrian transition in South China. *Precambrian Research* 349:105500. DOI: 10.1016/j.precamres.2019.105500
- Liu Ze-Rui Ray y Zhou Mei-Fu. 2019. Early Cambrian ocean mixing recorded by phosphorite successions in the Nanhua basin, South China. *Precambrian Research* (349)105414. DOI: 10.1016/j.precamres.2019.105414
- Malinky John M. y Skovsted Christian B. 2004. Hyoliths and small shelly fossils from the Lower Cambrian of north-East Greenland. *Acta Paleontologica Polonica* 49(4), 551-578
- Maloof Adam C., Porter Susannah M., Moore John L., Dudás Frank Ö., Bowring Samuel A., Higgins John A., Fike David A. y Eddy Michael P. 2010. The earliest Cambrian record of animals and ocean geochemical change. *Geological Society of America Bulletin* 122(11-12),1731-1774. DOI: 10.1130/B30346.1
- Mángano M. Gabriela y Buatois Luis A. 2014. Decoupling of body-plan diversification and ecological structuring during the Ediacaran-Cambrian transition: evolutionary and geobiological feedbacks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281(1780), 20140038. DOI: 10.1098/rspb.2014.0038

- Mángano M. Gabriela y Buatois Luis A. 2020. The rise and early evolution of animals: where do we stand from a trace-fossil perspective? *Interface focus: a theme supplement of Journal of the Royal Society interface* 10(4), 20190103. DOI: 10.1098/rsfs.2019.0103
- Matthews S. S. y Missarzhevsky V. V. 1975. Small Shelly fossils of Late Precambrian and early Cambrian age: a review of recent work. *Journal of the Geological Society* 131(3), 289-303. DOI: 10.1144/gsjgs.131.3.0289
- McMenamin Mark A. S. 1984. Basal Cambrian Small Shelly Fossils from the La Ciénaga Formation, northwestern Sonora, México. *Journal of Paleontology* 59(6), 1414-1425.
- Mitchell Emily G., Bobkov Nikolai, Bykova Natalia, Dhungana Alavya, Kolesnikov Anton V., Hogarth Ian R. P., Liu Alexander G., Mustill Tom M. R., Sozonov Nikita, Rogov Vladimir I., Xiao Shuhai y Grazhdankin Dmitriy V. 2020. The influence of environmental setting on the community of Ediacaran organisms. *Interface focus: a theme supplement of Journal of the Royal Society interface* 10(4). DOI: 10.1098/rsfs.2019.0109
- Morris Conway S. y Chapman A. J. 1997. Lower cambrian halkieriids and other coeloscleritophorans from Aksu-Wushi, Xinjiang, China. *Journal of Paleontology* 71(1), 6-22. DOI: 10.1017/S0022336000038907
- Novozhilova N. V. y Korovnikov I. V. 2019. Small Shelly Fossils in the Cambrian Basement of the West Siberian Geosyncline. *Stratigraphy and Geological Correlation* 27(1), 1-8. DOI: 10.1134/S0869593819010040
- Nowlan Godfrey S., Narbonne Guy M. y Fritz William H. 1985. Small shelly fossils and trace fossils near the Precambrian-Cambrian boundary in the Yukon Territory, Canada. *Lethaia* 18(3), 233-256. DOI: 10.1111/j.1502-3931.1985.tb00701.x
- Pacheco Forancelli Mírian L. A., Galante Douglas, Rodrigues Fabio, Leme Juliana de M., Bidola Pissala, Hagadorn Whitey, Stockmar Julia Herzen, Rudnitzki Isaac D., Pfeiffer Franz y Marques Antonio C. 2015, Insights into the Skeletonization, Lifestyle, and Affinity of the unusual Ediacaran Fossil *Corumbella*. *PLoS ONE* 10(3). DOI: 10.1371/journal.pone.0114219
- Palmer Allison R. y Gatehouse Colin G. 1972. Early and Middle Cambrian trilobites from Antarctica. *USGS professional paper* 456, 1-37

- Parkhaev P. Yu y Demidenko Yu E. 2010. Zooproblematica and Mollusca from the Lower Cambrian Meishucun Section (Yunnan, China) and Taxonomy and Systematics of the Cambrian Small Shelly Fossils of China. *Paleontological Journal* 44(8), 883-1161. DOI: 10.1134/S0031030110080010
- Peel John S. 1991. The Classes Tergomya and Helcionelloida, and early molluscan evolution. *Bull. Grønlands geol. Unders* 161, 11-15
- Porter Susannah M. 2010. Calcite and aragonite seas and the *de novo* acquisition of carbonate skeletons. *Geobiology* 8(4), 256-77. DOI: 10.1111/j.1472-4669.2010.00246.x
- Pruss Sara B., Dwyer Camille H., Smith Emily F., Macdonald Francis A. y Tosca Nicholas J. 2019. Phosphatized early Cambrian archaeocyaths and small shelly fossils (SSFs) of southwestern Mongolia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 513, 166-177 DOI: 10.1016/j.palaeo.2017.07.002
- Reitner Joachim y Thiel Volker (eds). 2011. Encyclopedia of Geobiology. *Springer, Dordrecht*. 927 pp.
- Rodriguez-Martínez Marta, Buggisch Werner, Menéndez Silvia, Moreno-Eiris Elena y Perejón Antonio. 2022. Reconstruction of a Ross lost Cambrian Series 2 mixed siliciclastic-carbonate platform from carbonate clasts of the Shackleton Range, Antarctica. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. DOI: 10.1017/S1755691022000111
- Runnegar Bruce y Pojeta John Jr. 1974. Molluscan phylogeny: The Paleontological viewpoint. *Science* 186(4161), 311-317. doi:10.1126/science.186.4161.311. PMID 17839855.
- Sarmiento Graciela N., Fernández-Remolar David y Göncüoğlu Cemal M. 2001. Cambrian small shelly fossils from the Çal Tepe Formation, Taurus Mountains, Turkey. *Coloquios de Paleontología* 52, 117-134
- Sato Tomohiko, Isozaki Yukio, Hitachi Takahiko y Shu Degan. 2014. A unique condition for early diversification of small shelly fossils in the lowermost Cambrian in Chengjiang, South China: Enrichment of phosphorous in restricted embayments. *Gondwana Research* 25(3), 1139–1152. DOI: 10.1016/j.gr.2013.07.010

- Schopf J. William y García Amanda K. 2019. Application of the apatite oxygen paleobarometer (AOP) across the Neoproterozoic-Cambrian Transition. *Precambrian Research* 349:105404. DOI: 10.1016/j.precamres.2019.105404
- Sergeev Vladimir N., Schopf William y Kudryavtsev Anatoliy B. 2019. Global microfossil changes through the Precambrian-Cambrian phosphogenic event: the Shabakta Formation of the phosphorite-bearing Maly Karatau Range, South Kazakhstan. *Precambrian Research* 349(12):105386. DOI: 10.1016/j.precamres.2019.105386
- Shaler N. S. y Foerste A. F. 1863. Preliminary description of North Attleborough fossils. *Boletín del Museo de Zoología Comparativa* 16, 27-41
- Shu Degan, Isozaki Yukio, Zhang Xinliang, Han Jan y Maruyama Shigenori. 2014. Birth and early evolution of metazoans. *Gondwana Research* 25(3), 884–895. DOI: 10.1016/j.gr.2013.09.001
- Skovsted Christian B., Brock Glenn A., Topper Timothy P., Paterson John R. y Holmer Lars E. 2011. Scleritome construction, biofacies, biostratigraphy and systematics of the tommotiid *Eccentrotheca helenia* sp. nov. from the Early Cambrian of south Australia. *Palaeontology* 54(2), 253-286. DOI: 10.1111/j.1475-4983.2010.01031.x
- Skovsted Christian B., Clausen Sébastien, Álvaro Javier J. y Ponlevé Deborah. 2014. Tommotiids from the Early Cambrian (Series 2, Stage 3) of Morocco and the evolution of the tannuolinid scleritome and setigerous shell structures in stem group brachiopods. *Palaeontology* 57(1), 171- 192. DOI: 10.1111/pala.12060
- Skovsted Christian B., Betts Marissa J., Topper Timothy P. y Brock Glenn A. 2015. The early Cambrian tommotiid genus *Dailyatia* from South Australia. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* 48, 1-117.
- Skovsted Christian B., Balthasar Uwe, Vinther Jakob y Sperling Erik A. 2020. Small Shelly Fossils and carbon isotopes from the Early Cambrian (Stage 3-4) Mural Formation of western Laurentia. *Papers in Palaeontology*, 1-33. DOI: 10.1002/spp2.1313
- Skovsted Christian B. 2006. Small Shelly Fauna from the Upper Lower Cambrian Bastion and Ella Island Formations, north-east Greenland. *Journal of Paleontology* 80(6), 1087-1112. DOI: 10.1666/0022-

3360(2006)80[1087:SSFFTU]2.0.CO;2

- Smith Martin R. 2013. Ontogeny, morphology, and taxonomy of the soft-bodied cambrian “mollusc” *Wiwaxia*.
- Smith Matthew E., Henkel Terry W. y Rollins Jeffrey A. 2014. How many fungi make sclerotia? *Fungal Ecology* 13. DOI: 10.1016/j.funeco.2014.08.010
- Steiner Michael, Li Guoxiang, Qian Yi, Zhu Maoyan y Erdtmann Bernd-Dietrich. 2007. Neoproterozoic to early Cambrian small shelly fossil assemblages and a revised biostratigraphic correlation of the Yangtze Platform (China). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology* 254(1-2), 67-99. DOI: 10.1016/j.palaeo.2007.03.046
- Streng Michael y Skovsted Christian B. 2006. A new mobergellan (small shelly fossils) from the early Middle Cambrian of Morocco and its significance. *Paläontologische Zeitschrift* 80(3), 209-220. DOI: 10.1007/BF02988437
- Thines Marco. 2018. Oomycetes. *Current Biology* 28.
- Thomas R. D. K., Shearman Rebecca M. y Stewart Graham W. 2000. Evolutionary exploitation of design options by the first animals with hard skeletons. *Science* 288(5469), 1239-42. DOI: 10.1126/science.288.5469.1239
- Vidal Gonzalo, Palacios Teodoro, Moczydlowska Malgorzata y Gubanov Alexander P. 1999. Age constrains from small shelly fossils on the early Cambrian terminal Cadomian Phase in Iberia. *GFF -Uppsala-* 121(2), 137-143. DOI: 10.1080/11035899901212137
- Virmani Nancy y Johnston Paul A. 2017. A Middle Cambrian small shelly fauna from carbonate members of the Burgess Shale Formation, British Columbia. *Conferencia: sección Rocky Mountain – 69° reunión anual-2017*. DOI: 10.1130/abs/2017RM-293204
- Vizán Haroldo, Prezzi Claudia B., Geuna Silvana E., Japas María S., Renda Emiliano M., Franzese Juan y Van Z. María A. 2017. Paleotethys slab pull, self-lubricated weak lithospheric zones, poloidal y toroidal plate motions, and Gondwana tectonics. *Geosphere* 13(5), 14 pp. DOI: 10.1130/GES01444.1
- Warren Lucas V., Fairchild Thomas R., Gaucher Claudio, Boggiani Paulo C., Poire´ Daniel G., Anelli Lui’s E. y Inchausti Julio C. G. 2011. *Corumbella* and in situ *Cloudina* in association with thrombolites in the Ediacaran Itapucumi Group, Paraguay. *Terra Nova* 23(6), 383-389. DOI:

10.1111/j.1365-3121.2011.01023.x

- Warren L. V., Quaglio F., Simões M. G., Gaucher C., Riccomini C., Poiré D. G., Freitas B. T., Boggiani P. C., Sial A. N. 2017. *Cloudina-Corumbella-Namacalathus* association from the Itapucumi Group, Paraguay: increasing ecosystem complexity and tiering at the end of the Ediacaran. *Precambrian Research* 298, 79-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2017.05.003>
- Wotte Thomas y Sundberg Frederick A. 2017. Small shelly fossils from the Montezuman-Delamaran of the Great Basin in Nevada and California. *Journal of Paleontology* 91(5), 1-19. DOI: 10.1017/jpa.2017.8
- Wrona Ryszard. 1989. Cambrian limestone erratics in the Tertiary glacio-marine sediments of King George Island, West Antarctica. *Polish Polar Research* 10(4), 533-553.
- Wrona Ryszard. 2003. Early Cambrian molluscs from glacial erratics of King George Island, West Australia. *Polish Polar Research* 24(3), 181-216.
- Wrona Ryszard. 2004. Cambrian microfossils from glacial erratics of King George Island, Antarctica. *Acta Paleontologica Polonica* 49(1), 13-56.
- Wrona Ryszard. 2009. Early Cambrian bradoriide and phosphatocopide arthropods from King George Island, West Antarctica: Biogeographic implications. *Polish Polar Research* 30(4), 347-377. doi: 10.4202/ppres.2009.19
- Wrona Ryszard y Zhuravlev Andrey Y. 1996. Early Cambrian archaeocyaths from glacial erratics of King George Island (South Shetland Islands), Antarctica. *Palaentologia Polonica* 55.
- Yang Ben, Steiner Michale, Li Guoxiang y Keupp Helmut. 2014. Terreneuvian small shelly faunas of East Yunnan (South China) and their biostratigraphic implications. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 398, 28-58. DOI: 10.1016/j.palaeo.2013.07.003
- Yochelson Ellis L. y Herrera Hebe E. 1974. Un fósil enigmático del Cámbrico Inferior de Argentina. *Ameghiniana* 11(3), 283-294.
- Yun Hao, Zhang Xinglian, Brock Glenn A., Li Luoyang y Li Guoxiang. 2021. Biomineralization of the Cambrian cancelloriids. *Geology* 49(6), 623-638. DOI: 10.1130/G48428.1
- Zhang Zhiliang, Zhang Zhifei, Ma Junye, Taylor Paul D., Strotz Luke C., Jacquet Sarah M., Skovsted Christian B., Chen Feiyang, Han Jian y Brock

Glenn A. 2021. Fossil evidence unveils an early Cambrian origin for Bryozoa. *Nature* 599(7884). DOI: 10.1038/s41586-021-04033-w

Zhang Xingliang y Shu Degan. 2021. Current understanding on the Cambrian Explosion: questions and answers. *Paläontologische Zeitschrift*. DOI: 10.1007/s12542-021-00568-5