

## Presencia de *Aseptella tse* nov. sp. (Brachiopoda, Productida) en el Viseano (Misisípico Medio) de México, primer registro del género para Norteamérica

### *Presence of Aseptella tse* nov. sp. (Brachiopoda, Productida) from the Visean (Middle Mississippian) of Mexico, first record of the genus for North America

Francisco Sour-Tovar<sup>1,\*</sup>, Sara Alicia Quiroz-Barroso<sup>1</sup>, Karla María Castillo-Espinoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Museo de Paleontología, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México.

\* Autor para correspondencia:  
(F. Sour-Tovar) [fosour@ciencias.unam.mx](mailto:fosour@ciencias.unam.mx)

## RESUMEN

Se reporta la presencia del braquiópodo *Aseptella tse* nov. sp. en estratos del Viseano (Misisípico Medio) que afloran en la región de Santiago Ixtaltepec, Municipio de Nochixtlán, en el norte del Estado de Oaxaca. Este hallazgo representa el registro más antiguo del género *Aseptella* a nivel global y el primero para Norteamérica, previamente sólo se conocía para localidades de Europa (España), Sudamérica (Argentina) y en el sudeste asiático (Tailandia). Reconociéndose en *Aseptella* un patrón de distribución cosmopolita, su presencia en México, en conjunto con otros taxa que se han reportado para las mismas localidades, se infiere la existencia, a lo largo del Carbonífero, de conexiones paleobiogeográficas entre las regiones en que se ha encontrado. En particular, su presencia en Norteamérica y Sudamérica se explica con un modelo en el que los márgenes del sureste de Báltica y los del noroeste de Gondwana se acercan paulatinamente entre sí por efecto de la Deriva Continental, quedando conectados por mares someros durante el evento glacial, conocido como la Era del Hielo del Paleozoico Tardío (LPLA), ocurrido durante el Misisípico-Pensilvánico.

**Palabras clave:** Brachiopoda, *Aseptella*, Misisípico, Oaxaca, México.

## ABSTRACT

The presence of the brachiopod *Aseptella tse* nov. sp. is reported in Visean (Middle Mississippian) strata outcropping in the Santiago Ixtaltepec region, Nochixtlán Municipality, in the northern part of the State of Oaxaca. This discovery represents the oldest record of the genus *Aseptella* globally and the first from North America. Previously, it was only known from localities in Europe (Spain), South America (Argentina), and Southeast Asia (Thailand). Since *Aseptella* exhibits a cosmopolitan distribution pattern, its presence in Mexico, together with other taxa reported from the same localities, infers the existence of paleobiogeographic connections between the regions where it has been found throughout the Carboniferous. Specifically, its presence in North and South America is explained by a model in which the southeastern margins of Baltica and the northwestern margins of Gondwana gradually moved closer together due to Continental Drift, becoming connected by shallow seas during the glacial event known as the Late Paleozoic Ice Age (LPLA), which occurred during the Mississippian-Pennsylvanian.

**Keywords:** Brachiopoda, *Aseptella*, Mississippian, Oaxaca, Mexico.

### Cómo citar este artículo:

Sour-Tovar, F., Quiroz-Barroso, S.A., Castillo-Espinoza, K.M., 2025, Presencia de *Aseptella tse* nov. sp. (Brachiopoda, Productida) en el Viseano (Misisípico Medio) de México, primer registro del género para Norteamérica; Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 77(2), A010325. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a010325>

Manuscrito recibido: 9 de Diciembre de 2024  
Manuscrito corregido: 10 de Febrero de 2025  
Manuscrito aceptado: 20 de Febrero de 2025

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CCBY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

## 1. Introducción

Durante el Paleozoico, la geología y geografía de lo que actualmente es México se vieron expuestas a múltiples procesos, derivados principalmente de la dinámica terrestre, que provocaron grandes cambios en la distribución de mares y masas continentales, los climas, las corrientes oceánicas y atmosféricas, y de otros rasgos de la Tierra.

Estos cambios repercutieron directamente sobre los patrones de distribución de los seres vivos, determinando la regionalización de las biotas en algunos casos o el desarrollo de patrones cosmopolitas en otros. Un ejemplo de ello son las faunas marinas, con edades cámbrico-ordovícicas, misisípicas y pensilvánicas, que se encuentran en la sucesión paleozoica que aflora en la región de Santiago Ixtaltepec, en el norte del estado de Oaxaca. Estas faunas son reconocidas por su diversidad y abundancia, y por presentar componentes, en diferentes niveles taxonómicos, cuyos patrones biogeográficos son diversos y complejos.

El material del género *Aseptella* que se describe, forma parte de una asociación de invertebrados del Viséano (Misisípico Medio). Su presencia aporta información que apoya la existencia, durante el Carbonífero Temprano-Medio, de conexiones marinas que permitieron el intercambio faunístico entre regiones, ahora tan distantes, como Sudamérica, Europa, el Sureste Asiático y el sur de Norteamérica.

## 2. Marco Geológico/Estratigráfico

En el área de Santiago Ixtaltepec, se encuentra una de las sucesiones de rocas paleozoicas más importantes de México (Figura 1). En el área, se reconoce como basamento al Complejo Oaxaqueño, unidad compuesta por gneis, esquistos y pegmatitas con edades de 1200 a 1000 millones de años (Fries *et al.*, 1962; Solari *et al.*, 2003).

Sobre el basamento se encuentra la Formación Tiñú de edad cámbrico-ordovícica; sobre ella,

en discordancia angular, está la formación Santiago, de edad misisípica, considerada una unidad informal por homonimia y constituida principalmente por arenisca, limolita y lutita y algunos estratos carbonatados en su base. Sobreyaciendo discordantemente a la formación Santiago, se encuentra la Formación Ixtaltepec, que es una sucesión de rocas clásticas, de origen marino y marino-marginal (Hernández-Ocaña y Quiroz-Barroso, 2018; Guerrero-Moreno *et al.*, 2023), con un espesor aproximado de 600 m, de edades del Serpukhoviano, Bashkiriano y Moscoviano, (Sour-Tovar y Martínez-Chacón, 2004; Torres-Martínez y Sour Tovar, 2012, 2023). La sucesión paleozoica termina con el conglomerado de la Formación Yododeñe de edad Pérmico tardío-Jurásico temprano (Pantoja-Alor, 1970). La sección propuesta como tipo (Pantoja-Alor, 1970; Navarro-Santillán *et al.*, 2002) aflora en el Arroyo de Las Pulgas, al norte del poblado de Santiago Ixtaltepec.

Los ejemplares estudiados en este trabajo se recolectaron en rocas de la formación Santiago, unidad que presenta un espesor total de 192 m, dividida en dos miembros: el inferior calcáreo y el superior lutítico. En la base de esta formación se encuentra un conglomerado de clastos finos de cuarzo en una matriz carbonatada ligeramente arcillosa; le sigue una caliza amarillenta con bandas de 5 a 20 cm de fragmentos finos de cuarzo; posteriormente cambia a una caliza de color gris claro de estratificación gruesa con abundantes braquiópodos, esponjas y corales.

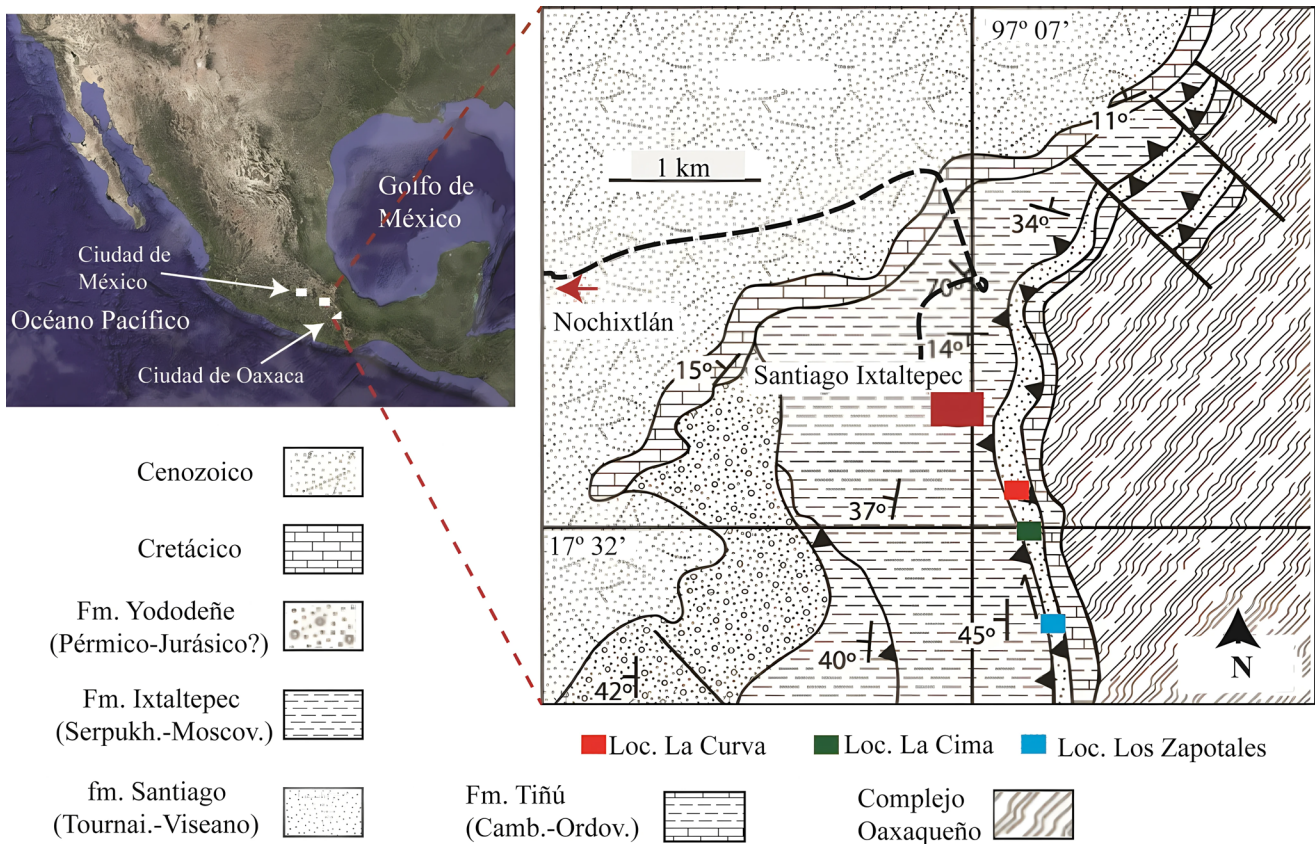
En el Arroyo de las Pulgas el miembro superior de la formación Santiago tiene un espesor de 90 m; los primeros 20 m están constituidos por lutita abigarrada con concreciones e intercalaciones de arenisca de grano muy fino; en la parte media se encuentra una arenisca de cuarzo y feldespato en una matriz arcillosa ligeramente carbonatada; la parte superior está formada principalmente por arenisca calcárea con algunas intercalaciones delgadas de lutita.

Posterior a las descripciones de Pantoja-Alor (1970) y Navarro-Santillán *et al.* (2002), otros

afloramientos de la misma formación Santiago se han encontrado al sureste del poblado de Santiago Ixtaltepec y en ellos se han medido tres secciones en las localidades nombradas como La Curva, La Cima, y Los Zapotales (Figura 2).

En la localidad La Curva, el miembro superior de la formación Santiago presenta un espesor de alrededor de 100 m y en su parte inferior-media, correspondiente a la unidad Cu-5, se encuentran 20 metros de estratos de lutita con abundantes concreciones que llegan a contener fósiles de braquiópodos, conuláridos, cefalópodos, crinoideos y otros invertebrados. En la localidad denominada La Cima solo aflora parte del miembro superior y en ella la parte arcillosa con concreciones (unidad Ci-1) presenta 30 m de

espesor. En la localidad Los Zapotales la misma sección arcillosa es más potente, con cerca de 40 m y aquí la unidad fosilífera se denomina Za-1. En estas tres localidades se han encontrado los ejemplares de *Aseptella*, que se describen en este trabajo, asociados a diversos tipos de invertebrados. Entre ellos sobresalen *Pseudorthoceras knoxense*, *Mitorthoceras perfilosum*, *Goniatites* sp. y otros cefalópodos que permiten establecer la edad viscana de los estratos portadores (Castillo-Espinoza, 2013); también están asociados los braquiópodos *Orbiculoidea* sp., *Neochonetes* sp., *Pleuropugnoides pleurodon*, *Rotalia subtrigona*, *Lamellosathyris lamellosa* y *Spirifer* sp., (Castillo-Espinoza, 2013), los conuláridos *Conularia* cf. *C. subcarbonaria*, *Paraconularia chesterensis* y *P. cf. P. subulata* (Escalante-Ruiz et al., 2014), crinoideos



**Figura 1** Mapa geográfico/geológico simplificado de la región de Nochixtlán. Se muestra, con polígonos de colores, la ubicación de las localidades en que se han recolectado ejemplares de *Aseptella tse* nov. sp. (elaborado a partir de Pantoja-Alor, 1970 y Torres-Martínez y Sour-Tovar, 2023).

representados por placas columnares (Villanueva-Olea *et al.*, 2011) y diversos gasterópodos.

Pantoja-Alor (1970) asignó una edad misisípica para la formación Santiago, y posteriormente Quiroz-Barroso *et al.* (2000), por la presencia del rostroconquio *Pseudomulceodens cancellatus*, y Navarro-Santillán *et al.* (2002), por la asociación de los braquiópodos *Actinoconchus lamellosus* y *Torynifer pseudolineatus*, establecieron que las rocas del miembro inferior de la formación Santiago son de edad osageana (Tournaisiano-Viseano). Posteriormente, Castillo-Espinoza (2013) y Castillo-Espinoza *et al.*, (2010), con el estudio de cefalópodos y otros invertebrados asociados a la parte inferior y media del miembro superior de la formación Santiago, determinaron la edad del Viseano Medio de los estratos portadores. Ambientalmente, se ha inferido que la parte inferior de la formación Santiago se depositó en un ambiente somero, con características arrecifales o periarrecifales (Navarro-Santillán *et al.*, 2002; Breña-Ochoa, 2015; Sour-Tovar *et al.*, 2024), y que la parte superior se acumuló en ambientes medio-distales de una plataforma terrígena (Castillo-Espinoza *et al.*, 2010).

### 2.1. LOCALIDADES

Las tres localidades en las que se han recolectado ejemplares de *Aseptella* se encuentran al sureste del poblado de Santiago Ixtaltepec, en el Municipio de Nochistlán, en el norte del Estado de Oaxaca (Figura 1). La localidad La Curva se ubica en el cerro Inutoto, en las coordenadas 17° 32.052' latitud N y 97° 06.669' longitud W; la localidad La Cima, se encuentra entre las coordenadas 17° 31.674' latitud N y 97° 06.517' longitud W; y la localidad Los Zapotales está entre las coordenadas 17° 31.380' latitud N y 97° 06.734' longitud W. En cada una de estas tres localidades las secciones estratigráficas se han dividido en unidades de trabajo que se caracterizan por su contenido fósil y que se nominan con las siglas Cu para la localidad de La Curva, Ci para La Cima y Za para Zapotales. El material de *Aseptella* se ha colectado

en los niveles Cu-5, Ci-1 y Za-1 (Figura 2) y se encuentra depositado en la colección de tipos del Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCMP).

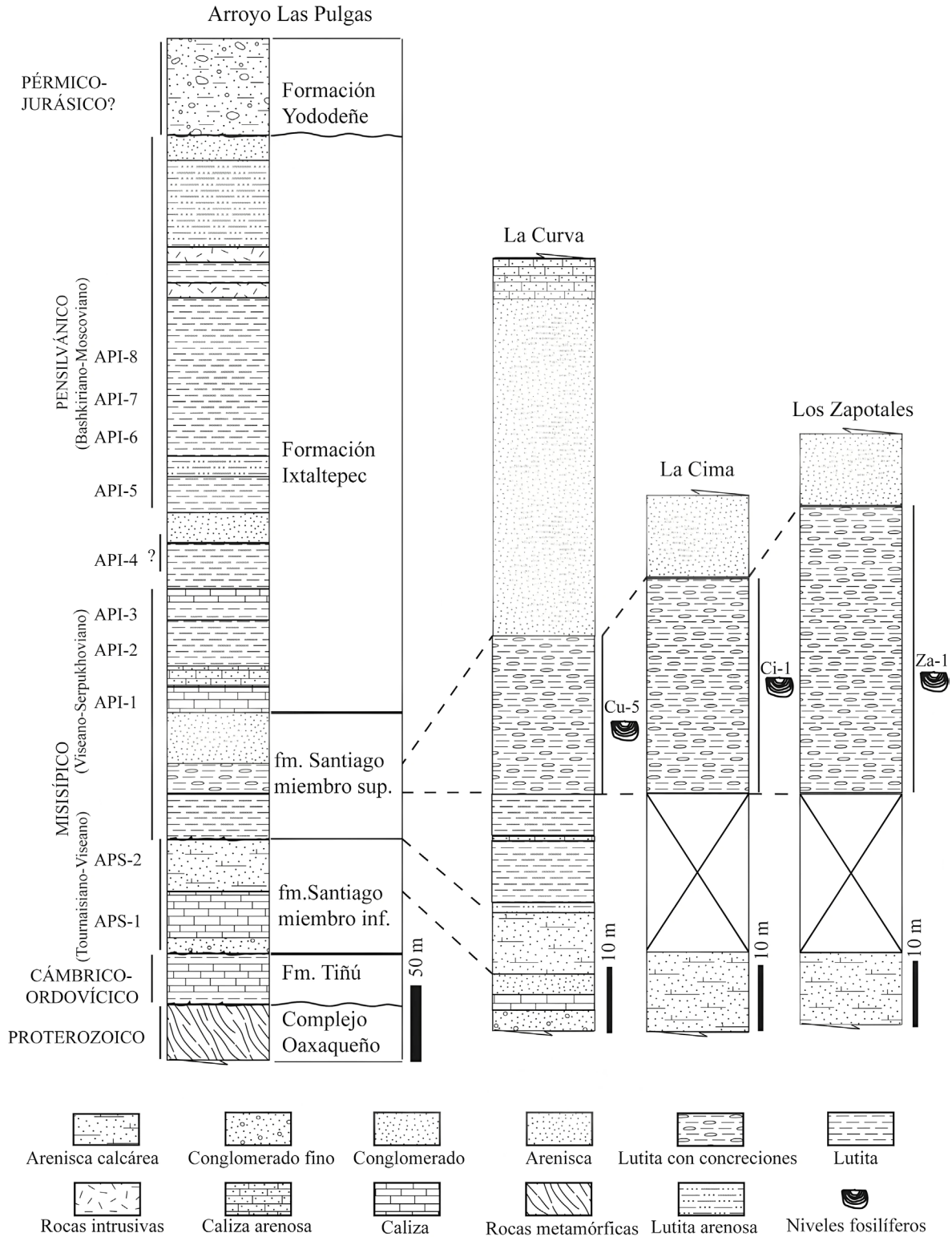
## 3. Resultados

### 3.1. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Phylum Brachiopoda Duméril, 1806  
 Subphylum Rhynchonelliformea Williams, Carlson, Brunton, Holmer, and Popov, 1996  
 Clase Strophomenata Williams, Carlson, Brunton, Holmer, and Popov, 1996  
 Orden Productida Sarytcheva and Sokolskaya, 1959  
 Suborden Productidina Waagen, 1883  
 Superfamilia Productoidea Gray, 1840  
 Familia Productellidae Schuchert and Levene, 1929  
 Subfamilia Plicatiferinae Muir-Wood y Cooper, 1960  
 Género *Aseptella* Martínez-Chacón y Winkler-Prins, 1977

Especie tipo *Aseptella asturica* Martínez-Chacón y Winkler Prins, 1977, Namuriano (Serpukhoviano), de Asturias, España.

**Diagnosis.** Productidos generalmente pequeños, cóncavo-convexos, de conchas transversalmente rectangulares, con ornamentación rugosa; con reborde en especímenes efébicos. Interior de la valva ventral con cicatrices o aberturas de espinas, pustulosa, con cicatrices de los músculos aductores lanceoladas, separadas por un miofragma estrecho y rodeadas por las cicatrices de los músculos diductores grandes y poco marcadas; sin costillas, espinas ventrales robustas en dos hileras radiales a cada flanco de la valva. Interior de la valva dorsal pustuloso, principalmente en la región anterior; márgenes braquiales pobremente desarrollados que divergen en un ángulo de 45 grados; crestas marginales fuertes que divergen a partir de la



**Figura 2** Columna general de la sucesión paleozoica del área de Santiago Ixtaltepec y secciones estratigráficas de los afloramientos la Curva, la Cima y Los Zapotales, en los que se han recolectado ejemplares de *Aseptella tse*. Los niveles de colecta, Cu-5, Ci-1 y Za-1 se correlacionan con la parte media de la formación Santiago, en la sección tipo descrita por Pantoja-Alor (1970) y Navarro-Santillán *et al.* (2002) que aflora en el Arroyo de las Pulgas, 500 m al norte de Santiago Ixtaltepec.

línea de la charnela, separando las aurículas del disco visceral, septo medio ausente o poco desarrollado en adultos; crestas estrechas; proceso cardinal bilobulado internamente y tetralobulado externamente (Martínez-Chacón y Winkler-Prins, 1977).

*Aseptella tse* nov. sp.

Figura 3, 1-9

**Diagnosis.** Especie grande de *Aseptella*, con anchura de hasta 1.9 cm y longitud máxima de 2 cm; septo medio dorsal bien desarrollado con una longitud igual o mayor a la anchura de la mitad de la valva; proceso cardinal bilobulado en la parte inferior interna y cuadrifido externamente.

**Ocurrencia.** Parte alta de la formación Santiago, en las localidades La Curva, La Cima y Los Zapotales, entre 600 y 1200 m al SE del poblado de Santiago Ixtaltepec, Municipio de Nochixtlán, Oaxaca. Edad Misisípico Medio (Viseano).

**Descripción.** Conchas de medianas a grandes, moderadamente cóncavoconvexas, subcuadradas; ancho máximo en la parte media de la concha, aurículas de tamaño medio, aplanadas; cavidad corporal pequeña; umbo incurvado; en el margen anterior de las aurículas se observan tres cicatrices, a manera de perforaciones, correspondientes a espinas gruesas; el margen presenta un reborde poco conspicuo.

Interior de la valva ventral con disco visceral con flancos bien marcados y separados de las depresiones auriculares; cicatrices de los músculos aductores de forma lanceolada, separadas por un miofragma somero y rodeadas por las cicatrices de los músculos diductores que se observan difusas. En el interior de la valva dorsal se observan dos crestas laterales bien marcadas que divergen desde la charnela en un ángulo de 45 grados; el septo medio se encuentra bien desarrollado y alcanza más de la mitad de la valva; proceso cardinal bilobulado en la parte inferior interna y cuadrifido externamente.

La valva ventral es convexa; la ornamentación consiste en arrugas gruesas, muy espaciadas entre sí, con la misma forma sub-cuadrada del contorno de la concha y con una leve ondulación sobre la parte central de la valva; las bases de algunas espinas se observan con poca nitidez; las arrugas no presentan una disposición clara. La valva dorsal es ligeramente cóncava, casi aplanada; la superficie presenta arrugas concéntricas delgadas y separadas por espacios muy estrechos

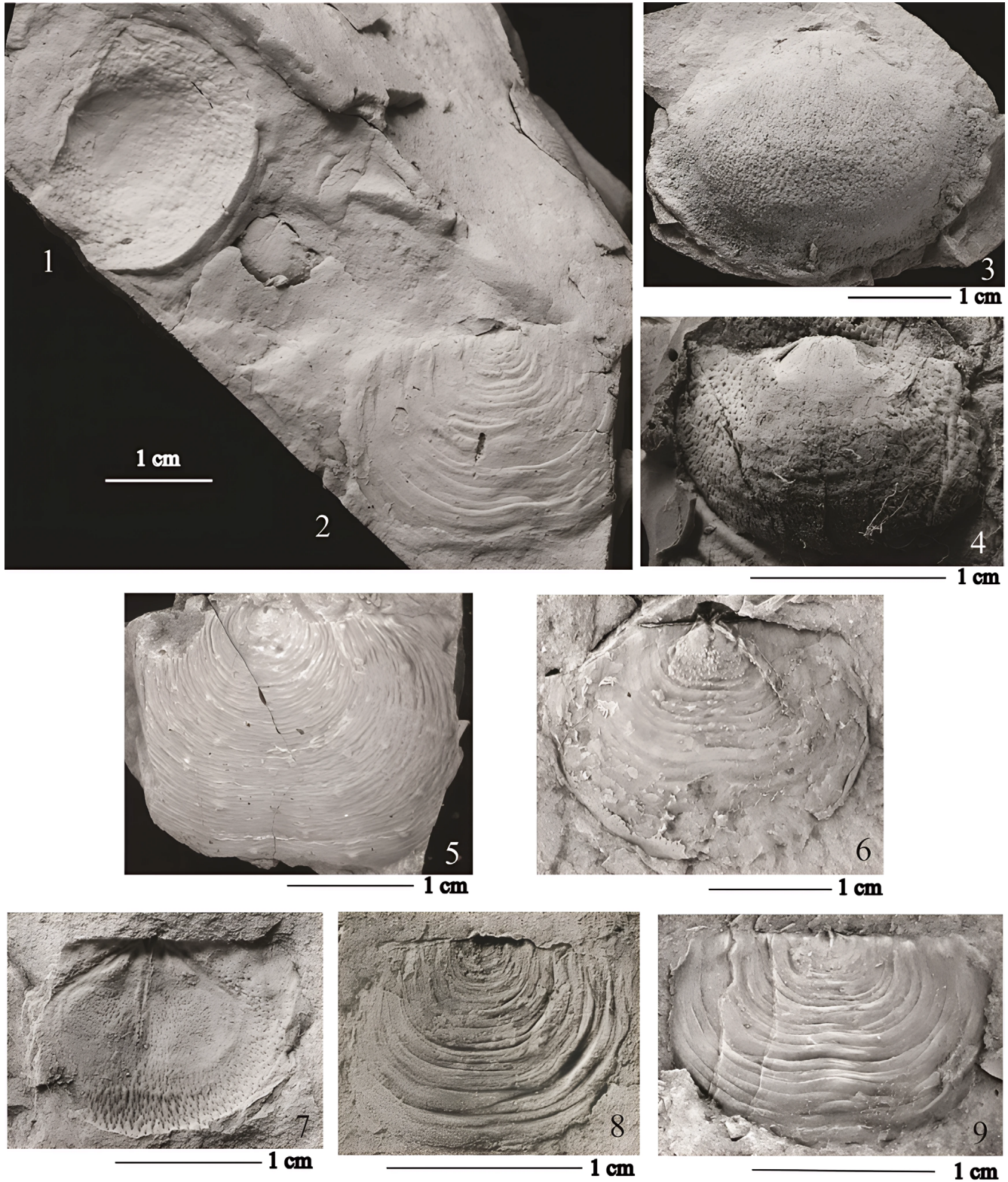
**Etimología.** *tse*, palabra mazateca que significa grande.

**Materiales.** Holotipo: ejemplar FCMP-1563 (interior valva ventral); Paratipos: FCMP-1564 (exterior valva dorsal); FCMP-1565 (interior valva ventral), FCMP-1566 (interior valva ventral), FCMP-1567 (exterior valva ventral), FCMP-1568 (exterior valva ventral), FCMP-1569 (interior valva dorsal), FCMP-1570 (exterior valva dorsal) y FCMP-1571 (exterior valva dorsal).

**Discusión.** La asignación genérica se establece con los rasgos descritos, que corresponden a la diagnosis del género elaborada por Martínez-Chacón y Winkler-Prins (1977). *Aseptella tse*, de la formación Santiago, se comparó con *Aseptella asturica* del Bashkiriense de la Formación Ricacabiello en España (Martínez-Chacón y Winkler-Prins, 1977) y *Aseptella beetsi* del Viseano de la Formación Alba, también en España (Winkler-Prins y Martínez-Chacón, 1998).

Ambas especies, de la Cordillera Cantábrica, se pueden diferenciar por presentar conchas de tamaño menor, con menos de 5.3 mm de largo por 7.4 mm de anchura, un septo en el interior de la valva dorsal corto y débil en formas juveniles y ausente en adultos; *A. patriciae* (Simanaukas, 1996) y *A. aff. patriciae* (Cisterna y Simanaukas, 1999) descritas para el Paleozoico Tardío de la Patagonia y la Precordillera Argentina respectivamente, se diferencian por la ausencia del patrón bilobulado de las endospinas, presentes en el interior de la valva dorsal de *A. tse* y por las aurículas más agudas y grandes que presentan las especies argentinas.

*Aseptella tse* nov. sp. también se comparó con *A. satumensis*, del Namuriano del sur de Tailandia



**Figura 3** *Aseptella tse*: 1, ejemplar FCMP-1563, interior de la valva ventral; 2, ejemplar FCMP-1564, exterior de la valva dorsal; 3, ejemplar FCMP-1565 y 4, ejemplar FCMP-1566 interior de las valvas ventrales; 5, ejemplar FCMP-1567 y 6, ejemplar FCMP-1568 exterior de las valvas ventrales; 7, ejemplar, FCMP-1569, interior de la valva dorsal; 8, ejemplar FCMP-1570 y 9, ejemplar FCMP-1571, exterior de las valvas dorsales.

(Wongwanich *et al.*, 2004) que se caracteriza por presentar en la parte anterior del interior de la valva ventral, dos hileras radiales de espinas que se vuelven más grandes hacia la región anterior, arrugas más gruesas y menos numerosas sobre la valva dorsal y un ángulo de divergencia de las crestas laterales de 30 grados.

#### 4. Discusión y conclusiones

Las asociaciones de invertebrados marinos que se encuentran en las rocas misisípico-pensilvánicas que afloran en la región de Santiago Ixtaltepec, poseen componentes con diversas afinidades paleobiogeográficas.

En general, las faunas más recientes, presentes en la parte alta de la Formación Ixtaltepec, con edades del Pensilvánico Temprano-Medio, son de clara afinidad norteamericana y se han asociado con faunas del mar epicontinental que cubrió la región del Mid-continent (Quiroz-Barroso y Sour-Tovar, 1996; Sour-Tovar *et al.*, 1996; Quiroz-Barroso y Perrilliat, 1997, 1998; Quiroz-Barroso, *et al.*, 2000; Torres-Martínez y Sour-Tovar, 2012; Torres-Martínez y Sour-Tovar, 2023).

Las faunas de la parte inferior de la Formación Ixtaltepec, de edad Viscaña-Serpukhoviana, también poseen en mayor porcentaje afinidades con faunas del Mid-continent (Torres-Martínez y Sour-Tovar, 2012), pero con algunos taxones que han sido reportados para regiones más distantes, como Europa y el sureste asiático. Este porcentaje varía en los estratos de la formación Santiago, donde el número de taxones cosmopolitas es mayor, encontrándose géneros y especies referidas para localidades de Norteamérica (Quiroz-Barroso *et al.*, 2000; Navarro-Santillán *et al.*, 2002), Europa, el sureste asiático, Australia y Sudamérica (Navarro-Santillán *et al.*, 2002; Sour-Tovar *et al.*, 2005).

El género *Aseptella* se suma a estos taxa cosmopolitas presentes en la formación Santiago y apoya un modelo en el que los mares que bordean los márgenes del paleocontinente de Laurentia,

durante el Misisípico temprano, mantienen conexiones con los de los márgenes del noroeste de Gondwana y sureste de Báltica. Estas conexiones pueden estar relacionadas con diversos eventos que ocurren a lo largo del Carbonífero, entre ellos los cambios en la posición geográfica de los paleocontinentes paleozoicos y la disminución global de la profundidad de los océanos como resultado del evento glacial del Serpukhoviano tardío-Bashkiriano, conocido como la Era del Hielo del Paleozoico Tardío (LPIA). En particular, este evento glacial puede explicar la migración de diversos taxa, entre ellos *Aseptella*, desde latitudes bajas hacia cuencas gondwánicas a través de conexiones marinas que se desarrollaron durante el episodio II de la LPIA, en la transición Misisípico-Pensilvánico (Cisterna *et al.*, 2017; Sterren *et al.*, 2020; López-Gamundi *et al.*, 2024).

#### Contribuciones de los autores

(1) conceptualización: FST, SAQB, KMCE; (2) análisis o adquisición de datos: FST, SAQB, KMCE; (3) desarrollo metodológico/técnico: FST, SAQB, KMCE; (4) redacción del manuscrito original: FST, SAQB, KMCE; (5) redacción del manuscrito corregido y editado: FST, SAQB, KMCE; (6) diseño gráfico: FST, SAQB, KMCE; (7) trabajo de campo: FST, SAQB, KMCE; (8) interpretación: FST, SAQB, KMCE.

#### Financiamiento

Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

#### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Dra. Gabriela A. Cisterna y a un revisor anónimo por sus valiosas correcciones, sugerencias y comentarios críticos al manuscrito original; a Daniel Navarro-Santillán, Rafael Villanueva-Olea

y Sara E. Islas-Graciano por su asistencia técnica, y a Héctor Hernández-Campos por el trabajo fotográfico.

## Conflicto de intereses

Manifestamos que no existe ningún conflicto de interés.

## Editor a cargo

Francisco J. Vega

## Referencias

- Breña-Ochoa R., 2015, Análisis tafonómico del miembro inferior de la formación Santiago, Carbonífero del Municipio de Nochixtlán, Oaxaca, México: México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de licenciatura, 83 p.
- Castillo-Espinoza, K.M., 2013, Sistemática de braquiópodos, cefalópodos y crinoideos del Misisípico Medio de la Formación Santiago, Santiago Ixtaltepec, Oaxaca: México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de maestría, 112 p.
- Castillo-Espinoza, K.M., Escalante-Ruiz, A.R., Quiroz-Barroso, S.A., Sour-Tovar, F., Navarro-Santillán, D., 2010, Nuevos invertebrados del Viséano (Missisipiano), Formación Santiago, Oaxaca, sudeste de México, en X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y VII Congreso Latinoamericano de Paleontología, La Plata, Argentina. Libro de Resúmenes, 145 p.
- Cisterna, G.A., Simanuskas, T., 1999, *Aseptella* (Brachiopoda) en el Paleozoico Tardío de Argentina: Revista Española de Paleontología, 14(1), 117–122. <https://doi.org/10.7203/sjp.23692>
- Cisterna, G.A., Sterren, A.F., López Gamundí, O., Vergel M.M., 2017, Carboniferous postglacial faunas in the Late Serpukhovian-Bashkirian interval of the central-west Argentina: Alcheringa, 41(3), 413–431. <https://doi.org/10.1080/03115518.2017.1299795>
- Duméril, A.M.C., 1806, Zoologie analytique ou méthode naturelle de classification des animaux: París, XXIV + 344 p.
- Escalante-Ruiz, A.R., Quiroz-Barroso S.A., Sour-Tovar, F., 2014, Conuláridos misisípicos de Nochixtlán, Oaxaca, México: consideraciones sistemáticas, estratigráficas y paleobiogeográficas: Revista Brasileira de Paleontologia, 17(2), 195–206.
- Fries, C., Jr., Schmitter, E., Damon, P.E., Livingston, D.E., Erickson, R., 1962, Edad de las rocas metamórficas en los Cañones de la Peregrina y de Caballeros, parte centro-occidental de Tamaulipas: Boletín del Instituto de Geología, 64, 55–69.
- Gray, J.E., 1840, Synopsis of the contents of the British Museum: London, 42th. edit, 370 p.
- Guerrero-Moreno, S., Solari, L.A., Castillo-Reynoso, J.C., Torres-Martínez, M.A., 2023, Paleoenvironmental evolution of a Carboniferous marine succession during active volcanism in southern Mexico and its implications in the western Pangea margin configuration: Journal of South American Earth Sciences, 129, 104476. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104476>
- Hernández-Ocaña, M.I., Quiroz-Barroso, S.A., 2018, Implicaciones ambientales de las trazas fósiles de la Formación Ixtaltepec, Carbonífero de Oaxaca, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 70(2), 325–350. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2018v70n2a4>
- López-Gamundí, O.R., Cisterna, G.A., Sterren, A.F., 2024, El Paso Formation: a key unit for the correlation of the carboniferous glaciation in the Calingasta-Uspallata basin of Western Argentina: Journal of South American Earth Sciences, 143. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2024.105004>

- Martínez-Chacón, M.L., Winkler-Prins, C.F., 1977, A Namurian brachiopod fauna from Merè (Province of Oviedo), Spain: *Scripta Geologica*, 39, 67 p.
- Muir-Wood, H.M., Cooper, G.A., 1960, Morphology, classification and life habitats of the Productoidea (Brachiopoda): *Geological Society of America Memoir*, 81, 8 fig., 135 pl., 447 p.
- Navarro-Santillán, D., Sour-Tovar, F., Centeno-García, E., 2002, Lower Mississippian (Osagean) brachiopods from the Santiago Formation, Oaxaca, Mexico. Stratigraphy and tectonic implications: *Journal of South America Earth Sciences*, 15(3), 327–336. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(02\)00047-0](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(02)00047-0)
- Pantoja-Alor, J., 1970, Rocas sedimentarias paleozoicas de la región centro-septentrional de Oaxaca, en Rodríguez-Torres (ed.), *Libro Guía de la Excursión México-Oaxaca*, Sociedad Geológica Mexicana, 67–84.
- Quiroz-Barroso, S.A., Perrilliat, M.C., 1997, Pennsylvanian nuculoids (Bivalvia) from the Ixtaltepec Formation, Oaxaca, Mexico: *Journal of Paleontology*, 71(3), 400–407.
- Quiroz-Barroso, S.A., Perrilliat, M.C., 1998, Pennsylvanian Bivalves from the Ixtaltepec Formation, Mexico: *Journal of Paleontology*, 72(6), 1011–1024.
- Quiroz-Barroso, S.A., Sour-Tovar, F., 1996, Paleogeographical implications of pennsylvanian brachiopods and bivalves from Ixtaltepec Formation, Oaxaca, southeast Mexico, in VI North American Paleontological Convention: Washington D.C., U.S.A., Ripley Center, Smithsonian Institution, Abstracts of Papers Book, 316 p.
- Quiroz-Barroso, S.A., Pojeta, J., Sour-Tovar, F., Morales-Soto, S., 2000, *Pseudomulceodens*: a Mississippian Rostroconch from Mexico: *Journal of Paleontology*, 74(6), 1184–1186.
- Sarytcheva, T.G., Sokolskaya, A.N., 1959, O klassifikatsin lozhnoporistykh brachiopod [On the classification of pseudopunctate brachiopods]: Moscow, Akademiia Nauk SSSR, 125(1), 181–184.
- Schuchert, Ch., Levene, C.M., 1929, *Brachiopoda (Generum et genotyporum index et bibliographia): Fossilium Catalogus. 1. Animalia:Berlin*, Pars. 42, 140 p.
- Simanaukas, T., 1996, Un supuesto Chonetoideo del Pérmico de Patagonia reasignado a un género de Productoidea (Brachiopoda): *Ameghiniana* 33(3), 349–351.
- Solari, L.A., Keppie, J.D., Ortega-Gutiérrez, F., Cameron, K.L., López, R., Hames, W.E., 2003, 990 and 1100 Ma Grenvillian tectonothermal events in the northern Oaxacan Complex, southern Mexico: roots of an orogen: *Tectonophysics*, 365, 257–282. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00025-8](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00025-8)
- Sour-Tovar, F., Martínez-Chacón, M.L., 2004, Braquiópodos chonetoideos del Carbonífero de México: *Revista Española de Paleontología*, 19(2), 125–138. <https://doi.org/10.7203/sjp.19.2.20527>
- Sour-Tovar, F., Quiroz-Barroso, S.A., Navarro-Santillán, D., 1996, Carboniferous invertebrates from Oaxaca, Mid-Continent paleogeographical extension, in 1996 Geological Society of America Annual Meeting: Denver Colorado, U.S.A., Abstracts with Programs, A-365.
- Sour-Tovar, F., Alvarez, F., Martínez-Chacón, M.L., 2005, Lower Mississippian (Osagean) spire bearing brachiopods from Cañón de la Peregrina, north of Ciudad Victoria, Tamaulipas, Northeastern Mexico: *Journal of Paleontology*, 79(3), 475–491. [https://doi.org/10.1666/0022-3360\(2005\)079<0469:LMOSBF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/0022-3360(2005)079<0469:LMOSBF>2.0.CO;2)
- Sour-Tovar, F., González-Mora, S., Martín-Aguilar, M.L., 2024, Chapter 5 Fossil Lophophorates: Generalities and Applications in the Interpretation of Paleoenvironments, in Guerrero-Arenas, R., Jiménez-Hidalgo, E., (eds.), *Past Environments of Mexico*: Cham,

- Springer Geology, 99–127. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-51034-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-51034-2_5)
- Sterren, A.F., Cisterna, G.A., López-Gamundí, Ó., Vergel, M.M., 2020, The southernmost record of the Aseptella-Tuberculatella/Rhipidomella-Micraphelia Fauna (late Serpukhovian-Bashkirian) in the Calingasta-Uspallata basin, Argentina: Andean Geology, 47(1), 110–124. <https://dx.doi.org/10.5027/andgeov47n1-3195>
- Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F., 2012, Nuevos braquiópodos productidos (Rhynchonelliformea, Strophomenata) del Carbonífero de la región de Nochixtlán, Oaxaca: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 29, 696–712.
- Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar F., 2023, New rhynchonellid and spire-bearing brachiopods from the Carboniferous of Mexico. Palaeogeographical significance of the Oaxacan brachiopod fauna through the Serpukhovian–Moscovian: Journal of Paleontology, 97(1), 90–111. <https://doi.org/10.1017/jpa.2022.70>
- Villanueva-Olea, R., Castillo-Espinoza, K.M., Sour-Tovar, F., Quiroz-Barroso, S.A., Buitrón-Sánchez, B.E., 2011, Placas columnares de crinoides del Carbonífero de la Región de Santiago Ixtaltepec, Municipio de Nochixtlán, Oaxaca; consideraciones estratigráficas y paleobiogeográficas: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 63(3), 429–443. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2011v63n3a5>
- Waagen, W., 1883, Salt Range fossils, vol. I, part 4. Productus Limestone fossils, Brachiopoda: Memoirs of the Geological Survey of India, Paleontologia Indica, (series 13), fasc. 2, 391–546, pl. 29–49.
- Williams, A., Carlson, S.J., Brunton, C.H.C., Holmer, L.E., Popov, L.E., 1996, A supraordinal classification of the Brachiopoda: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 351(series B), 1171–1193.
- Winkler-Prins, C.F., Martínez-Chacón, M.L., 1998, A new species of Productid Brachiopod Aseptella from Lower Carboniferous of the Cantabrian Mountains (Spain): Revista Española de Paleontología, 13(2), 243–249. <https://doi.org/10.7203/sjp.24056>
- Wongwanich, T., Boucot, A.J., Brunton, C.H.C., House, M.R., Racheboeuf, P., 2004, Namurian Fossils (Brachiopods, Goniatites) from Satun Province, Southern Thailand: Journal of Paleontology, 78(6), 1072–1085. [https://doi.org/10.1666/0022-3360\(2004\)078<1072:NFBGFS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/0022-3360(2004)078<1072:NFBGFS>2.0.CO;2)