



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**ESTUDIO SISTEMÁTICO DE LOS EPIBIONTES EN CONCHAS  
SELECTAS DE RUDISTAS DEL CRETÁCICO DE MÉXICO**

**TESIS**  
**(POR ARTÍCULO CIENTÍFICO)**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS**  
(GEOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:  
**RITA GABRIELA LEÓN OLVERA**

**TUTORES PRINCIPALES:**  
DR. J. FRANCISCO SÁNCHEZ BERISTAIN  
UNIDAD MULTIDISCIPLINARIA DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN, CAMPUS JURQUILLA,  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

DR. PEDRO GARCÍA BARRERA  
MUSEO DE PALEONTOLOGÍA, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO.

**COMITÉ TUTOR:**  
DR. FRANCISCO JAVIER VEGA VERA  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

DR. JOSEP ANTON MORENO BEDMAR  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

DR. GERARDO RIVAS LECHUGA  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

**MÉXICO, CD. MX., SEPTIEMBRE, 2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# **ESTUDIO SISTEMÁTICO DE LOS EPIBIONTES EN CONCHAS SELECTAS DE RUDISTAS DEL CRETÁCICO DE MÉXICO**

## **TESIS (POR ARTÍCULO CIENTÍFICO)**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS**  
(GEOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:  
**RITA GABRIELA LEÓN OLVERA**

**TUTORES PRINCIPALES:**  
DR. J. FRANCISCO SÁNCHEZ BERISTAIN  
UNIDAD MULTIDISCIPLINARIA DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN, CAMPUS JURIUQUILLA,  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

DR. PEDRO GARCÍA BARRERA  
MUSEO DE PALEONTOLOGÍA, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO.

**COMITÉ TUTOR:**  
DR. FRANCISCO JAVIER VEGA VERA  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

DR. JOSEP ANTON MORENO BEDMAR  
INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

DR. GERARDO RIVAS LECHUGA  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

**MÉXICO, CD. MX., SEPTIEMBRE, 2023**

## AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología (UNAM) por la oportunidad de terminar mi proceso de graduación.

A la DGEP, UNAM, por la Beca Complementaria para Estudios de Posgrado (1999-2001).

A SEP-CONACYT por la Beca-Crédito Nacional para Estudios de Posgrado (1999-2001), del Programa Nacional de Posgrados de Calidad del Conacyt.

A los apoyos: proyecto de investigación PAPIIT IN-118420 (DGAPA-UNAM; responsable: Dr. J. Francisco Sánchez Beristain (fecha de inicio: 2020); Presupuesto a personal académico; responsable: Dr. Pedro García Barrera.

Al Dr. J. Francisco Sánchez Beristain y el Dr. Pedro García Barrera por su tutoría en este trabajo.

A los integrantes del Jurado del Examen de Grado: Dr. Francisco Javier Vega-Vera y el Dr. Josep Anton Moreno-Bedmar del Instituto de Geología, UNAM y al Dr. Gerardo Rivas-Lechuga de la Facultad de Ciencias, UNAM, por sus comentarios y sus finas atenciones.

Al Dr. Miguel Ángel Torres-Martínez (Instituto de Geología, UNAM) por su disposición a colaborar como miembro del Comité Tutor.

A Rafael Villanueva-Olea, Itzia Nieto López y Sergio González Mora por el apoyo técnico y la generosidad con su tiempo.

Al Dr. Hannes Löser por su contribución en la redacción del artículo y su profesionalismo.

## ÍNDICE

<u>RESUMEN</u> .....	1
<u>INTRODUCCIÓN</u> .....	2
<u>ANTECEDENTES</u> .....	2
<u>JUSTIFICACIÓN</u> .....	5
<u>OBJETIVOS</u> .....	5
<u>SOBRETIRO</u> .....	7
<u>GEOLOGÍA</u> .....	18
<u>Formación Cárdenas, San Luís Potosí</u> .....	19
<u>Formación Ocozocoautla, Chiapas</u> .....	20
<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	22
<u>RESULTADOS</u> .....	24
<u>Paleontología Sistemática</u> .....	24
<u>Asociaciones</u> .....	29
<u>DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES</u> .....	29
<u>REFERENCIAS</u> .....	31
<u>ANEXO: FIGURAS</u> .....	37

## **Estudio sistemático de los epibiontes en conchas selectas de rudistas del Cretácico de México**

**Producto:** León-Olvera, R.G., H. Löser, F. Sánchez-Beristain, P. García-Barrera. 2023. Primer registro de *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 (Scleractinia) para el Tetis occidental. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 75 (2): A310523. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a310523>.

### **RESUMEN**

En este trabajo se revisaron los epibiontes presentes en conchas de rudistas provenientes de las formaciones cenomaniano-maastrichtianas Cárdenas, en San Luís Potosí, y Ocozocoautla, en Chiapas. Dichas formaciones no compartieron especies de rudistas ni de epibiontes. La mayoría de los epibiontes se hallaron en ejemplares de la Formación Cárdenas. En la Formación Ocozocoautla se encontró la presencia del coral fósil *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 (Scleractinia) por primera ocasión para el occidente del Mar de Tethys, por lo que se publicó este hallazgo en un artículo en que se discuten el origen paleobiogeográfico y la dispersión de la especie a fines del Cretácico Tardío

### **ABSTRACT**

In this work, the epibionts present in rudist shells of the Cenomanian-Maastrichtian Cárdenas formations, in San Luís Potosí, and Ocozocoautla, in Chiapas, were reviewed. These formations did not share rudist or epibiont species. Most of the epibionts were found in specimens from the Cárdenas Formation. In the Ocozocoautla Formation, the presence of the fossil coral *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 (Scleractinia) was recorded for the first time for the western Tethys Sea. Therefore, this finding was published in an article discussing the paleobiogeographic origin and dispersion of the species at the end of the Late Cretaceous.

## INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto: "Estudio sistemático de los epibiontes en conchas selectas de rudistas del Cretácico de México", como parte del proyecto general "*Paleontología, paleoecología y sistemática de invertebrados constructores de arrecifes a través del tiempo*", que se lleva a cabo en la Facultad de Ciencias de la UNAM a cargo del Dr. J. Francisco Sánchez Beristain, se encontró entre el material fósil un ejemplar de coral escleractinio de la especie *Columactinastraea formosa* (Goldfuss, 1829) creciendo sobre la valva inferior del molusco rudista *Titanosarcolites giganteus* (Whitfield, 1897). Este importante hallazgo fue seleccionado como eje de la publicación, la cual se propuso para la obtención del grado de Maestría dentro del Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM en la modalidad de Artículo de investigación <[https://posgrado.unam.mx/pcmarylimnologia/modalidades\\_graduacion.html](https://posgrado.unam.mx/pcmarylimnologia/modalidades_graduacion.html)>.

## ANTECEDENTES

Los sistemas arrecifales son ecosistemas dinámicos que se han desarrollado en el medio marino como resultado de la actividad de organismos sésiles que precipitan diversos compuestos carbonatados y son espacios que favorecen la diversidad biológica. Existen posturas antagónicas respecto así toda comunidad fijadora de carbonatos puede ser llamada *arrecife* (Alencáster y Pantoja, 1986; Gerhard y Burke, 1990; Gili *et al.*, 1995; García-Barrera *et al.*, 2017); sin embargo, la funcionalidad de estos, ya sean formados por esponjas, estromatolitos, briozoarios, corales, algas o rudistas, es la de un ecosistema cuya comunidad de seres vivos permite producir formaciones carbonatadas en que las relaciones bióticas-abióticas se desenvuelven traslapándose funcionalmente los distintos gremios (*sensu* Fagerstrom, 1987), que las ocupan.

En esta categorización de gremios, se consideran tanto el papel ecológico como estructural de los organismos que están involucrados en la construcción y el mantenimiento de los macizos carbonatados de los distintos tipos de arrecifes. Así, las cinco unidades funcionales principales, o gremios de constructores, encostrantes, moradores, destructores y amortiguadores, se reconocen dentro de las paleofaunas arrecifales involucradas en el origen y evolución de los biohermos (Fig. 1).

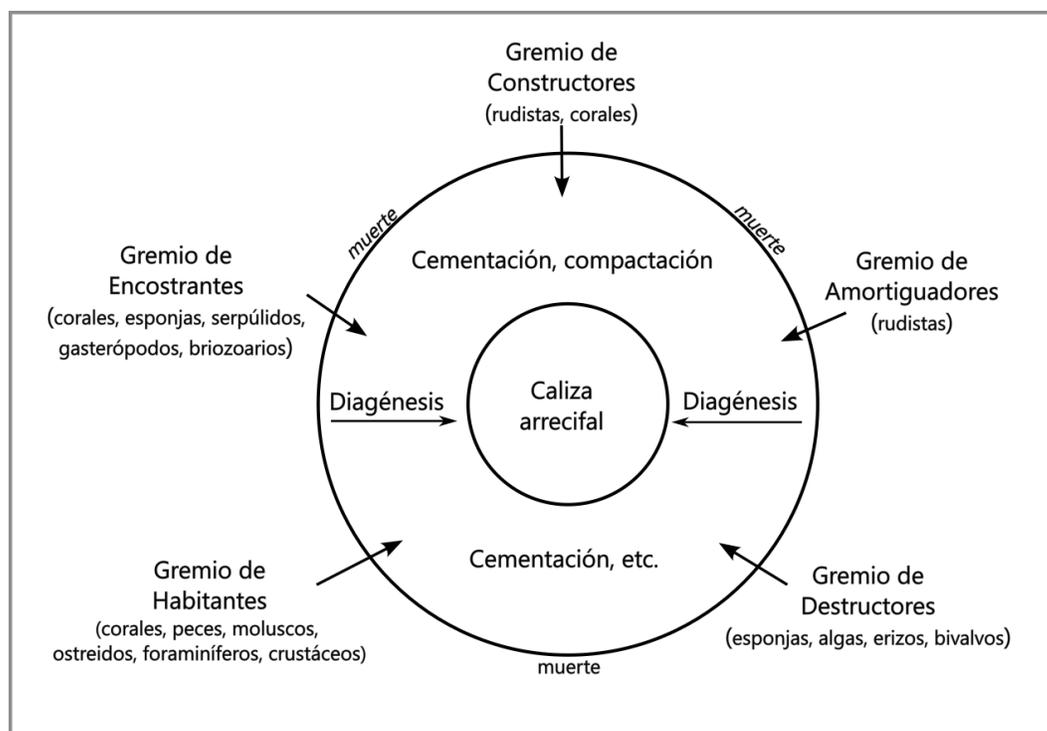


Figura1. Muestra los cinco principales gremios y sus relaciones con el origen y dinámica estructural de los arrecifes (Modificado de Fagerstrom, 1987).

Abundantes en territorios que ahora pertenecen a México, los rudistas dejaron rastros de su existencia en las rocas marinas que afloran ahora en gran parte de México. Su presencia en el registro fósil es producto de sus fuertes valvas, cementadas por los numerosos encostrantes y en ocasiones, incluso por los propios rudistas (García-Barrera, 2006).

Estos moluscos bivalvos surgieron en el Jurásico Superior, y durante el Cretácico fueron los principales formadores de arrecifes en mares someros. Su resistente concha estaba formada por dos capas: una capa externa de calcita con bajo contenido en magnesio y microestructura prismática simple, frecuentemente bien conservada, y una capa interna de aragonito, normalmente reemplazada por calcita espática (Pons, 2012). Sus tasas de acreción variaban de entre 4.6 a 28.5 kg m<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, valores muy superiores a la tasa promedio de un arrecife actual que es de alrededor de 2 kg m<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Steuber, 2007).

Las asociaciones de rudistas fósiles han perdurado no obstante la accidentada historia tectónica del país, ofreciendo indicios sobre las condiciones ambientales que imperaban, tales como profundidad, grado de oxigenación, características químicas y energía del agua. Dichos factores, además de las tasas de crecimiento, son determinantes en la competencia por espacio en estos ecosistemas bentónicos marinos.

Las condiciones químicas de la columna de agua promueven la precipitación diferencial de las distintas formas de carbonatos. Estas diferencias influyen en el éxito de las distintas especies al colonizar nuevos ambientes, si un ambiente favorecía la precipitación de calcita baja en magnesio sobre la de aragonito o la de calcita alta en magnesio, esto representaba una condición favorable para los rudistas sobre otros taxones (Sánchez-Beristain *et al.*, 2016).

Como se observa en los arrecifes actuales, los animales con esqueletos calcáreos proveen de sustrato y protección a diversas especies de organismos más pequeños, tal es el caso de los epibiontes, término que incluye especies de algas, briozoarios, foraminíferos, corales, hidrozoarios, moluscos, esponjas. Respecto a los rudistas, se tiene evidencia de que incluso individuos de talla pequeña pueden encontrarse incrustando a otros mayores (Phillip, 2003). Asimismo, se ha determinado que los horadores como los serpulidos, son abundantes (Bass, 1984) y que también se puede hallar costras de *Bacinella irregularis* Radoičić, 1959, adosadas a diversos rudistas jurásicos (Kakizaki *et al.*, 2011).

## **JUSTIFICACIÓN**

A pesar de la ampliamente reportada presencia de epibiontes sobre diferentes constructores de arrecifes (Shiraishi y Kano, 2004; Schlagintweit y Gawlick, 2008; Sánchez-Beristain y Reitner 2012, 2018, 2019, 2020; Sánchez-Beristain *et al.*, 2013; Hueter *et al.*, 2021), existen pocas investigaciones equivalentes sobre epibiontes asociados con rudistas (Kakizaki *et al.*, 2011), tan abundantes en el Cretácico mexicano, salvo por el trabajo de Omaña *et al.*, (2016) para la Formación El Abra, en San Luís Potosí, en donde se registra la presencia de algas calcáreas como epibiontes de rudistas. No se tienen trabajos para las formaciones Cárdenas, San Luis Potosí ni Ocozocoautla, Chiapas.

En la Colección de referencia del Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, existen diversos ejemplares de rudistas que presentan evidencia de especies encostrantes, lo que permitiría aportar información sobre este tipo de asociaciones.

Por otra parte, los rudistas formaban ecosistemas complejos, como ahora lo son los arrecifes coralinos, así, algunos procesos se pueden reconocer en ecosistemas marinos hoy en día, cuyos principales formadores no están exentos del mismo fin que el que tuvieron estos bivalvos. La presencia de epibiontes, encostrantes u horadadores, es una constante en organismos con exoesqueletos, como los abundantes rudistas en México, y es interesante conocer más sobre su coexistencia.

## **OBJETIVOS**

Objetivo general

Establecer el número y las características de los organismos epibiontes presentes en conchas selectas de rudistas del Cretácico Tardío (Campaniano-Maastrichtiano de las

formaciones Cárdenas (San Luís Potosí) y Ocozocoautla (Chiapas) con el fin de comparar las asociaciones entre y dentro de las localidades, así como identificar algunos rasgos paleoecológicos.

#### Objetivos particulares

1. Identificar los epibiontes encontrados en muestras selectas de rudistas, albergadas en el Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias (UNAM).
2. Determinar si existe alguna relación entre las diversas especies de epibiontes y las de rudistas.
3. Comparar taxonómicamente las asociaciones de las dos localidades.

## Primer registro de *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 (Scleractinia) para el Tetis occidental

*First report of *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 (Scleractinia) from the western Tethys*

Rita Gabriela León-Olvera<sup>1</sup>, Hannes Löser<sup>2</sup>, Francisco Sánchez-Beristain<sup>3,\*</sup>, Pedro García-Barrera<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México; Av. Ciudad Universitaria 3000, 04510, Coyoacán, CDMX, México.

<sup>2</sup> Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Luis Donaldo Colosio y Madrid S/N. Hermosillo 83110, Sonora, México.

<sup>3</sup> Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Campus Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México. Campus UNAM 3001, Juriquilla 76230, Santiago de Querétaro, México.

<sup>4</sup> Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior S/N, Coyoacán 04510, CDMX, México.

\* Autor para correspondencia: (F. Sánchez-Beristain) [sanchez@ciencias.unam.mx](mailto:sanchez@ciencias.unam.mx)

### Cómo citar este artículo:

León-Olvera, R.G., Löser, H., Sánchez-Beristain, F., García-Barrera, P., 2023, Primer registro de *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 (Scleractinia) para el Tetis occidental: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 75 (2), A310523. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a310523>

Manuscrito recibido: 5 de mayo de 2023.  
Manuscrito corregido: 30 de mayo de 2023.  
Manuscrito aceptado: 4 de junio de 2023.

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/>)

## RESUMEN

En este trabajo se registra por primera ocasión la presencia del coral fósil *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 (Scleractinia) para la parte más occidental del Mar de Tetis. El hallazgo proviene de la Formación Ocozocoautla (Cretácico, Maastrichtiano) del Estado de Chiapas. Los anteriores registros proceden de los territorios actuales de los Emiratos Árabes Unidos (Campaniano y Maastrichtiano) y de diversas localidades europeas (estratos del Coniaciano y Santoniano). El origen paleobiogeográfico de *C. formosa* y la dispersión de la especie durante el fin del Cretácico Tardío son discutidos.

**Palabras clave:** Scleractinia, Cretácico, Maastrichtiano, Formación Ocozocoautla, México, Tetis.

## ABSTRACT

The fossil coral *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 (Scleractinia) is reported for the first time from the westernmost part of the Tethys Ocean. The fossil was found in the Ocozocoautla Formation (Cretaceous, Maastrichtian) in Chiapas, Mexico. There are earlier reports of the species from the United Arab Emirates (Campanian and Maastrichtian) and from some European localities (Coniacian and Santonian). The possible palaeobiogeographic origin of *C. formosa* and the dispersal of the species are discussed.

**Keywords:** Scleractinia, Cretaceous, Maastrichtian, Ocozocoautla Formation, Mexico, Tethys.

## 1. Introducción

Los corales escleractinios, que surgen durante el Triásico Medio, sobrevivieron a los cambios ambientales del Triásico Tardío, dispersándose y ganando abundancia por ser los principales constructores arrecifales en la actualidad (Barbeitos, 2011; Stanley, 2003). El registro paleontológico indica que, a fines del Mesozoico, durante el Cenomaniano inferior, los miembros del Orden Scleractinia alcanzaron su máxima riqueza genérica (Steuber *et al.*, 2023).

Desde 1866 y hasta la actualidad, se ha publicado una centena de trabajos que contienen listados o descripciones de corales del Mesozoico en México (Löser, 1994). La mayoría de ellos (79) se dedica a ejemplares del Cretácico. Entre las localidades fosilíferas de este periodo se encuentra la Formación Ocozocoautla, que cuenta con 12 especies de coral registradas, pertenecientes a géneros principalmente del Cretácico Superior (Löser, 2012).

Los corales del género *Columactinastraea* Alloiteau 1952 aparecen desde el Turoniano superior y se encuentran ampliamente distribuidos en estratos

del Cretácico Superior. Actualmente, el género cuenta con 16 especies (Löser, 2016), registradas en rocas cretácicas del Oriente Medio (Baron-Szabo, 2000), México (Löser, 2012), y Europa (Leloux, 2003; Löser *et al.*, 2019). Para afloramientos mexicanos se tienen tres registros de *Columactinastraea*, todos del Cretácico; dos de ellos pertenecen al Grupo Bisbee en Sonora (Baron-Szabo y González-León, 1999). Sin embargo, los ejemplares de estos reportes pertenecen en realidad a *Stelidioseris ruvida* (Prever, 1909) como se menciona en Löser (2013). El tercer reporte se refiere a la especie *C. hilli* Wells, 1934 para el Maastrichtiano, en la Formación Ocozocoautla (Löser, 2012). Hasta el momento no parece existir algún registro para otra localidad del Tetis occidental; de ahí la importancia del hallazgo que se presenta en este trabajo.

## 2. Localización y geología regional de la Formación Ocozocoautla

El ejemplar estudiado procede de la Localidad "Rancho La Peregrina" (16° 46' 30.5" N, 93° 23' 37.7" W). Este afloramiento pertenece a la Formación Ocozocoautla, que se encuentra localizada

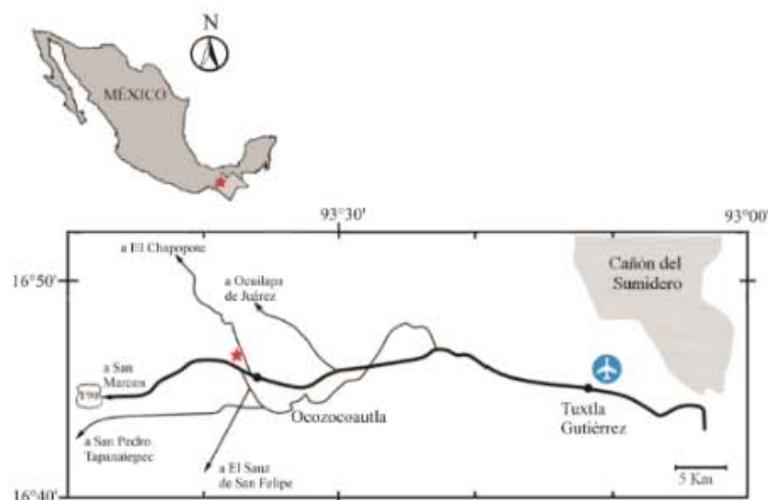


Figura 1 Localización del afloramiento cerca del poblado de Ocozocoautla, Chiapas (Modificado de Oviedo-García, 2006).

al noroeste del poblado homónimo al que se accede por la carretera federal 190 desde Tuxtla Gutiérrez con dirección a Ocozocoautla (Figura 1).

La Formación Ocozocoautla descansa de manera inconforme sobre las calizas de la Formación Sierra Madre de edad Albiano-Cenomaniano. La secuencia tipo inicia con un conglomerado de matriz arenosa fina, casi arcillosa. Sobre el conglomerado existe una secuencia de areniscas, y por encima de ellas, margas arenosas con intercalaciones de microconglomerados (PEMEX, 1988; García-Barrera *et al.*, 1998). La

parte superior presenta estratos con rudistas, en tanto que las margas muestran un contenido considerable de inocerámidos y ammonites (Pons *et al.*, 2021). Esta formación subyace a la Formación Angostura, del Maastrichtiano superior. La Formación Ocozocoautla está asignada al Maastrichtiano con base en su contenido fósil de foraminíferos, crustáceos y ammonites (PEMEX, 1988; García-Barrera *et al.*, 1998; Vega *et al.*, 2001, 2018; Omaña y Pons, 2003; Omaña, 2006; Pons *et al.*, 2016; Omaña *et al.*, 2021). El material recolectado procede de una secuencia de estratos delgados de arenisca calcárea (Figura 2).

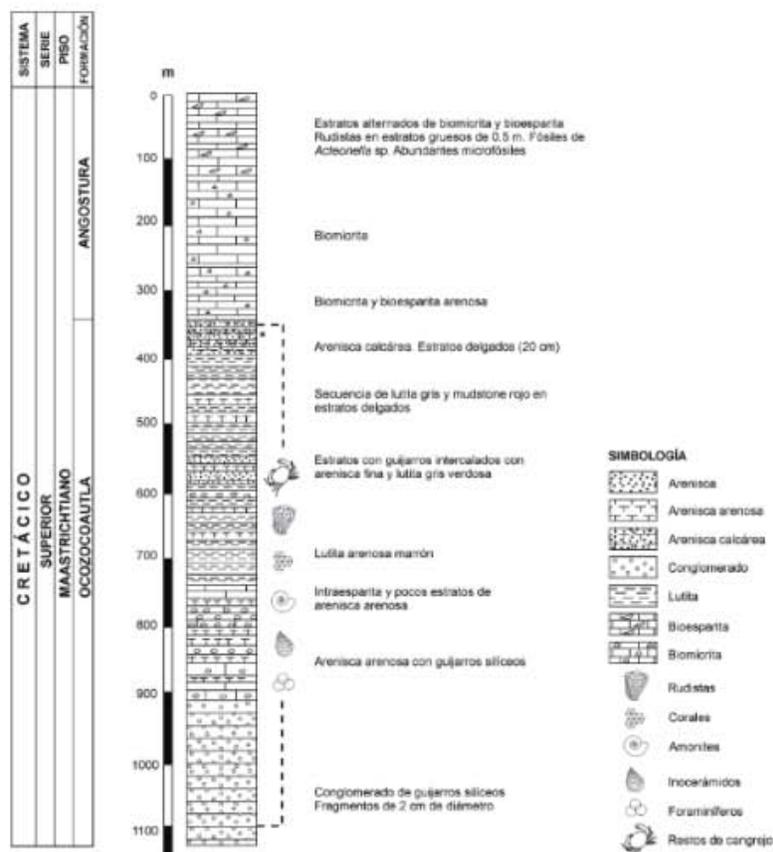


Figura 2. Columna estratigráfica simplificada de la Formación Ocozocoautla donde se indica el punto de recolecta del material con un asterisco (\*), correspondiente a la localidad Rancho La Peregrina. El material fósil ilustrado tiene un carácter indicativo y representa el contenido de la Formación Ocozocoautla como unidad litoestratigráfica. Modificado de García-Barrera *et al.*, 1998; Pons *et al.*, 2016.

### 3. Materiales y métodos

El ejemplar procesado en el presente estudio se localizó en la parte inferior externa de la concha de un rudista de la especie *Titanosarcolites giganteus* Whitfield, 1897, catalogado bajo el número 04/127 de la Colección de Invertebrados del Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias (FCMP – UNAM; Figura 3). La colonia fue fotografiada con ayuda del sistema de cámaras de un teléfono móvil iPhone 13Pro (Apple). Posteriormente se efectuaron cortes transversales y longitudinales, mismos que fueron pulidos para obtener láminas delgadas (con un espesor de entre 40 y 50  $\mu\text{m}$ ).

A continuación, los cortes se examinaron al microscopio óptico (Leica® DMLS), con el fin de identificar estructuras diagnósticas para

determinar taxonómicamente la especie de coral. Para efectuar las micrografías con escala se utilizó una cámara Flexacam® C1 adaptada para microscopio óptico.

Se examinó la microestructura de los septos con el fin de determinar su posición sistemática. Con ayuda del programa PalcoTax/Measure (©Hannes Löser), se midieron las dimensiones de los cálices. La determinación de la especie está basada en las dimensiones de los cálices y la cantidad de septos.

### 4. Paleontología Sistemática

Familia Actinastreae Alloiteau, 1952.

**Descripción.** Colonias cerioides, faceloides o plocoides. Septos compactos, la mayoría en simetría

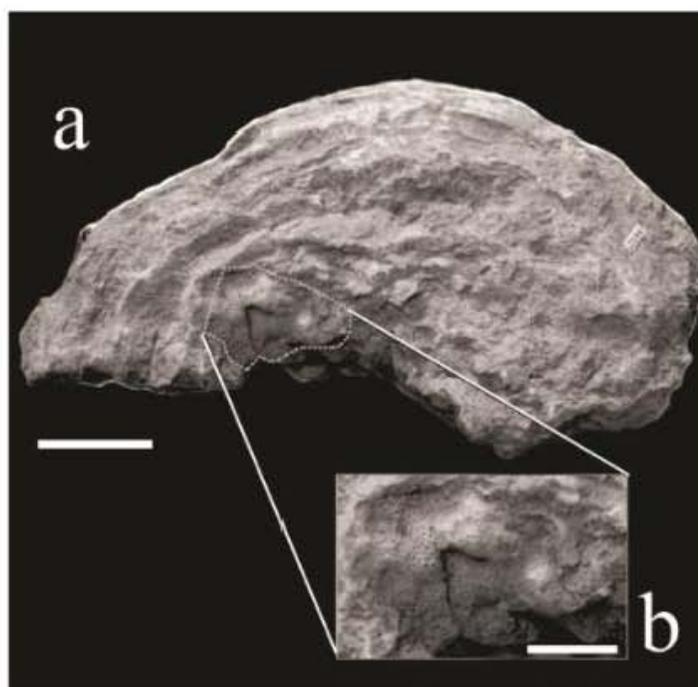


Figura 3. *Columactinastraea formosa* y *Titanosarcolites giganteus*. a) Colonia de *C. formosa* (delimitada mediante la línea punteada) sobre la valva inferior del rudista *Titanosarcolites giganteus*. Escala = 5 mm. b) Detalle de la colonia de *C. formosa*. Escala = 2 mm.

Tabla 1. Especies del género *Columactinastraea*.

Simetría	Septos	clmín	clmáx	Especie
6	12	0.7 – 0.8 mm	1.0 mm	<i>C. hilli</i>
		0.9 – 1.0 mm	1.1 – 1.2 mm	<i>C. sp. 1</i>
	24	4 mm	5.3 mm	<i>C. anthoni</i>
8	16	0.9 – 1.1 mm	1.0 – 1.2 mm	<i>C. germaini</i>
		1.1 – 1.2 mm	1.3 – 1.4 mm	<i>C. formosa</i>
		1.2 – 1.3 mm	1.5 – 1.6 mm	<i>C. reticulata</i>
		1.4 – 1.7 mm	1.8 – 2.0 mm	<i>C. octophylla</i>
		1.8 – 2.0 mm	2.2 – 2.3 mm	<i>C. rennensis</i>
		2.1 – 2.4 mm	2.6 – 2.7 mm	<i>C. sp. 2</i>

regular radial, frecuentemente conectados entre sí. Las caras laterales presentan espinas, el margen superior es granuloso. La microestructura de los septos muestra trabéculas de tamaño medio.

Septos lonsdaleoides presentes en un género, septos principales ausentes. Sinaptículos ausentes. *Pali* presente en algunos géneros, columela en la mayoría de los géneros. La endoteca varía, generalmente está formada por tábulas delgadas. Pared compacta o subcompacta, principalmente septotecal. Margen en un género. *Coenosteum* (periteca) generalmente presente, formado por trabéculas aisladas o costillas. Gemación extracalicular e intracalicular.

**Comentarios.** El taxón pertenece a la superfamilia Actinastraeoidea Alloiteau, 1952, que consta de una sola familia.

Género *Columactinastraea* Alloiteau, 1952

**Especie tipo.** *Columactinastraea rennensis* Alloiteau, 1952.

**Descripción.** Colonia plocoides con un *coenosteum* estrecho que consiste en pocas trabéculas aisladas. Corallitos con contorno irregular, circular o poligonal. Septos en simetría hexamerale u octamerale, pero poco regulares. Los septos secundarios pueden estar conectados con los primarios. Columela estiliforme, pero pequeña. *Pali* en el primer ciclo de septos, frecuentemente poco visibles.

**Comentarios.** La literatura registra 16 especies de este género (Leloux, 2003; Löser, 2016), pero el estudio del material tipo reveló que no todas las especies pertenecen a éste. La Tabla 1 muestra las especies conocidas, sólo incluyendo taxones donde el material tipo está disponible o donde había datos morfométricos publicados del material tipo.

*Columactinastraea formosa* (Goldfuss, 1829)

Figuras 4, 5

*Sinonimia*

\* 1829 *Astrea formosa* Goldfuss, p. 111, pl. 38, fig. 9

2000 *Columactinastraea pygmaea* (Felix, 1903) – Baron-Szabo, p. 98, pl. 1, fig. 4, pl. 2, fig. 4

2019 *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 – Löser *et al.*, p. 51, figs. 64a, b

(La sinonimia contiene sólo las referencias de los especímenes disponibles para el estudio; el asterisco hace referencia al protónimo de la especie).

**Ocurrencia.** Coniaciano a Santoniano de Austria; Campaniano Superior a Maastrichtiano de los Emiratos Árabes Unidos.

**Comentarios.** La asignación taxonómica del ejemplar permitió definirlo como *Columactinastraea formosa* (Goldfuss, 1829); el número de septos y las dimensiones de los mismos que se presentan en la Tabla 2 se encuentran dentro de los valores para el holotipo de *C. formosa* (Universität Bonn, Geologisch-Paläontologisches Institut, Bonn, Alemania

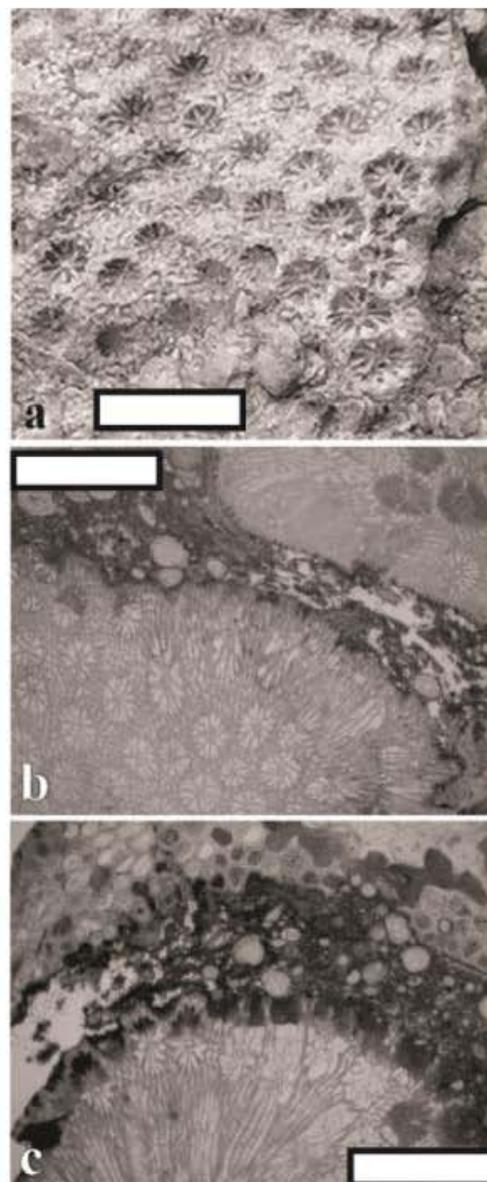
GF295), con material reportado por Löser *et al.* (2019) y Baron-Szabo (2000). Como se mencionó, se trata de la segunda especie de este género para la Formación Ocozocoautla, sin embargo *C. hilli* presenta una distintiva simetría hexarradial que no comparte con *C. formosa*. *Columactinastraea reticulata* (Goldfuss, 1829) es probablemente un sinónimo de *C. formosa*; su localidad tipo y su distribución en el espacio y tiempo son las mismas que la de *C. formosa*.

Las especies *C. germani* y *C. octophylla* presentan también algunas similitudes con el material descrito en este trabajo. En ambos casos, se trata también de taxones con un arreglo octorradial, que cuentan con 16 septos. No obstante, para el caso de *C. germani*, el diámetro mínimo interno del coralito (clmín) oscila entre 0.9 a 1.1 mm, en tanto que los valores para el diámetro interno máximo del coralito (clmáx), van de 1.0 a 1.2 mm. Por su parte, en el caso de *C. octophylla*, los valores para clmín se encuentran entre 1.4 y 1.7 mm, mientras que el rango para clmáx, va de 1.8 a 2.0 mm. El ejemplar identificado en el presente trabajo como *C. formosa* (Goldfuss, 1829) consiste en una colonia de aproximadamente 6.4 x 4 centímetros incrustada en un rudista de la especie *Titanosarcolites giganteus* Whitfield, 1897, y presenta dimensiones de clmín entre 1.1 y 1.2 mm, y de clmáx entre 1.3 y 1.4 mm, lo que la distingue de las dos especies mencionadas al principio de este párrafo. **Alcance estratigráfico.** Coniaciano - Maastrichtiano.

## 5. Discusión

### 5.1. FACIES

Se considera que la Formación Ocozocoautla representa un ambiente de plataforma externa-talud superior bañado por aguas cálidas, como lo indican las asociaciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos (Omaña *et al.*, 2021). Dichas facies, en conjunto con la aceptable preservación del ejemplar, indican probablemente que los fósiles sufrieron un bajo grado de transporte.



**Figura 4** Aspecto de la colonia coralina. a, ejemplar sin cortar, se observa el arreglo de los coralitos, sus septos, sus paredes individuales y el *coenosteum* granulado; b, corte transversal de la colonia en que se puede apreciar la distribución de los coralitos, su diámetro, los septos, vista al microscopio estereoscópico; c, corte oblicuo en que se observan las líneas de crecimiento, vista al microscopio óptico. Escala = 5 mm.

Tabla 2. Medidas de *Columactinastraea formosa*.

	n	mín-máx	$\mu$	s	cv	$\mu \pm s$
clmín	15	1.01-1.38 mm	1.20	0.11	9.2	1.09-1.31
clmáx	15	1.44-1.68 mm	1.57	0.08	5.1	1.49-1.65
Septos	16					

### 5.2. LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

La colonia coralina se encontró en sedimentos maastrichtianos, lo que concuerda con el rango estratigráfico asignado para la especie en los afloramientos reportados para los Emiratos Árabes Unidos (Baron-Szabo, 2000). El resto de los registros se asignan al Coniaciano y Santoniano (Löser *et al.*, 2019). Por otra parte, la asignación estratigráfica de la Formación Ocozocoautla al Maastrichtiano inferior se ha verificado ampliamente por la presencia de la Zona de *Gansserina gansseri* (Foraminifera), que permitió corregir su previa asignación al Campaniano (Omaña *et al.*, 2021).

### 5.3. PALEOGEOGRAFÍA

*Columactinastraea formosa* muestra una presencia continua en el Cretácico Superior en facies epeíricas que se encontraban en el límite sudoriental de la cuenca del Tetis. Los registros se encuentran en zonas costeras en los bordes de la cuenca (Figura 6).

Las especies del género *Columactinastraea* han sido descritas para facies poco profundas (Baron-Szabo, 2000; Leloux, 2003; Löser, 2012; Löser *et al.*, 2019). Por esta razón, es posible que, en el caso de *C. formosa*, se haya tratado de una especie zooxantelada. Dadas las características biológicas de los escleractinios zooxantelados, como lo son su forma de vida sésil, sus requerimientos de aguas oligotróficas, cálidas y someras, su reproducción asexual y la limitada motilidad de sus larvas, es relevante observar cómo los registros indican una dispersión de la especie desde su posible zona de origen durante el Coniaciano en lo que hoy es Austria, hacia el Oeste hasta lo que hoy son rocas maastrichtianas de México (Figura 6). Así,

la presencia de *C. formosa* en estratos maastrichtianos podría indicar un evento homotaxial, (*sensu* Esquivel-Macias *et al.*, 2017) relacionado con una dispersión diferencial desde el Coniaciano en el Reino Central del Tetis; primero hacia el margen septentrional de la cuenca durante el Campaniano y posteriormente hacia el límite occidental durante el Maastrichtiano, atendiendo a las paleocorrientes marinas (Figura 6).

El descenso gradual del nivel del mar que se ha registrado para épocas posteriores al Cenomaniano superior (e.g. Haq, 2014) dificulta observar la distribución de los corales en la parte alta del Cretácico Superior. Las rocas que se sedimentan durante una fase regresiva tienen más probabilidades de ser erosionadas posteriormente, durante una fase transgresiva. Las faunas marinas tienen más probabilidad de ser conservadas si se depositan durante una fase de incremento del nivel del

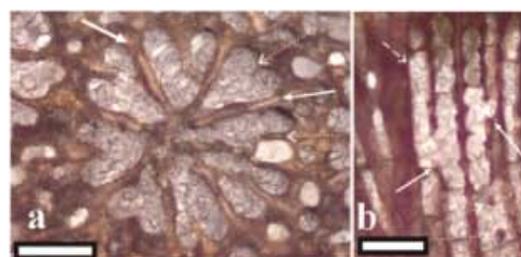
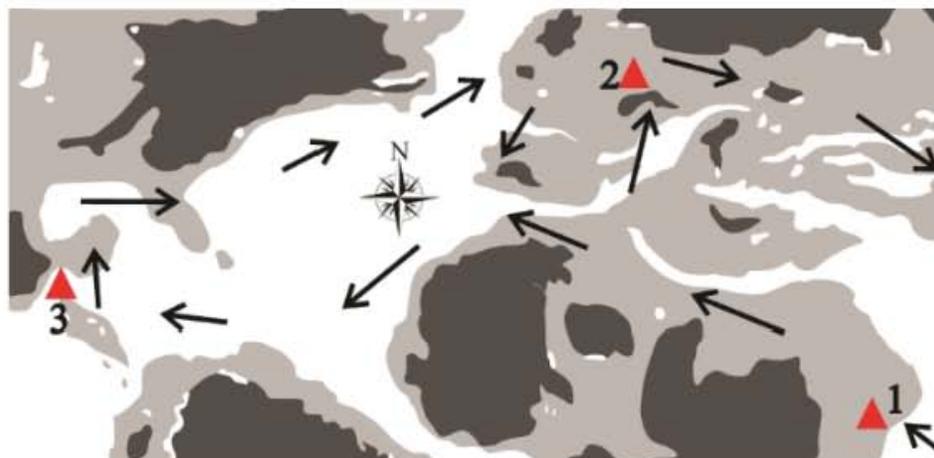


Figura 5. Lámina delgada en que puede verse el arreglo octorradial. a Se indican dos de los septos primarios del coralito (flechas continuas), se observa además que los septos secundarios no llegan a fusionarse con los primarios (como en flechas punteadas); b corte longitudinal en que se aprecia la pared (flecha discontinua), endoteca (flechas continuas), detalle de las espinas en el margen interior del septo (flechas punteadas). Escala = 500  $\mu$ m.



**Figura 6** Mapa en que se muestran la distribución de los registros (▲) para *C. formosa*. Se observan de Este a Oeste: 1) la zona actual de los Emiratos Árabes Unidos (Baron-Szabo, 2000), 2) Austria (Löser *et al.*, 2019), y 3) México. Las zonas en color gris claro corresponden a plataformas continentales someras y las flechas representan las corrientes durante el Maastrichtiano tardío. Modificado de Scotese (2021).

mar. Así, mientras los depósitos del Hauteriviano hasta el Santoniano de aguas someras son muy abundantes a nivel global, las rocas sedimentarias del Berriasiano, Valanginiano, Campaniano y Maastrichtiano son menos abundantes y limitan el estudio de estas faunas. Asimismo, muchas descripciones de corales carecen de estudios detallados y no se utilizan láminas delgadas ni morfometría en ellas, lo que impide efectuar comparaciones entre las diferentes faunas. Adicionalmente, la disminución gradual del nivel del mar durante el Cenomaniano superior impide una observación clara de la distribución geográfica de los corales hacia el final del Cretácico.

## 6. Conclusión

*Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 es una especie cuyo alcance estratigráfico se extiende desde el Coniaciano hasta el Maastrichtiano. El presente trabajo constituye el primer registro para esta especie hacia la parte más occidental del Tetis, ampliando su distribución paleogeográfica. La conservación del ejemplar permitió efectuar

las mediciones correspondientes para su correcta identificación taxonómica. No obstante, es necesario efectuar más estudios de campo, con el objeto de afinar los datos sobre su posible origen y distribución.

## Contribuciones de los autores

*Rita G. León-Olvera*: Redacción y edición del manuscrito original, metodología, descripción paleontológica, diseño gráfico. *Hannes Löser*: Descripción paleontológica, metodología, redacción y edición del manuscrito original. *Francisco Sánchez-Beristain*: Financiamiento, redacción y edición del manuscrito original, metodología, diseño gráfico. *Pedro García-Barrera*: Financiamiento, redacción y edición del manuscrito original, recolecta de material, metodología.

## Financiamiento

El presente trabajo fue posible gracias al financiamiento por parte del proyecto PAPIIT IN-118420 (DGAPA-UNAM; responsable: FSB).

## Agradecimientos

Se extiende un agradecimiento al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología (UNAM); asimismo, al proyecto de investigación PAPIIT IN-118420 (DGAPA-UNAM; responsable: FSB, (fecha de inicio: 2020), por la financiación del presente trabajo. Por otra parte, se agradece a los integrantes del Jurado del Examen de Grado de la primera autora (Dr. Francisco Javier Vega-Vera, Instituto de Geología, UNAM; Dr. Josep Anton Moreno-Bedmar, Instituto de Geología, UNAM y Dr. Gerardo Rivas-Lechuga (Facultad de Ciencias, UNAM), así como también al Dr. Miguel Ángel Torres-Martínez (Instituto de Geología, UNAM) por su disposición a colaborar como miembro del Comité Tutor. De igual manera, se agradece al Dr. Rafael Villanueva-Olea (Facultad de Ciencias, UNAM) por el apoyo técnico para la elaboración de secciones pulidas y láminas delgadas a partir de la muestra 04/127 y por la toma de fotografías a partir de dicho material. Asimismo, agradecemos a los doctores Ricardo Garberoglio (Argentina), Jacob Leloux (Países Bajos) y Andreas May (Alemania) por sus atinados comentarios y sugerencias, los cuales contribuyeron a mejorar el presente manuscrito de manera sustancial, así como también al Dr. Francisco J. Vega-Vera (Instituto de Geología, UNAM) por su apoyo durante el proceso de edición del mismo; a la Pas. de Lic. en Ciencias de la Tierra Mariana Ramírez-Pelcastre, por la toma de las fotografías empleadas en la figura 4, y al M. en C. Edwin Aldrin Juárez-Aguilar, por el apoyo en la realización de las figuras 2 y 6.

## Conflicto de intereses

No existen conflictos de interés con otros autores, instituciones o terceros sobre el contenido del presente manuscrito.

## Referencias

- Alloiteau, J., 1952, Madréporaires post-paléozoïques, en Piveteau, J. (ed.), *Traité de Paléontologie(I)*: Paris, Masson et Cie, 539–684.
- Barbeitos, M., 2011, Molecules, morphology, fossils and the origination and extinction dynamics of scleractinian corals: *The Palaeontological Society Papers* 17, 61–77. <http://dx.doi.org/10.1017/S1089332600002448>
- Baron-Szabo, R.C., 2000, Late Campanian-Maastrichtian corals from the United Arab Emirates-Oman border region: *Bulletin of the Natural History Museum London (Geology)*, 56 (2), 91–131.
- Baron-Szabo, R.C., González-León, C.M., 1999, Lower Cretaceous corals and stratigraphy of the Bisbee Group (Cerro de Oro and Lampazos areas), Sonora, Mexico: *Cretaceous Research* 20, 465–497. <http://dx.doi.org/10.1006/crel.1999.0159>
- Esquivel-Macias, C., León-Olvera, R.G., Flores-Castro, K., 2017, Paleoenvironment and biostratigraphy of the Upper Sinemurian (Lower Jurassic) of the Huayacocotla Formation in East-Central Mexico: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 69 (3), 739–770. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2017v69n3a12>
- Felix, J., 1903, Studien über die korallenführenden Schichten der oberen Kreideformation in den Alpen und den Mediterrangebieten. (I) Die Anthozoen der Gosauschichten in den Ostalpen: *Palaontographica* 49, (4-5), 169–359.
- García-Barrera, P., Avendaño-Gil, J., Omaña, L., Alencáster, G., 1998, *Antillocaprina trilobata* nov. sp. and Upper Cretaceous associated fauna from Chiapas, Southeast Mexico: *Geobios* 31 (1), 125–135. [http://dx.doi.org/10.1016/S0016-6995\(98\)80071-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-6995(98)80071-5)
- Goldfuss, A., 1829, *Petrefacta Germaniae* (1,2): Düsseldorf, Arnz. 250 p.
- Haq, B.U., 2014, Cretaceous eustacy revisited: Global and planetary change, 113, 44–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.12.007>

- Leloux, J., 2003, *Columactinastraea anthonii* sp. nov. (Scleractinia, Astrocoeniina), a new coral species from the Maastrichtian (Upper Cretaceous) of The Netherlands: *Scripta Geologica* 126, 185–201.
- Löser, H., 1994, The Mesozoic corals. Bibliography 1758-1993: *Coral Research Bulletin* 1, 99p. Recuperado de: <https://www.cp-v.de/crb/crb1u.htm> (18 de mayo de 2023).
- Löser, H., 2012, Corals from the Maastrichtian Ocozocoautla Formation (Chiapas, Mexico) a closer look: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 29 (4), 534–550.
- Löser, H., 2013, The Cretaceous corals from the Bisbee Group (Sonora; Late Barremian–Early Albian): genus *Stelidioseris* (Actinastraeidae): *Paleontología Mexicana* 63, 79–89.
- Löser, H., 2016, Systematic part: Catalogue of Cretaceous Corals, 4: Dresden, CPress Verlag, 1–710.
- Löser, H., Heinrich, M., Schuster, U., 2019, Corals from Rußbach and Gosau (Coniacian–Santonian; Austria) English abridged version: Dresden, CPress Verlag, 367 p.
- Omaña, L., 2006, Late Cretaceous (Maastrichtian) foraminiferal assemblage from the inoceramid beds, Ocozocoautla Formation, central Chiapas, SE Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23, (2), 125–132.
- Omaña, L., Pons, J.M., 2003, Occurrence of *Ayalaina rutteni* (Palmer) in the Maastrichtian platform deposits, en Soto, L.A. (ed.), Agustín Ayala-Castañares: universitario, impulsor de la investigación científica: Ciudad de México, UNAM, Instituto de Ciencias de Mar y Limnología, 273–281.
- Omaña, L., Pons, J.M., Cruz, R., 2021, Biostratigraphy and paleoenvironment of Maastrichtian foraminiferal assemblages from a succession located NW of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (SE Mexico): *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 38, (1), 65–81. <http://dx.doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2021.1.1598>
- Oviedo-García, A., 2006, Rudistas del cretácico superior del centro al sureste de México: recuento sistemático de rudistas americanos: Bellaterra, España, Universitat Autònoma de Barcelona, tesis doctoral, 123 p.
- PEMEX, 1988, Estratigrafía de la República Mexicana, Mesozoico: México, Coordinación Ejecutiva de Exploración. Recuperado de: <https://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Ocozocoautla.pdf> (2 de mayo de 2023).
- Pons, J.M., Vicens, E., Martínez, R., García-Barrera, P., Nieto, I.E., Oviedo, A., Avendaño-Gil, M.J., 2016, The Campanian–Maastrichtian rudist bivalves succession in the Chiapas Central Depression, Mexico: *Cretaceous Research* 60, 210–220. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cretres.2015.11.015>
- Pons, J.M., García-Barrera, P., Oviedo, A., Vicens, E., 2021, Mexican Upper Cretaceous rudists (Hippuritida, Bivalvia): Taxonomic, stratigraphic, and geologic data: *Journal of South American Earth Sciences*, 109, 103237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103237>
- Prever, P.L., 1909, Anthozoa, en Parona, C.F. (ed.), La fauna coralligena del Cretaceo dei Monti d'Ocre nell'Abbruzzo Aquilano: *Memorie descrittive della carta geologica d'Italia* 5(1), 51–147.
- Scotese, C.R., 2021, An Atlas of Paleogeographic Maps: The Seas Come In and the Seas Go Out: *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences* 49, 669–718. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-earth-081320-064052>
- Steuber, T., Löser, H., Mutterlose, J., Parente, M., 2023, Biogeodynamics of Cretaceous marine carbonate production: *Earth-Science Reviews*, 104341. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carsci.2023.104341>
- Stanley, G., 2003, The evolution of modern corals and their early history: *Earth-Science Reviews*, 60, (3–4), 195–225. [http://dx.doi.org/10.1016/S0012-8252\(02\)00104-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0012-8252(02)00104-6).
- Vega, F.J., Feldmann, R.M., García-Barrera, P., Filkorn, H., Pimentel, E., Avendaño, J.,

- 2001, Maastrichtian Crustacea (Brachyura: Decapoda) from the Ocozocautla Formation in Chiapas, Southeast Mexico: *Journal of Paleontology* 75, (2), 319–329. [http://dx.doi.org/10.1666/0022-3360\(2001\)0752.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1666/0022-3360(2001)0752.0.CO;2)
- Vega, E.J., Charbonnier, S., Gómez-Pérez, L.E., Coutiño, M., Carbot-Chanona, G., de Araujo-Távora, V., Serrano-Sánchez, M.L., Teótori, D., Hernández-Monzón, O., 2018, Review and addition to the Maastrichtian (Late Cretaceous) crustacea from Chiapas, Mexico: *Journal of South American Earth Sciences* 85, 325–344. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.05.017>
- Wells, J.W., 1934, Some fossil corals from West Indies: *Proceedings of the United States National Museum* 83, 71–110. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.83-2975.71>
- Whitfield, R.P., 1897, Description of species of Rudistae from the Cretaceous rocks of Jamaica collected and presented by Mr. F.C. Nicholas: *Bulletin of the American Museum of Natural History* 9, 185–196.

## GEOLOGÍA

Los ejemplares de rudistas incluidos en este trabajo provienen de la Formación Cárdenas en San Luis Potosí y de la Formación Ocozocoautla, localizada en Chiapas (Fig. 2).

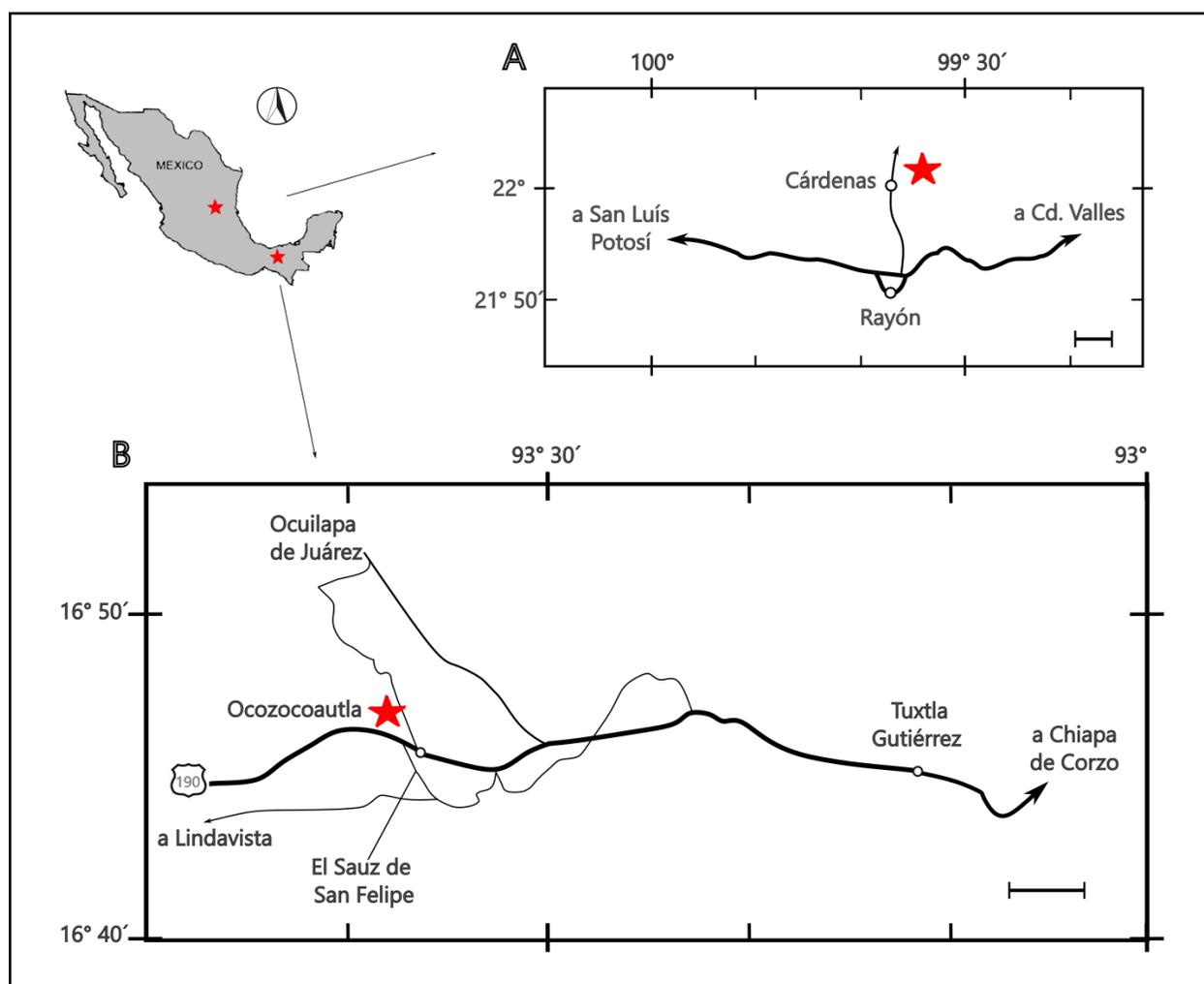


Figura 2. Localización de los afloramientos (estrellas): (A) Cárdenas, San Luís Potosí, y (B) Ocozocoautla, Chiapas. Las barras de escala representan 5 Km. (Modificado de Oviedo García, 2006).

### **Formación Cárdenas, San Luís Potosí**

Oviedo García (2006) describe esta formación como una alternancia de materiales siliciclásticos finos y capas de calizas con una potencia estimada de 1,800 m que se encuentran cubiertos discordantemente por la Formación Tabaco.

Con respecto a su contenido fósil, se encuentran rudistas, bivalvos, gasterópodos, corales, equinoideos, serpúlidos y braquiópodos (Myers, 1968) además de fósiles de importancia bioestratigráfica como amonites, cangrejos y foraminíferos (Vega *et al.*, 1995; Ifrim *et al.*, 2005; Omaña *et al.*, 2016) y su posición estratigráfica, se le considera de edad campaniano- maastrichtiana (Fig. 3).

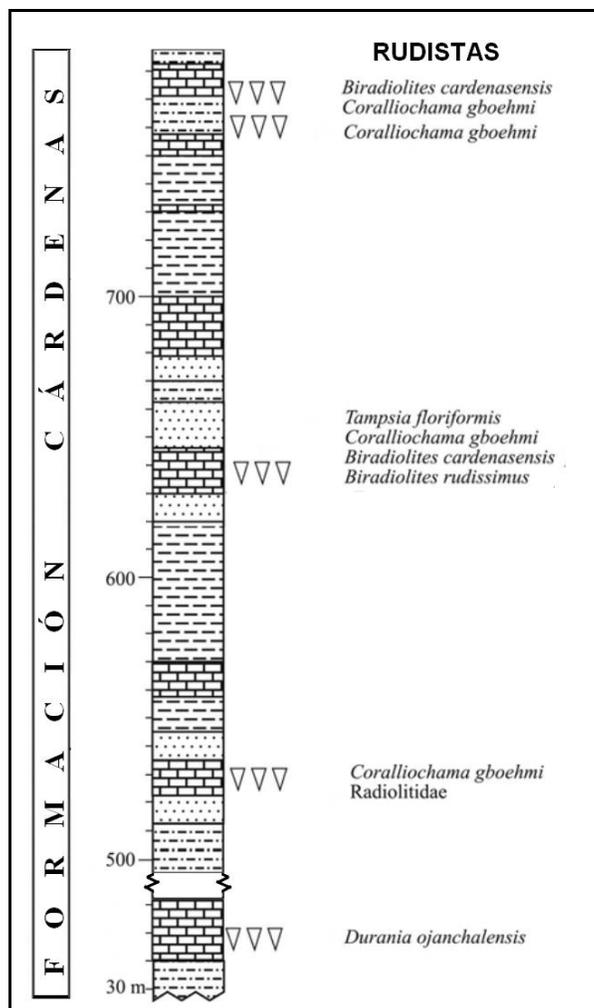


Figura 3. Columna litológica simplificada de la Formación Cárdenas donde se muestra la ubicación estratigráfica de los rudistas (Modificado de Omaña *et al.*, 2013).

### Formación Ocozocoautla, Chiapas

Localizada al noroeste del poblado homónimo, con un espesor promedio de 800 m, se trata de un estrato conglomerático con una base de areniscas de grano fino, arcillosas; sobre el conglomerado hay capas menos duras que alternan con calizas (Petróleos Mexicanos, 1988). Se asigna al Maastrichtiano con base en su contenido fósil de

foraminíferos (Omaña *et al.*, 2021), confirmado también con las especies índice de crustáceos estudiados por Vega *et al.* (2001) (Fig. 4).

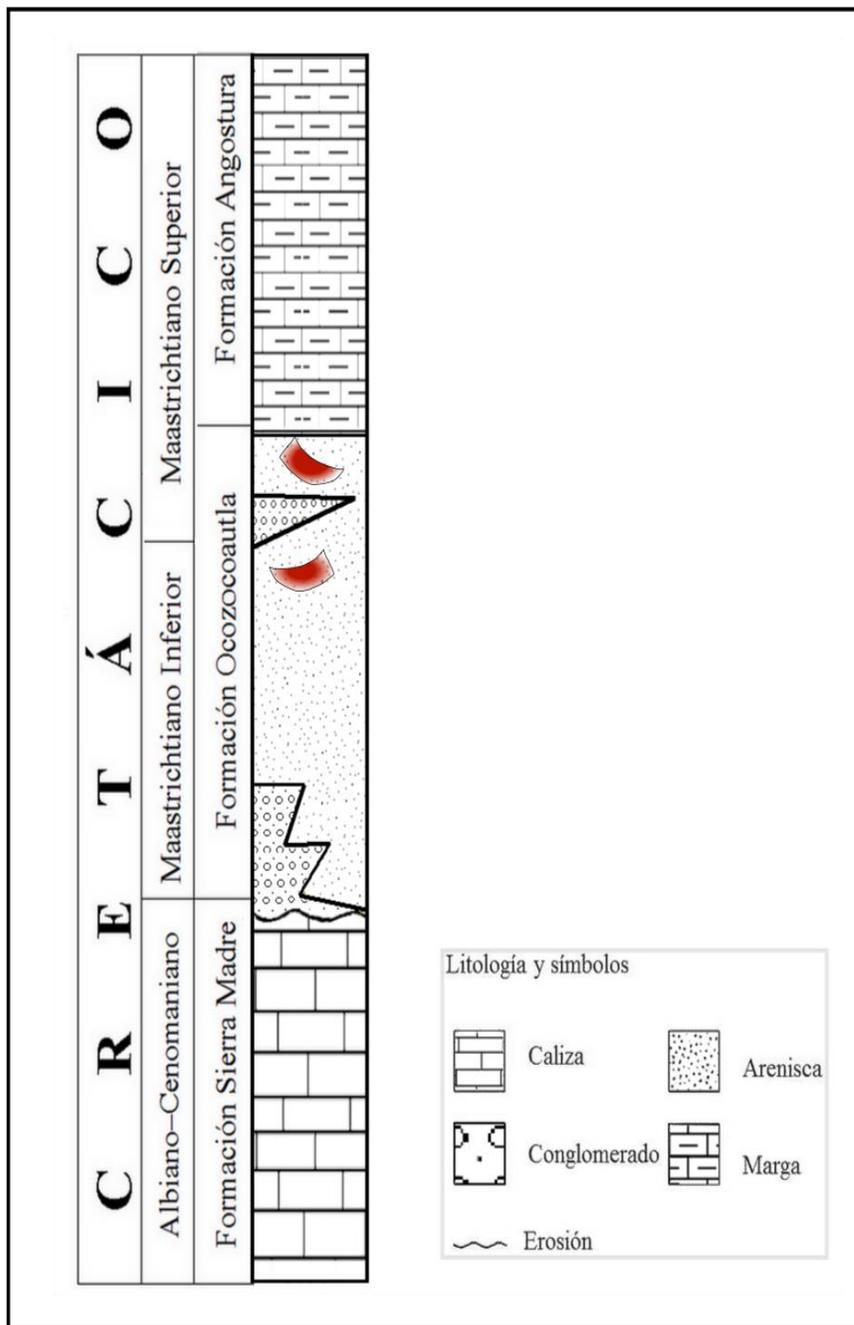


Figura 4. Columna litológica simplificada de la Formación Ocozocoautla donde se muestra la ubicación estratigráfica de los rudistas (Modificada de Pons *et al.*, 2016).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuó una revisión de las colecciones de rudistas de referencia del Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias (UNAM), con el fin de seleccionar las muestras. La selección se llevó a cabo con base en la presencia de epibiontes.

Se tomaron fotografías de los rudistas seleccionados. Posteriormente se marcó el sitio que presentaba organismos y se procesaron en el Taller de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias (UNAM), mediante una cortadora Lapro Buehler® con disco de diamante. Cuando fue necesario quitarles el exceso de sedimento se sometieron a un baño ultrasónico por hasta 20 segundos.

Los cortes se examinaron al microscopio estereoscópico con el fin de ubicar a los encostrantes, identificarlos taxonómicamente y elaborar un listado de los mismos. Se fotografiaron al microscopio estereoscópico con ayuda del sistema de cámaras de un teléfono móvil iPhone 13Pro (Apple®).

Se determinaron los rasgos taxonómicos de dichos encostrantes, así como la especie de rudista que están colonizando. Se clasificaron en 5 grupos: E, esponja; C, coral; B, briozoario; G, gasterópodo; S, serpúlido.

En el caso del coral, los cortes se pulieron con una escala de abrasivos (120, 240, 400, 600 y 1000), se adhirieron con Ultra Cure 701® de baja viscosidad a un portaobjetos y se desbastaron con una Petro-Thin Buehler®.

Las láminas delgadas (con un espesor de 50-60  $\mu\text{m}$ ) se cortaron de forma transversal y longitudinal al ejemplar. Se examinaron las microestructuras al microscopio óptico Leica® DMLSP, con el fin de identificarlo taxonómicamente y determinar la especie.

Para las micrografías con escala se usó una Flexacam® C1 para microscopio óptico y se guardaron en formato jpg.

## RESULTADOS

### Paleontología Sistemática

#### **Phylum Porifera Grant, 1836**

Clase Demospongiae? Sollas, 1885

Descripción: Esponja con la presencia de un ósculo central, que abarca más de un tercio del ancho total de la dimensión del organismo. No se observa la presencia de prosoporos individuales. Al parecer, estos se encuentran fusionados en canales incurrentes de contorno sinusoidal (Fig.5).

Discusión: El ejemplar no parece haber sido comprimido; el detalle de su cuerpo muestra poco o nulo acarreo.

En virtud de que se trata de un ejemplar único y de que se encuentra fuertemente asociado con el ejemplar del **Producto**<sub>1</sub> de este trabajo (el coral *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829), se procesará una vez que el manuscrito sobre *C. formosa* acredite el proceso de revisión.

#### **Phylum Cnidaria Verrill 1865, Hatschek 1888**

Clase Anthozoa Ehrenberg, 1834

Orden Scleractinia Bourne 1900

Descripción.

Ejemplar A. Coral tipo meandroide, pared ausente, septos confluentes, trabéculas largas, costillas visibles, individuos en líneas (Fig.6A).

Ejemplar B. Coral tipo faceloide, pared presente, septos no confluentes, los septos secundarios no están conectados con los primarios, individuos separados, simetría dodecarradial (Fig.6B).

Discusión. Es necesario realizar mediciones de los distintos componentes microscópicos para poder determinar el ejemplar a un nivel taxonómico más fino. Se encontraron ambos corales en el mismo ejemplar de rudista *Plagioptychus* sp..

Superfamilia Actinastreaoidea Alloiteau, 1952

Familia Actinastreidae Alloiteau, 1952

Género *Columactinastraea* Alloiteau, 1952

*Columactinastraea formosa* (Goldfuss, 1829)

Especie tipo *Columactinastraea renensis* Alloiteau, 1952.

Descripción. Colonia plocóide con un *coenosteum* estrecho que consiste en pocas trabéculas aisladas. Coralitos con contorno irregular, circular o poligonal. Septos en simetría hexarradial u octarradial, pero poco regulares. Los septos secundarios pueden

estar conectados con los primarios. Columela estiliforme, pero pequeña. *Pali* en el primer ciclo de septos, frecuentemente poco visibles (Fig.7).

Discusión. Durante la revisión del material fósil se localizó un ejemplar de coral escleractinio creciendo sobre la valva inferior de un rudista (*Titanosarcolites giganteus* Whitfield, 1897). Dado que la Formación Ocozocoautla no presentó abundantes epibiontes, se decidió iniciar con éste la clasificación.

Se hicieron observaciones estándar: el número de septos, forma del cáliz, presencia de *coenosteum* y *pali*. Comparando con los estudios previos sobre corales de la Formación Ocozocoautla (Filkorn *et al.*, 2005; Löser, 2012) sólo se encontró un leve parecido a *Actin helia elegans* (Goldfuss, 1826), pero no coincidían el borde de los cálices, su distribución ni la ornamentación del *coenosteum*. Tras revisar de manera más minuciosa, se identificó el coral como *Columactinastraea formosa* Goldfuss, 1829 y dada su relevancia estratigráfica como primer hallazgo de la especie para el margen occidental del antiguo mar de Tethys, se procedió a preparar la publicación, misma que se encuentra en revisión en el Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.

### **Phylum Bryozoa Ehrenberg, 1831**

Clase Gymnolaemata Allman, 1856

Orden Cheilostomata Busk, 1852

Descripción. Se trata de ejemplares cuyos zooides de distintos tamaños forman colonias incrustantes, tipo radiales y lobuladas, tanto unilaminares como multilaminares (Fig.8 A-J).

Discusión. De acuerdo con Cook *et al.*, (2018) este orden presenta zooides que tienen forma de cesta y con un alto grado de polimorfismo entre ellos, lo que se aprecia en la Fig.8 A-J. Así mismo, se encontró que las colonias incrustantes los Cheilostomata presentan arreglos unilaminares como en A, B, E-H y multilaminares como en C, D, I. Todos los ejemplares se encontraron sobre rudistas provenientes de la Formación Cárdenas, SLP; los briozoarios A y B encostraban a *Huasteca ojanchalensis* (Myers, 1968); C-I a *Praebarretia* sp. Trechmann, 1924, y J a *Praebarretia sparcilirata* (Whitfield, 1897).

De acuerdo con Cook *et al.* (2018) los ejemplares E y G podrían asignarse al género *Monoporella* Hincks, 1881 de la Familia Monoporellidae Hincks, 1882, pues sus zooides son anchos con opérculos pequeños en posición frontal, con gemación distal.

## **Phylum Mollusca Linnaeus, 1758**

### Clase Gastropoda ? Cuvier, 1797

Descripción. Se trata de ejemplares helicoidales, probablemente gasterópodos (Fig.9 A, B, C).

Discusión. Se requiere determinación taxonómica fina. El ejemplar A está muy erosionado y se encontró sobre una concha del rudista *Huasteca ojanchalensis*. Los

ejemplares B y C tienen forma redondeada que probablemente indique que se trata de un opérculo. El ejemplar B también se encontró sobre *Huasteca ojanthalensis*, en tanto que el ejemplar C se encontró sobre *Praebarretia sparcilirata*.

### **Phylum Annelida Lamarck, 1809**

Clase Polychaeta Grube, 1850

Orden Canalipalpata G.W.Rouse & K.Fauchald, 1997

Suborden: Sabellida Johnston, 1865

Familia Serpulidae Rafinesque, 1815

Descripción. Ejemplares pequeños, vermiformes, enroscados (Fig.10 A, B).

Discusión. Se requiere determinación taxonómica fina. El ejemplar A se encontró sobre una concha de *Plagioptychus* sp. Matheron, 1842, mientras que el ejemplar B sobre *Praebarretia* sp.

## Asociaciones

La mayoría de los epibiontes se encontraron en rudistas de la Formación Cárdenas, en tanto que en la Formación Ocozocoautla, sólo se encontraron en un ejemplar. La proporción de conchas en que se encontró algún incrustante fue de 13:1.

En el Cuadro 1 puede observarse que las especies de rudistas que presentaron epibiontes no se encuentran en ambas formaciones. También es evidente que los epibiontes más comunes en la Formación Cárdenas son los briozoarios, con hasta 3 especies distintas en la misma concha. No se registró la presencia de briozoarios en la Formación Ocozocoautla.

FORMACIÓN	ESPECIE	INCRUSTANTES
Cárdenas, S.L.P.	<i>Huasteca ojanthalensis</i>	B G
	<i>Plagioptychus</i> sp.	C S
	<i>Praebarretia</i> sp.	B S
	<i>Praebarretia sparcilirata</i>	B G
Ocozocoautla, Chis.	<i>Titanosarcolites giganteus</i>	C E

Cuadro 1. Se muestran los distintos incrustantes (B, briozoario; C, coral; E, esponja; G, gasterópodo; S, serpúlido) de cada especie de rudista, entre paréntesis se indica el número de ejemplares con epibiontes por especie.

## DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

Como puede observarse en la figura 3, en esta muestra de rudistas con epibiontes de la Formación Cárdenas, no se encontraron las especies que reporta Omaña *et al.*, (2016), lo

que puede indicar que la diversidad de rudistas es mayor que la que se tiene representada con los ejemplares del museo.

No obstante lo anterior, se reconoce que las formaciones Cárdenas y Ocozocoautla representan comunidades biohermales en profundidades someras durante fines del Cretácico, sin embargo son ambientes en donde la fauna y sus asociaciones difieren; no se trata de las mismas especies de rudistas las que presentan epibiontes y lo único que comparten es la presencia de pocos corales. Respecto a los encostrantes como gremio, su presencia puede significar que en la Formación Cárdenas las condiciones les eran más propicias, lo que tal vez guarde alguna relación con que los ejemplares de rudistas eran de tamaño medio (muestras de mano).

Se identificaron epibiontes en muestras de rudistas de ambas localidades. La mayoría de las conchas que presentaron ejemplares del gremio de los encostrantes pertenecían a la Formación Cárdenas.

Los datos obtenidos en este trabajo muestran que probablemente no existe una relación entre los diferentes tipos de epibiontes y los diferentes taxones de rudistas.

Respecto a las asociaciones de ambas localidades, también los epibiontes de la Formación Cárdenas fueron los más numerosos y diversos pues no se encontraron epibiontes más que en un ejemplar de rudista proveniente de la Formación Ocozocoautla.

Los registros de epibiontes de invertebrados fósiles, como los rudistas, representan un importante aporte en los estudios paleoecológicos. México posee una cantidad considerable de yacimientos con arrecifes de rudistas, por lo que la continuidad sobre investigaciones en faunística y paleoecología es necesaria. Con la intención de seguir este proyecto, se plantea afinar la determinación taxonómica de los epibiontes encostrantes, y se propone la revisión de los ejemplares de rudistas depositados en la Colección Nacional de Fósiles del Instituto de Geología de la UNAM.

También se sugiere la elaboración de un posible Producto<sub>2</sub> sobre otro grupo importante de invertebrados incrustantes, los briozoos, por lo que se contempla la elaboración de un segundo artículo sobre las especies epibiontes de Bryozoa en rudistas de la Formación Cárdenas (Maastrichtiano) en San Luís Potosí, México.

## REFERENCIAS

- Alencáster, G. y J. Pantoja Alor. 1986. *Coalcomana ramosa* (Boehm) (Bivalvia-Hippuritacea) del Albiano Temprano del Cerro de Tuxpan, Jalisco. *Bol. Soc. Geol. Mexicana* 47(1): 33-46.  
<http://dx.doi.org/10.18268/BSGM1986v47n1a3>
- Bass, M. 1984. Macroborings and Epizoans on Late Cretaceous Rudists from West Coast Active-Margin Environments. *ABSTRACT. AAPG Bulletin* 68(4): 452-452.

- Cook, P.L., P.E. Bock, P.J. Hayward, D.P. Gordon. 2018. Class Gymnolaemata, order Cheilostomata en: Cook P.L., P.E. Bock, D.P. Gordon, H.J. Weaver (Eds.) Australian Bryozoa Volume 2: Taxonomy of Australian Families. CSIRO Publishing, Melbourne. pp. 61–280.
- Fagerstrom, J. A. 1987. The Evolution of Reef Communities: New York, John Wiley & Sons, 600 pp.
- Filkorn, H.F, J. Avendaño-Gil, M.A. Coutiño-José, F.J. Vega-Vera. 2005. Corals from the Upper Cretaceous (Maastrichtian) Ocozocoautla Formation, Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22(1): 115–128.
- García-Barrera, P. 2006. Rudists of Mexico: Historical aspects and selected areas of research, Capítulo 4 en: Vega, F. J. , T. G. Nyborg, M.D.C. Perrilliat, M. Montellano-Ballesteros, S.R.S. Cevallos-Ferriz, S. A. Quiroz-Barroso (Eds.) Studies on Mexican Paleontology. Topics in Geobiology. Dordrecht, Springer 61-78.  
[https://doi.org/10.1007/1-4020-3985-9\\_4](https://doi.org/10.1007/1-4020-3985-9_4) [Consulta: 10 octubre 2022].
- García Barrera , P., J.F. Sánchez-Beristain, L. Chávez-García. 2017. Arrecifes: condiciones para su desarrollo, su dinámica y su historia a través del tiempo. Capítulo 5 en: Cevallos Ferriz, S.R.S. y A.R. Huerta Vergara (Coord.) Paleobiología: interpretando procesos de la vida pasada Primera parte. UNAM, México. 191-233.
- Gerhard L.G. y R. Burke. 1990. Reefs, Banks and Bioherms: A Genetic and Semantic Continuum. *Kansas Geological Survey Report* 90-11.  
[http://www.kgs.ku.edu/PRS/publication/1990/OFR90\\_11/index.html](http://www.kgs.ku.edu/PRS/publication/1990/OFR90_11/index.html) [Consulta: 6 marzo 2023].

- Gili, E., J.P. Masse, P.W. Skelton. 1995. Rudists as gregarious sediment-dwellers, not reef-builders, on Cretaceous carbonate platforms. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 118: 245-267.
- Goldfuss, G.A. y G. Münster. 1826-1833. *Petrefacta Germaniæ – Abbildungen und Beschreibungen der Petrefacten Deutschlands und der angränzenden Länder. Erster Theil.* (Arnz & Comp.) Düsseldorf: 252 pp.
- Hueter, A., S. Huck, U. Heimhofer, S. Bodin, S. Weyer, K.P. Jochum, Y. Roebbert, A. Immenhauser. 2021. Evaluating the role of coastal hypoxia on the transient expansion of microencruster intervals during the early Aptian. *Lethaia* 54: 399–418.
- Ifrim, C., W. Stinnesbeck, A. Schafhauser. 2005. Maastrichtian shallow-water ammonites of northeastern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22(1): 48-64.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57222106>
- Kakizaki, Y., S.I. Sano, A. Kano. 2011. Autochthonous occurrence of rudist and microencrusters from the Late Jurassic Torinosu-type Limestone in Nakatsugawa in the Shirokawa area, western Shikoku, Southwest Japan. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum* 10:113-120.  
<https://kyushu-u.pure.elsevier.com/en/publications/autochthonous-occurrence-of-rudist-and-microencrusters-from-the-l> [Consulta: 10 octubre 2022].
- Löser, H. 2012. Corals from the Maastrichtian Ocozocoautla Formation (Chiapas, Mexico) a closer look. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 29(4): 534-550.
- Myers, R.L. 1968. Biostratigraphy of the Cárdenas Formation (Upper Cretaceous) San Luis Potosí, México. *Paleontología Mexicana* 24: 8-31.  
<https://acortar.link/6n3TD0> [Consulta: 10 octubre 2022].

- Omaña, L., J.M. Pons, G. Alencáster. 2013. Latest Cretaceous foraminifera from the Cárdenas Formation, San Luis Potosí, Mexico: Biostratigraphical, paleoenvironmental and paleobiogeographical significance. *Micropaleontology* 54: 445-462.
- Omaña, L., J.R. Torres, R. López Doncel, G. Alencáster. 2016. Cenomanian algae and microencrusters from the El Abra Formation, W Valles–San Luis Potosí, Mexico. *Paleontología Mexicana* 5(1): 53-69.
- Omaña, L., J.M. Pons, R. Cruz. 2021. Biostratigraphy and paleoenvironment of Maastrichtian foraminiferal assemblages from a succession located NW of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (SE Mexico). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 38(1): 65-81.
- Oviedo García, A. 2006. Rudistas del Cretácico superior del centro al sureste de México : recuento sistemático de rudistas americanos. *Bellaterra*. Universitat Autònoma de Barcelona, Tesi doctoral - Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Ciències, Departament de Geologia  
<https://ddd.uab.cat/record/36788> [Consulta: 14 octubre 2022].
- Petróleos Mexicanos (PEMEX). 1988. Estratigrafía de la Republica Mexicana: Mesozoico. Coordinación Ejecutiva de Exploración, 228 pp.  
<https://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Ocozocoautla.pdf>
- Phillip, J.M. 2003. Paleoeological and paleobiogeographical significance of the rudist *Macgillavryia chubbii* sp. n. in the Campanian of Oman. *GeoArabia* 8(1): 129–146.  
<https://doi.org/10.2113/geoarabia0801129> [Consulta: 6 marzo 2022].
- Pons, J.M. 2012. Los rudistas, objeto del interés paleontológico de la dra. Alencáster morfología constructiva de la concha de los rudistas. *Paleontología Mexicana* 62: 37-51.

- Pons, J.M., E. Vicens, R. Martínez, P. García-Barrera, I.E. Nieto, A. Oviedo, M.J., Avendaño-Gil. 2016. The Campanian-Maastrichtian rudist bivalves succession in the Chiapas Central Depression, Mexico. *Cretaceous Research* 60: 210-220.
- Sánchez-Beristain, F., P. García-Barrera, L. Calvillo-Canadell. 2016. Mares calcíticos y aragoníticos: efectos en organismos formadores de arrecifes a través del tiempo. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 19(1): 45-53.  
<http://tip.zaragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/107> [Consulta: 10 octubre 2022].
- Sánchez-Beristain, F. y J. Reitner. 2012. Paleoecology of microencrusters and encrusting "coralline" sponges in Cipit boulders from the Cassian Formation (Upper Ladinian–Lower Carnian, Dolomites, Northern Italy). *Paläontologische Zeitschrift* 86: 113–133.
- Sánchez-Beristain, F. y J. Reitner. 2018. Four new fossil associations identified in the Cipit boulders from the St. Cassian Formation (Ladinian–Carnian; Dolomites, NE Italy). *Paläontologische Zeitschrift* 92: 535–556.
- Sánchez-Beristain, F. y J. Reitner. 2019. Numerical analyses of selected microencrusters from the Cipit boulders of the St Cassian Formation (Dolomites, NE Italy): paleoecological implications. *Lethaia* 52: 285–297.
- Sánchez-Beristain, F. y J. Reitner. 2020. From Fossil Associations to Ecological Communities: a case study from the 'Cipit boulders' of the upper Ladinian–lower Carnian St Cassian Formation, Dolomites, NE Italy. *Lethaia* 54(2): 166-184.  
<https://doi.org/10.1111/let.12395> [Consulta: 10 octubre 2022].

- Schlagintweit, F. y H.J. Gawlick. 2008. The occurrence and role of the microencruster frameworks in Late Jurassic to Early Cretaceous platform margin deposits of the Northern Calcareous Alps (Austria). *Facies* 54: 207–231.
- Shiraishi, F. y A. Kano. 2004. Composition and spatial distribution of microencrusters and microbial crusts in upper Jurassic-lowermost Cretaceous reef limestone (Torinosu Limestone, Southwest Japan). *Facies* 50:217–227.
- Steuber, T. 2007. Skeletal growth rates of Upper Cretaceous rudist bivalves: implications for carbonate production and organism-environment feedbacks. *Geological Society, London, Special Publications* 178(1): 21.  
<https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.178.01.03>
- Vega, F.J., R.M. Feldmann, P. García-Barrera, H. Filkorn, F. Pimentel, J. Avendaño. 2001. Maastrichtian Crustaceae (Brachyura: Decapoda) from the Ocozocuatla Formation in Chiapas, Southeast Mexico. *Journal of Paleontology* 75(2): 319-329.
- Vega, F.J., R.M. Feldmann, F. Sour-Tovar. 1995. Fossil Crabs (Crustacea: Decapoda) from the Late Cretaceous Cárdenas Formation, east-central Mexico. *Journal of Paleontology* 69(2): 340–350.

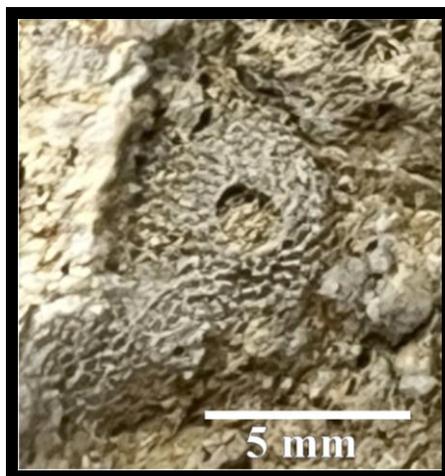
**ANEXO: FIGURAS**

Figura 5. Demospongiae encostrando a *Tiatanosarcolites giganteus*. Localizado en la Formación Ocozocoautla, Chiapas.

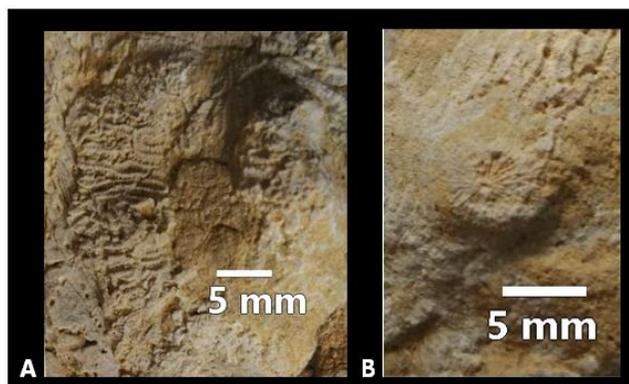


Figura 6. Corales encontrados sobre un rudista *Plagioptychus* sp. de la Formación Cárdenas, San Luís Potosí.

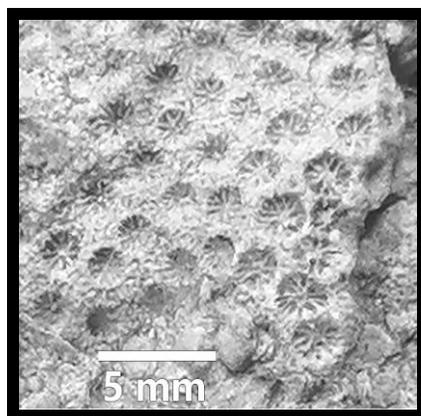


Figura 7. Colonia de *Columactinastraea formosa* hallado sobre *Titanosarcolites giganteus* de la Formación Ocozocoautla, Chiapas.

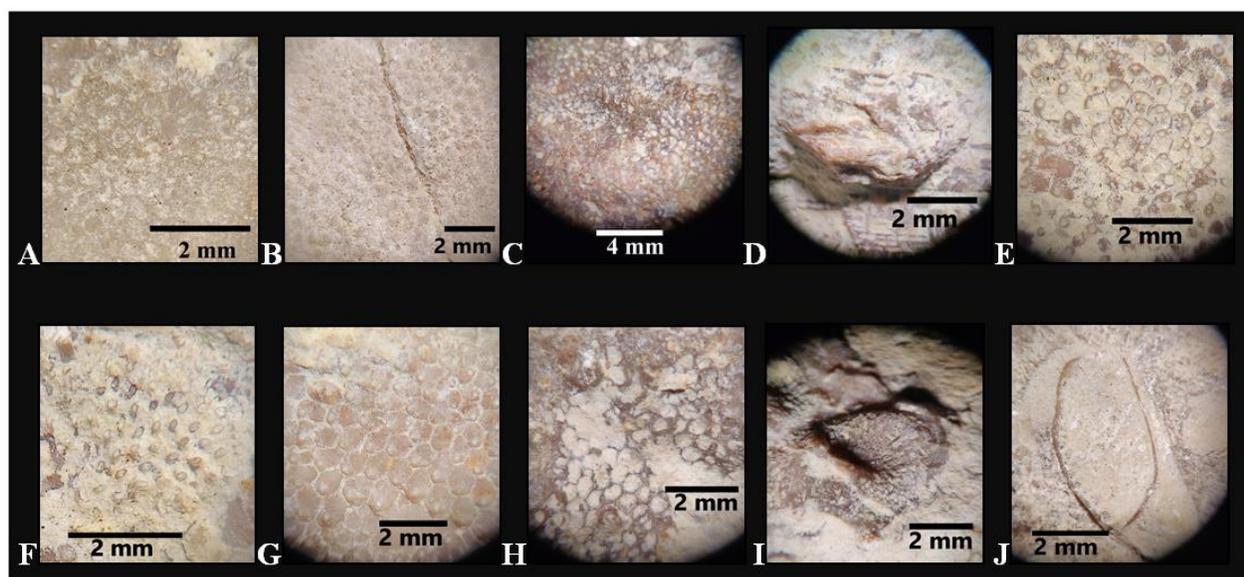


Figura 8. Briozoarios hallados sobre rudistas de la Formación Cárdenas, San Luís Potosí.

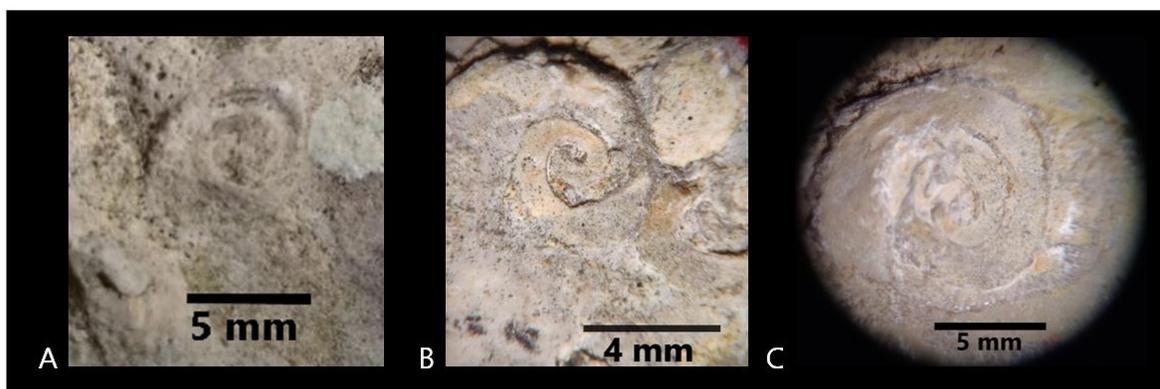


Figura 9. Gasterópodos encontrados en rudistas de la Formación Cárdenas, San Luís Potosí.

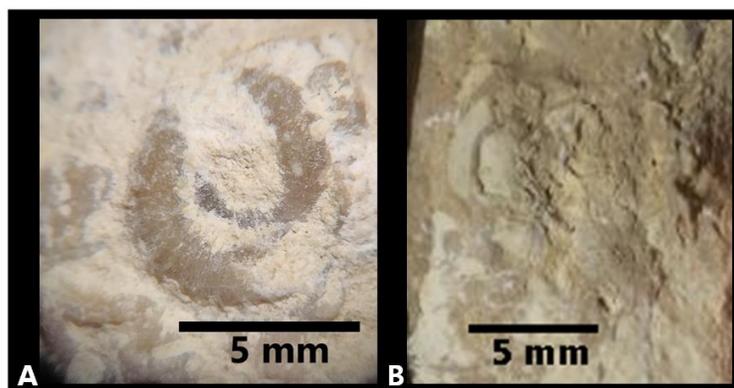


Figura 10. Serpúlidos encostrando a rudistas de la Formación Cárdenas, San Luís Potosí.