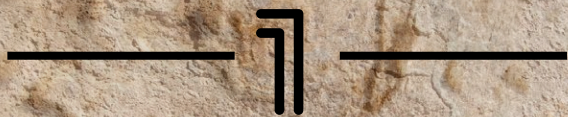


GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO MIXTECA ALTA



**GUÍA DE
INVERTEBRADOS
FÓSILES DEL
GEOSENDERO
YUTOTO**





GUÍA DE INVERTEBRADOS FÓSILES DEL GEOSENDERO YUTOTO

Oaxaca, México, 2025



*Colección Geo-Guías, Senderos del Geoparque Mundial UNESCO
Mixteca Alta*

Tomo 1

Guía de Invertebrados Fósiles del Geosendero Yutoto

Primera edición, Agosto de 2025

D.R. © 2025 Universidad Nacional Autónoma de México



Ciudad Universitaria,
Coyoacán, 04510 México, Cd. Mx.
Instituto de Geografía
www.unam.mx, www.igeograf.unam.mx

Créditos

Autor: José Luis Sánchez Cortez

Colaboradores: Kathleen Vélez Macías, Blanca Buitrón Sánchez,
Yadira Jiménez Hernández, Nabil Rodríguez Blanco

Diseño: Kathleen Vélez Macías

Fotografías: José Luis Sánchez Cortez

DOI: <https://doi.org/10.14350/sc.19>

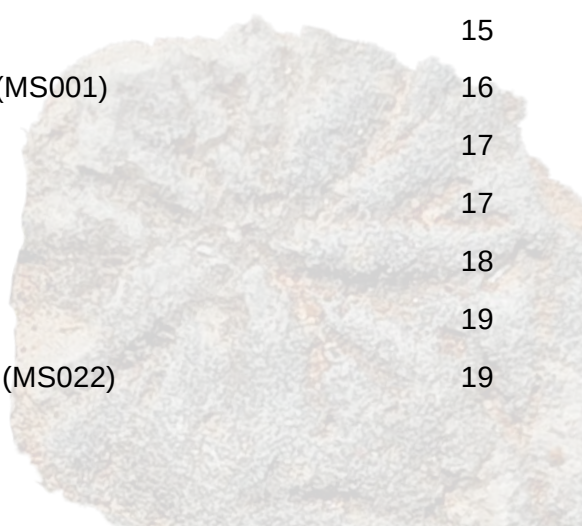
Impreso y hecho en México



GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO MIXTECA ALTA

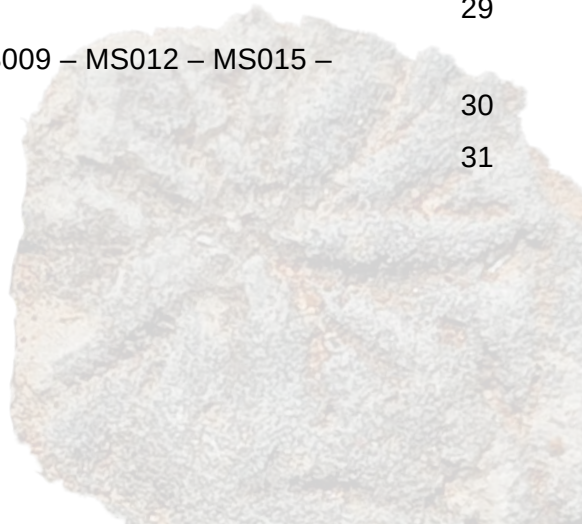
ÍNDICE

Introducción	1
Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta	2
Geopatrimonio del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta	5
¿Qué son los fósiles?	6
¿Cómo se forman los fósiles?	6
¿Cómo se estudian los fósiles?	7
Fósiles del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta	10
Geosendero Yututo	11
Descripción de los fósiles de invertebrados marinos del Cretácico registrados en el Geosendero Yutoto, geositios Yutoto y la Laguna	14
MOLUSCOS (MOLLUSCA)	15
Gasterópodos	15
<i>Peruviella dolium</i> (Roemer) (MS001)	16
<i>Cassiope</i> sp. (MS002)	17
<i>Actaeonella</i> sp. (MS006)	17
<i>Nerinea</i> sp. (MS007)	18
<i>Gymnentome</i> sp. (MS005)	19
Gasterópodo indeterminado (MS022)	19



ÍNDICE

Bivalvos	20
<i>Hippurites</i> sp. (MS003 – MS007 – MS008 – MS017 – MS018 – MS019 – MS020)	21
Hippuritidae <i>Coalcomana ramosa</i> (Boehm) (MS005 – MS006 – MS019)	23
Hippuritidae <i>Coalcomana</i> sp. (MS008)	25
Cefalópodos	25
Coleoidea <i>Belemnitida</i> sp. (MS014)	26
EQUINODERMOS (ECHINODERMATA)	27
Equinoideos	27
Equinoideos indeterminados (MS010 – MS011 – MS016)	27
CNIDARIOS (CNIDARIA)	29
Corales	29
Corales indeterminados (MS009 – MS012 – MS015 – MS021)	30
Referencias Bibliográficas	31



INTRODUCCIÓN

Los Geoparques Mundiales de la UNESCO son paisajes vivos y activos, en los que la ciencia y las comunidades locales interactúan de forma mutuamente beneficiosa, en pro de la conservación de los elementos patrimoniales de un territorio. La educación es el núcleo funcional del concepto de Geoparque Mundial de la UNESCO, en donde la participación de distintos grupos de: comunidades locales, prestadores de servicios, estudiantes e investigadores, colaboran para mostrar la importancia del territorio, y estimular el aprendizaje de la historia del planeta que puede leerse en las rocas, el paisaje y los procesos geológicos en curso.

En este esquema “de abajo hacia arriba”, los grupos locales cumplen un rol protagónico. Los guías comunitarios son los intérpretes de estas dinámicas naturales, y además son el nexo entre sus comunidades, los científicos y los visitantes que disfrutan el entorno.

La presente Guía de Invertebrados Fósiles del Geosendero Yutoto se plantea como un recurso geoeducativo y divulgativo del geopatrimonio presente en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, se enfoca en ofrecer herramientas conceptuales y visuales que permitan a los visitantes identificar los invertebrados fósiles conservados en las rocas sedimentarias marinas del Cretácico expuestas a lo largo del Geosendero Yutoto, trazado dentro del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMUMA). Este es un recurso educativo y didáctico imperecedero que está dirigido a los visitantes de todos los niveles educativos, creado para complementar y enriquecer las explicaciones de los guías locales de este geoparque.

Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta

El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMUMA) está localizado en el noroeste del estado de Oaxaca, sur de México, en la zona de la Mixteca Alta, una de las más importantes regiones culturales de México, cuna de la civilización prehispánica Ñuu Savi, de la cual sus herederos continúan habitando este espacio. El GMUMA posee 415 km² de territorio perteneciente a nueve municipios: Santa María Chachoápam, Santo Domingo Tonaltepec, San Pedro Topiltepec, San Andrés Sinaxtla, San Bartolo Soyaltepec, San Juan Teposcolula, Santiago Tillo, Santo Domingo Yanhuitlán y San Juan Yucuita (Fig. 1).

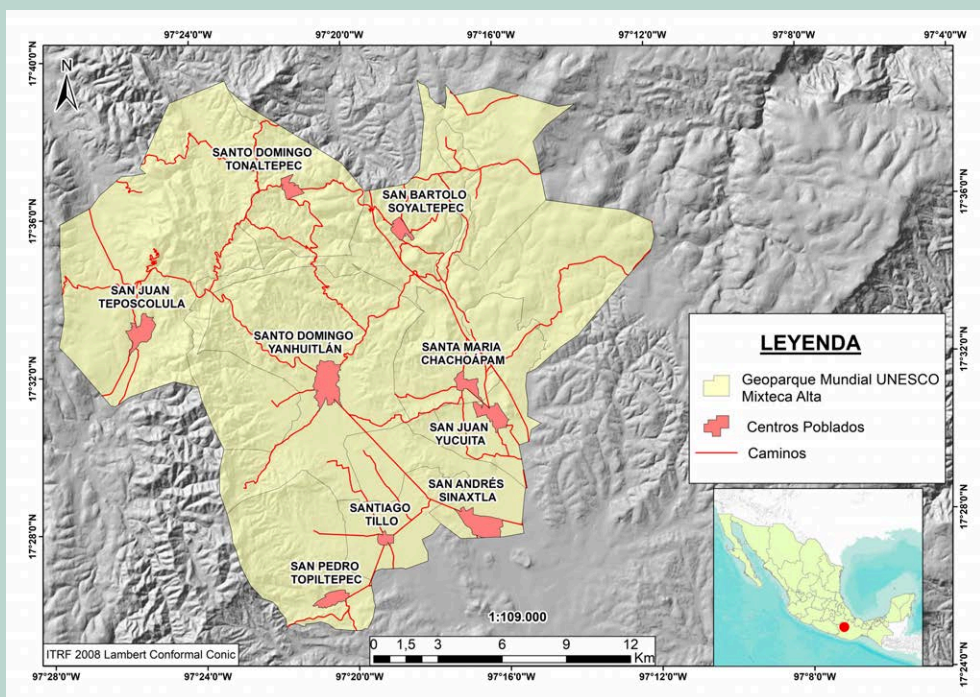


Figura 1. Mapa del Geoparque.

El GMUMA recibió el reconocimiento de la UNESCO el 5 de mayo de 2017, después de media década de trabajo continuo e ininterrumpido. Desde entonces a la fecha, el GMUMA suma ya una docena de senderos, trazados a partir de recorridos realizados por investigadores y pobladores municipales. Estos senderos interconectan un total de 38 geositios. Como una forma de vincular el conocimiento tradicional y las geociencias, guías locales han sido capacitados para que, a futuro ellos atiendan a los visitantes del geoparque.

Desde su creación, el GMUMA se ha basado en seis ejes principales de trabajo: la geoeducación, la geoconservación, el geoturismo, la organización comunitaria, las relaciones y redes con actores externos (los gobiernos federal y estatal, otros geoparques UNESCO, las redes latinoamericana y mundial de geoparques, entre otros) y la investigación científica mediante el vínculo con universidades.

El potencial del geopatrimonio del GMUMA es amplio, considerando la diversidad de procesos sedimentarios, magmáticos, metamórficos y exógenos, representados en la variedad de materiales presentes en este territorio, así como la complejidad de sus paisajes.

Sin duda, los procesos erosivos estelarizan los intereses geológicos y geomorfológicos del GMUMA. Esta erosión ha producido paisajes extraordinarios, pero también ha sido un reto para los humanos que se asentaron en el lugar, reto que fue abordado y solucionado a través de vastas obras de ingeniería, tales como las terrazas agrícolas construidas con fragmentos de roca. Algunas terrazas agrícolas en la región de la Mixteca tienen alrededor de 3500 años de antigüedad y muchas siguen utilizándose por los campesinos de la región.

Muchos millones de años atrás, la actual zona de la mixteca tuvo un pasado geológico muy activo, donde se destaca la formación de cuencas sedimentarias marinas y continentales. La cuenca sedimentaria marina de Tlaxiaco del Cretácico (entre 145 y 66 millones de años), es la precursora de la formación de depósitos de fósiles marinos que observamos y mostraremos en la presente guía; mientras que la cuenca sedimentaria continental de Yanhuitlán, estaba conformada por un lago somero de agua dulce entre el Eoceno (50 y 40 millones de años), en el cual se depositaron grandes paquetes de sedimentos ricos en óxido de

hierro (Fig. 2). La acción de las fuerzas tectónicas pasadas y actuales, permitió que estos sedimentos compactados se elevaran y formaran las colinas y montañas que observamos en la actualidad, sin embargo, la intensa erosión disgrega y destruye estas rocas con el paso del tiempo.

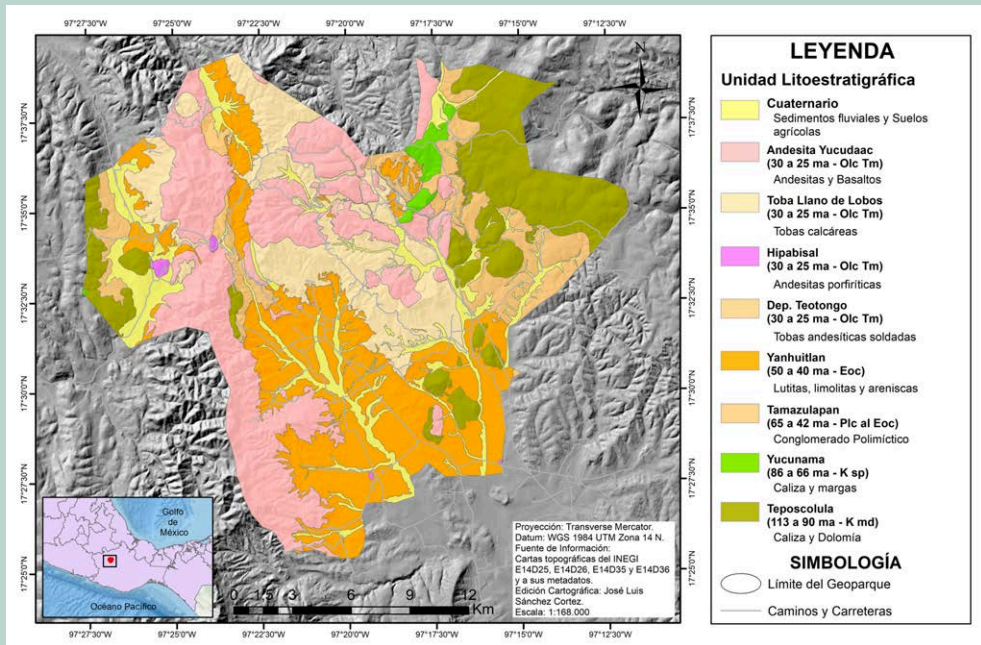


Figura 2. Mapa Geológico del Geoparque.

Junto con los sedimentos también se depositaron organismos contemporáneos o diferentes evidencias de su existencia (icnofósiles), los cuales, con el paso del tiempo se transformaron en fósiles. En el GMUMA existen registros fósiles de organismos marinos, lacustres, icnofósiles y restos de megafauna del Pleistoceno; todos estos elementos conforman la riqueza patrimonial y geodiversidad de este territorio.

GEOPATRIMONIO

del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta

Cada geoparque posee características geológicas únicas que pueden ser tan peculiares e importantes para entender de manera integral el funcionamiento del planeta Tierra. Los geoparques son diferentes y únicos, y el GMUMA posee un geopatrimonio caracterizado por su gran diversidad geológica que influye en sus paisajes, resaltando las extraordinarias formas derivadas de la erosión, el uso de los recursos naturales en la agricultura tradicional, desde hace por lo menos 3500 años. A la Mixteca Alta se le atribuye ser una evidencia actual de un “desastre ecológico”, no obstante, su extraordinaria y compleja geología y su relieve accidentado se conjugan para imprimir al paisaje su espectacular condición, ubicada en una de las zonas con mayor diversidad geológica, biológica y, sobre todo, cultural de México.

Además de los rasgos erosivos, típicos de la Mixteca Alta, el GMUMA tiene otros aspectos del geopatrimonio, por ejemplo la formación de la cuenca sedimentaria Tlaxiaco del Cretácico (entre 145 y 66 millones de años), que dio paso al depósito de sedimentos de las calizas de la Formación Teposcolula del Albiano-Coniaciano, y de la Formación Yucunama del Turoniano-Maastrichtiano, así como los procesos magmáticos de la faja volcánica del Oligoceno tardío (entre 28 y 23 millones de años), que generaron las andesitas de Yucudaac, y gran cantidad de diques magmáticos (rocas de origen magmático que se insertan o cristalizan dentro de otras rocas pre existentes). Otro elemento del geopatrimonio del GMUMA, está dado por la presencia de fósiles e icnofósiles (huellas o evidencias de la presencia de fósiles, tales como pisadas o madrigueras), encontrados en la Formación Yanhuitlán. Hay mucha ocurrencia en los hallazgos de remanentes fósiles de organismos pertenecientes a la megafauna del Pleistoceno, principalmente restos de mamuts, caballos, y gonfoterios. Asimismo, es frecuente la presencia de fósiles de invertebrados.

¿Qué son los FÓSILES?

Los fósiles son restos orgánicos de los seres vivos del pasado, o cualquier evidencia de su actividad; existieron hace miles o millones de años, y aún se mantienen hasta nuestros días debido a que se han conservado de manera natural en las rocas. Los fósiles son objetos que presentan estructuras que nos permiten reconocer cómo eran los seres vivos del pasado, cómo se relacionaban entre sí y con su entorno natural. Al conservar ciertas condiciones y estructuras específicas, los fósiles nos brindan información clave para interpretar tanto las características de los organismos como las condiciones ambientales a lo largo del tiempo. El análisis de estas peculiaridades en organismos afines a través de distintas épocas permite comprender los procesos de evolución y cambio que han dado forma a la vida en la Tierra a lo largo de millones de años, proporcionando así una base fundamental para reconstruir su historia.

Estos restos de organismos tienden a conservarse dentro de las rocas sedimentarias y muestran cómo eran los habitantes de la Tierra hace millones de años, e incluso cuáles eran sus hábitos, gracias a los fósiles en los que se ha dejado grabado los rastros de sus actividades. Por tanto, la pregunta de ¿qué es un fósil? sirve para dar respuesta a ¿de dónde venimos?

¿CÓMO se forman los fósiles?

La fosilización es el paso necesario para que un organismo alcance un estado de fósil, en otras palabras, corresponde al conjunto de procesos que transforman la materia viva en un resto mineralizado.

Al morir, las partes blandas de los seres vivos, son sometidas a un proceso de descomposición relativamente veloz, en cambio las partes duras, como los huesos y conchas, tienen una mayor resistencia a la descomposición, por lo cual desaparecen en un tiempo más prolongado. Si el organismo es enterrado rápidamente luego de su muerte, existe menos oxidación, menor destrucción y descomposición, por lo cual sus partes duras resistirán más tiempo a la degradación.

Con el paso del tiempo, los sedimentos y elementos químicos disueltos en el agua y en el suelo, ingresan en las estructuras duras del organismo, y las reemplazan lentamente, hasta hacerlo en su totalidad, transformándolo en un fósil (Fig. 3).

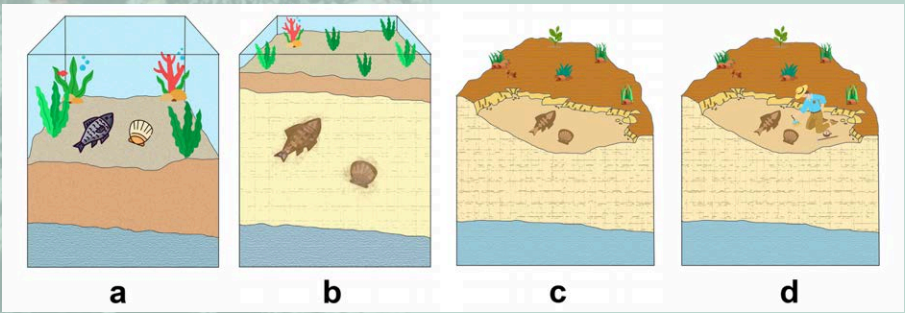


Figura 3. Proceso de fosilización. a) Organismos muertos, cuyos cuerpos sin vida caen al fondo de las cuencas. b) Las partes blandas de los organismos son retiradas por diversos procesos, quedando solamente las partes duras, las cuales pueden ser enterradas y reemplazadas por minerales (fosilización). c) Los restos fosilizados quedan impregnados en las rocas, los cuales afloran gracias a procesos tectónicos y/o erosivos. d) Finalmente los restos fósiles afloran en la superficie y pueden ser encontrados por especialistas o público general.

¿Cómo se ESTUDIAN los fósiles ?

La identificación de los fósiles es una tarea compleja que queda en manos de los paleontólogos. De manera simplificada, se recomiendan las siguientes etapas en una investigación paleontológica:

- Una vez observado el organismo fósil o su huella (icnofósil), es necesario identificar el grupo biológico al que pertenece, a partir de la observación de los rasgos distintivos y características particulares (presencia de espinas, formas, dientes, espirales, suturas, etc.). Este proceso debe respetar la clasificación de los seres vivos, ajustándose a las normas y procedimientos establecidos en las ciencias biológicas para garantizar su correcta aplicación (Fig. 4), y sus respectivos datos filogenéticos y taxonómicos, para identificar posibles coincidencias.
- Compilar, comparar y relacionar el organismo fósil observado con algunos organismos ya reportados, cercanos al área del hallazgo. En este proceso se pueden emplear catálogos o descripciones internacionales de fósiles por grupos, familias y géneros, así como fuentes bibliográficas en la que se describan características del fósil y los rangos estratigráficos (rango del tiempo geológico) en el que vivió o vive el organismo identificado. Para esto último, se requiere revisar la tabla del tiempo geológico (Fig. 5).

- Si el fósil presenta rasgos no reportados y no ha sido identificado previamente, se requiere el trabajo más detallado de un paleontólogo, para elaborar descripciones más profundas e incluso dataciones radiométricas (el uso de métodos y técnicas químicas para saber la edad absoluta de un fósil).
- Finalmente, se recomienda elaborar colecciones y catálogos de los organismos inventariados para realizar las correspondientes interpretaciones y comparaciones a futuro.

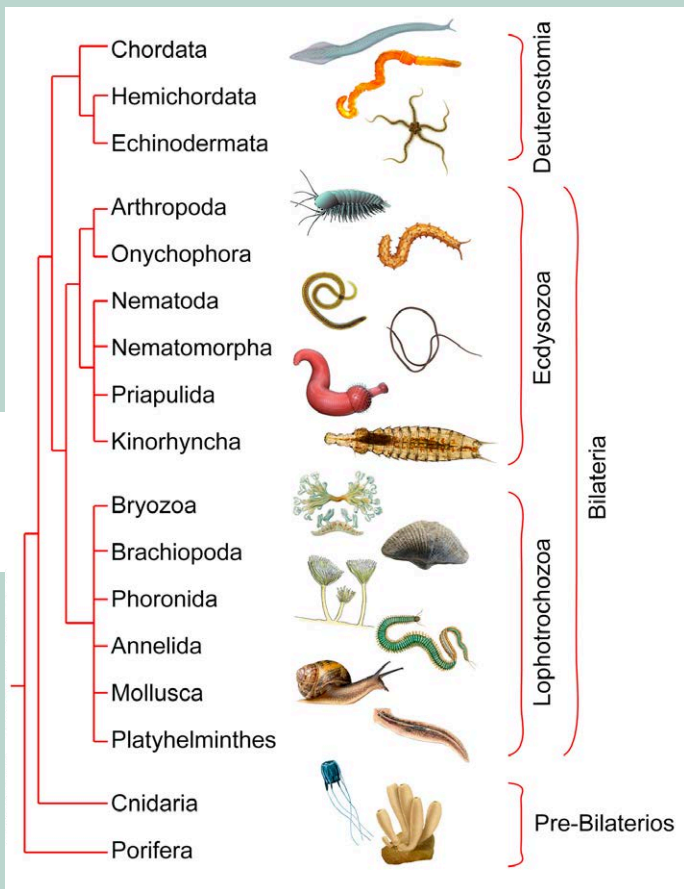


Figura 4. Relación evolutiva de los principales grupos de organismos metazoarios (modificado de Erwin y Davidson, 2002).

FÓSILES del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta

En el Geoparque Mixteca Alta los fósiles que se encuentran de forma mayoritaria corresponden a organismos de invertebrados marinos fosilizados en las calizas de la Formación Teposcolula, cuya edad corresponde entre 113 y 91 millones de años (Albiano-Coniaciano), perteneciente a la cuenca sedimentaria Tlaxiaco del Cretácico (entre 145 y 66 millones de años). Estos fósiles están expuestos en el Geosendero Yutoto. Otros fósiles correspondientes a madrigueras de invertebrados (icnofósiles) se identifican en la Formación Yanhuatlán (entre 50 y 40 millones de años), los cuales pueden ser observados durante el recorrido del Geosendero Las Conchas. Finalmente, en GMUMA hay ocurrencias esporádicas de hallazgos de remanentes fósiles de organismos vertebrados pertenecientes a la megafauna del Pleistoceno (entre 2.5 millones de años y 11800 años), principalmente restos de mamuts, caballos, gonfoterios, entre otros (Fig. 6).

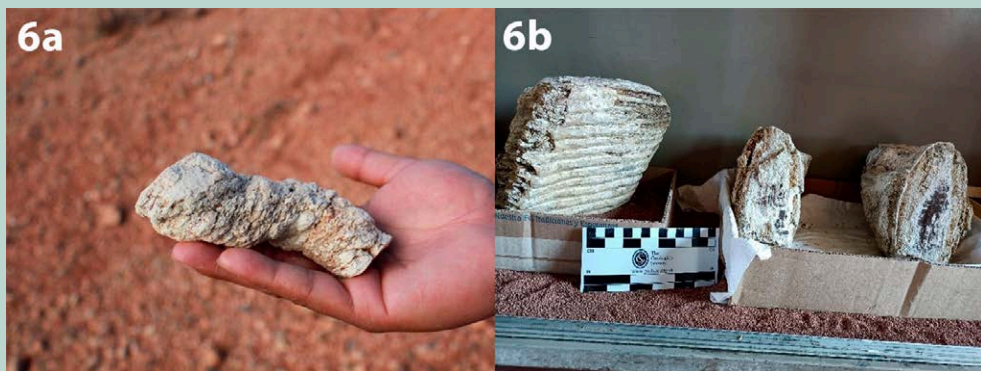


Figura 6. a) Fósiles de madrigueras del Geositio Las Conchas. b) Algunos ejemplares de restos molares de mamuts (megafauna del Pleistoceno).

Geosendero YUTOTO

Corresponde a un recorrido de 12 km de longitud (Fig. 7), constituido por caminos rurales y senderos a pie, desde el Municipio de San Bartolo Soyaltepec. Aquí se pueden explorar las rocas más antiguas presentes en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (Formación Teposcolula), además de los relieves de tipo kárstico, derivados de procesos de disolución de rocas calizas. En este sendero se puede observar restos fósiles de animales invertebrados marinos del Cretácico medio (entre 125 y 90 millones de años), los mismos fósiles descritos en la presente guía.

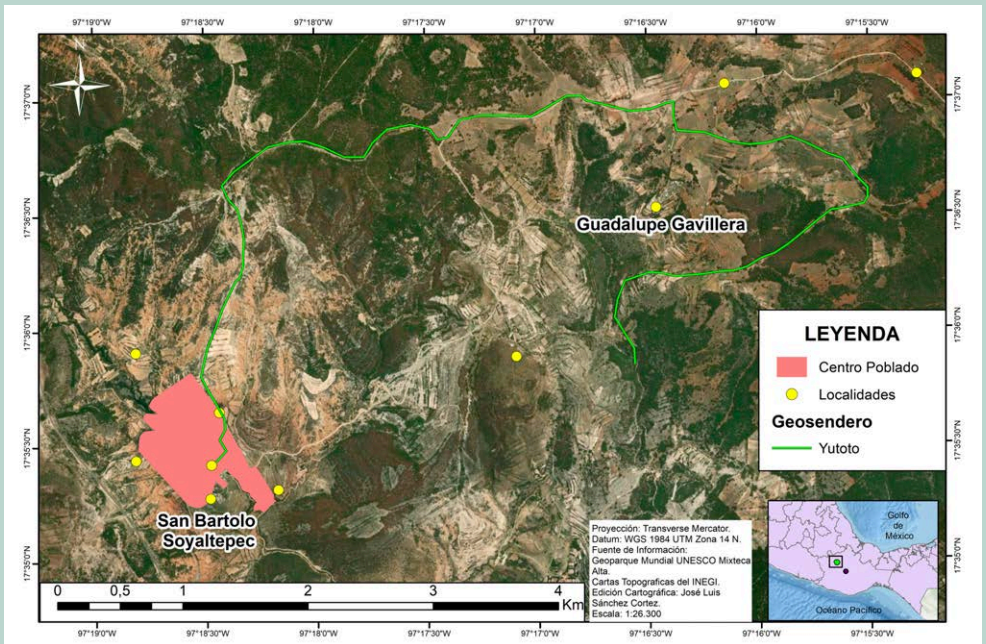


Figura 7. Mapa general del Geosendero Yutoto.

En el sector sureste del Geosendero Yutoto es donde hay mayor presencia de fósiles de invertebrados marinos. Desde la Agencia de San Isidro Tejocotal inicia una sección del geosendero de 4.2 km de longitud, que se conecta con el sector de La Laguna en la Agencia Guadalupe Gavillera; en estos sectores se presenta una alta densidad de fósiles (Fig. 8).

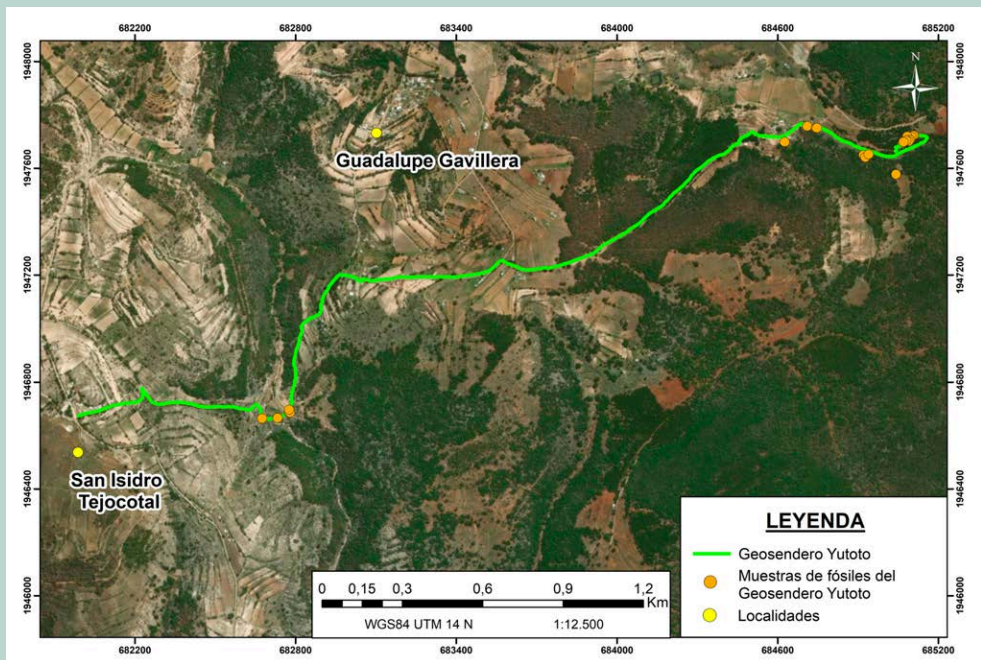


Figura 8. Mapa de ubicación del Geosendero Yutoto en el que se encuentran los fósiles descritos en esta guía, muestras MS001 a la MS022.

Para la elaboración de la Guía de Invertebrados Fósiles del Geosendero Yutoto, se registraron e inventariaron 22 muestras (del MS001 al MS022) distribuidas en los Geositos Yutoto y La Laguna (Fig. 9 y 10).

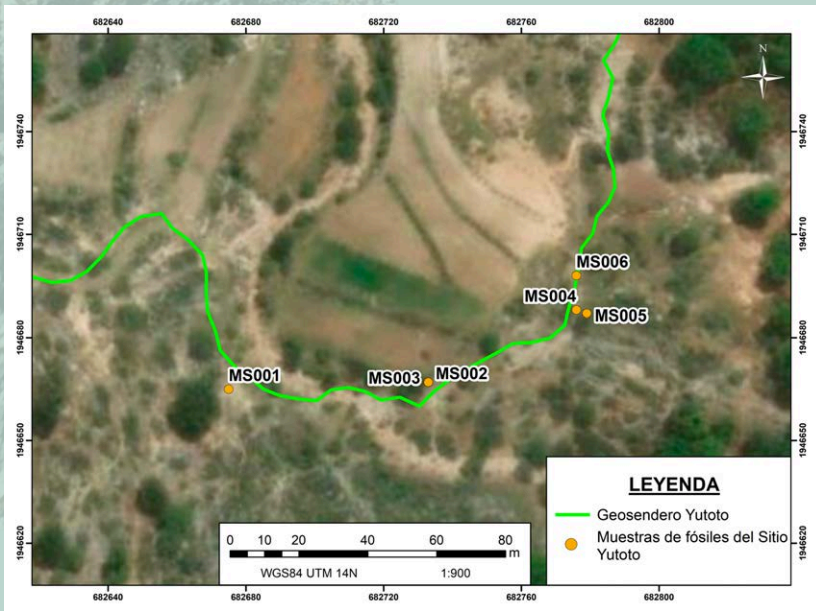


Figura 9. Sección del Mapa del Sendero Yutoto en el geositio Yutoto.

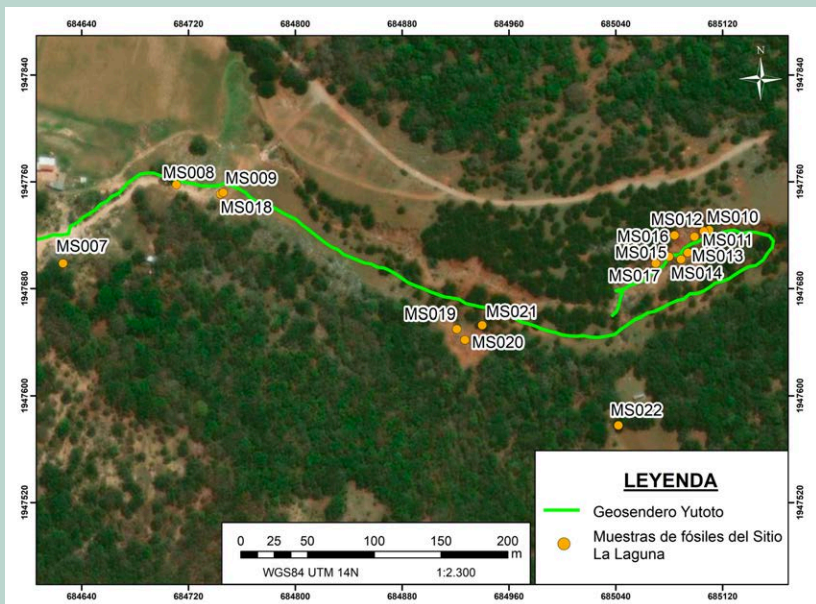
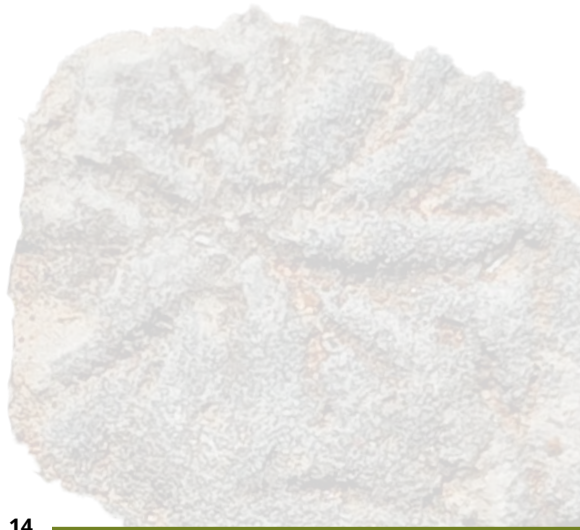


Figura 10. Sección del Mapa del Sendero Yutoto en el geositio La Laguna.

DESCRIPCIÓN DE LOS FÓSILES DE INVERTEBRADOS MARINOS DEL CRETÁCICO REGISTRADOS EN EL GEOSENDERO YUTOTO, GEOSITIOS YUTOTO Y LA LAGUNA

A continuación, se detallan los grupos, clases y familias de organismos invertebrados encontrados en las rocas calizas de la Formación Teposcolula, a lo largo del Geosendero Yutoto, geositios Yutoto y La Laguna. Junto a los organismos descritos, se ha colocado el número de identificación asignado en el inventario (por ejemplo, MS001 corresponde a la muestra 001).



MOLUSCOS (MOLLUSCA)

El origen de los moluscos se remonta a 500 millones de años (Cámbrico) aproximadamente, constituyéndose en un grupo numeroso y muy variado. Los podemos encontrar en ambientes marinos, salobres, de agua dulce, e incluso en ecosistemas terrestres. Se han encontrado moluscos en las costas y litorales, así como en grandes profundidades dentro del mar, y también en el continente a miles de metros sobre el nivel del mar. Estas condiciones particulares de los moluscos lo ubican como un grupo ampliamente distribuido en la Tierra, de hecho, los moluscos son el segundo grupo de invertebrados más numerosos en la actualidad, solo superado por los insectos.

A los seres humanos les resulta familiar la identificación de los moluscos, por ejemplo, las almejas, las ostras, los calamares, caracoles, entre otros. Sus tamaños pueden variar, desde varios milímetros hasta 30 metros de largo (cefalópodos). Los moluscos son organismos cuyo cuerpo blando puede estar protegido por una concha exterior (por ejemplo, los caracoles) o cubriendo la parte dura (por ejemplo, los calamares) (Ture et al., 2005).

Gasterópodos

Representan una clase variada y numerosa dentro de los moluscos (alrededor del 80%), y los encontramos en ambientes acuáticos y terrestres; sin embargo, en los ambientes acuáticos hay mayor diversidad. Es común observarlos en las zonas intermareales, durante las mareas bajas. Estos organismos aparecieron en el Cámbrico (500 millones de años) y aun abundan en diferentes ambientes.

Los gasterópodos presentan un caparazón o concha con forma de tubo enrollado o espiral. Su tamaño puede variar desde milímetros a decenas de centímetros. Estas conchas o esqueletos externos son muy resistentes y suelen fosilizarse con relativa facilidad.

En el continente, los gasterópodos viven en diversos ecosistemas, distribuidos en áreas costeras y montañosas (hasta los 4000 m.s.n.m.), adheridos a las plantas y rocas. Tienen cierta predilección por sitios húmedos, con aguas limpias, transparentes y ricos en calcio, no obstante, también se los encuentra en pantanos, ambientes salobres y estuarinos.

Peruviella dolium (Roemer) (MSO01)

Este fósil se encuentra ampliamente distribuido en el Geosendero Yutoto. Se caracteriza por la forma ovoide y la estructura suavizada de su concha; en su interior es de forma involuta o espiral (Fig. 11). Su abertura suele ser reducida y presenta labios sobresalientes. *Peruviella dolium* tienen una gran presencia y distribución a lo largo del Cretácico (entre 145 y 66 millones de años). En México, este bivalvo es frecuentemente identificado en rocas marinas del Albiano medio (entre 113 y 100 millones de años) (Jiménez Pacheco, 2015).



Figura 11. Ejemplares de *Peruviella dolium* en planos transversales y oblicuos, con un promedio de 4 y 6 cm. Se observa la estructura en espiral de la parte interna de sus conchas.



Cassiope sp. (MS002)

Cassiope es un gasterópodo conico y alargado, con forma de tornillo, rasgo comun de las especies pertenecientes al grupo de las turritelas (Fig. 12). Dentro del Geosendero Yutoto los fósiles de *Cassiope* son los de mayor tamaño. Su cuerpo se denota prominente y tiene suturas acanaladas, y su abertura es ovalada. También pueden presentar un ombligo pequeño. Sus espirales son lisas por lo general. Algunas especies de *Cassiope* han sido ubicadas en edades correspondientes al Albiano (entre 113 y 100 millones de años), y se considera que su depositación sucedió en ambientes con aguas templadas y someras (Buitrón, 1986; Jiménez Pacheco, 2015).

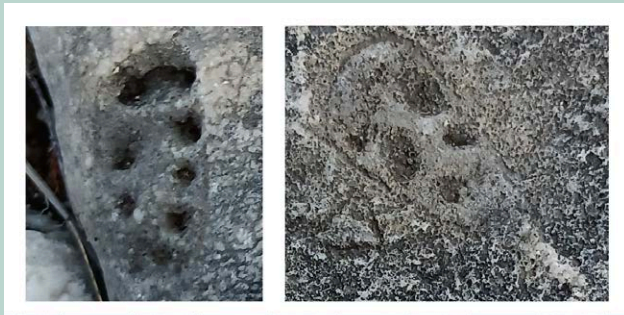


Figura 12. En el Geosendero Yutoto los ejemplares de *Cassiope* sp. se encuentran en plano longitudinal, con cristales de calcita en su interior. Los individuos observados poseen una longitud promedio de 3 y 5 cm. En la gráfica se observa la columna (columnela) y las cavidades internas de la espiral.



Actaeonella sp. (MS006)

En el Geosendero Yutoto, las conchas de *Actaeonella* son parecidas a las de *Peruviella*; sin embargo, las primeras tienen concha subovales, involutas y superficialmente lisas, además de mostrar profundas suturas en su espiral, labios prominentes y una abertura más pequeña (Fig. 13). Tiene una gran distribución espacial, y se han reportado ejemplares en Estados Unidos de América, Perú y Brasil. Su rango de edad corresponde al Cretácico inferior (entre 145 y 100 millones de años) (Cuadros Mendoza y Buitrón Sánchez, 2021).



Figura 13. Fósiles de *Actaeonella* sp. en plano longitudinal oblicuo, con una longitud 6 cm. Se observa el fósil bien cristalizado, con su columnela y cavidades internas.



Nerinea sp. (MS007)

El género *Nerinea* le da nombre a la familia *Nerineidae*, que consiste en gasterópodos con conchas cilíndricas, alargadas y esbeltas. Sus numerosas vueltas son altas y anchas (Fig. 14). Los bordes de cada vuelta suelen ser ligeramente redondeados (sobre todo desde la mitad hacia la abertura), y adornadas con suturas marcadas, y algunos tubérculos. Su abertura se la considera sub cuadrada. Algunas especies de *Nerineas* han sido ubicadas en edades que oscilan entre el Aptiano y el Turoniano (entre 125 y 90 millones de años) (Buitrón, 1986).



Figura 14. Fósil de *Nerinea* sp. de 10 cm de longitud, mostrando un corte longitudinal, gracias al cual se aprecian las cavidades internas de la espiral, así como el grosor de las suturas (estructuras que separan cada una de las espirales).

Gymnentome sp. (MS005)

Este grupo de gasterópodos presentan conchas grandes y de forma cónica, con espiral alta con siete vueltas (la vuelta del cuerpo es mucho más prominente que las demás). Poseen suturas profundas, redondeadas y acanaladas, su abertura es de forma ovalada, y suelen tener ombligos muy pequeños (Fig. 15). Generalmente son de consistencia lisa, sin embargo, también hay ejemplares que pueden tener pequeños cordones dentro de cada vuelta. Son considerados fósiles importantes del Cretácico, y algunos autores los ubican en el Cretácico temprano (entre 145 y 100 millones de años) (Buitrón, 1986).



Figura 15. Corte longitudinal de una concha de *Gymnentome* sp., de 4 a 5 cm de longitud. En la penúltima vuelta se observa una pequeña cavidad recristalizada con calcita. Entre la cuarta y sexta vuelta, se perciben finas suturas profundas.



Gasterópodo indeterminado (MS022)

De manera general, los gasterópodos poseen una pieza única de forma enrollada a manera de espiral, y de forma alargada semejante a un cono (Fig. 16). Esta espiral se enrolla a lo largo de eje central, y deja una abertura, a través del cual el organismo puede desarrollar funciones básicas (alimentación, desplazamiento, respiración, entre otras). En el Geosendero Yutoto los gasterópodos y los bivalvos son los organismos fósiles más abundantes y diversos.



Figura 16. Especie de gasterópodo indeterminado, en el cual se puede apreciar su estructura espiral, a manera de coraza o placas. Este espécimen tiene 3 cm de longitud, muestra siete vueltas.



Bivalvos

Los bivalvos son moluscos típicamente acuáticos, que los podemos encontrar desde las zonas ecuatoriales hasta en los polos, y prevalecen en ambientes marinos con abundante oxigenación, desde las zonas intermareales hasta el fondo oceánico. También pueden adaptarse a condiciones de aguas dulces y salobres.

El nombre de Bivalvo proviene del hecho de que estos moluscos poseen dos piezas o valvas articuladas que logran fosilizar, dentro de las cuales habitaba un organismo blando que no fosiliza. Hay otros organismos que también tienen dos valvas (como los braquiópodos); sin embargo, la diferenciación entre ambos está vinculada con la simetría de sus valvas.

En la actualidad, varias de estas especies son empleadas para la alimentación de los humanos. En cuanto al registro fósil, sus conchas pueden estar unidas o separadas, siendo la parte interna mucho más lisa, y la externa puede presentar espinas y ornamentos con acanaladuras y líneas paralelas. Pueden tener tamaños que van desde 1 a 15 cm.

Hippurites sp. (MS003 – MS007 – MS008 – MS017 – MS018 – MS019 – MS020)

Los *Hippurites* son bivalvos del grupo de los Rudistas, un grupo extinto que aparecieron a finales del Jurásico (160 millones de años aproximadamente) y se extinguieron a partir de la última gran mortandad, a finales del Cretácico (66 millones de años), he allí su gran importancia paleontológica. Estos organismos contaban con dos valvas (bivalvo), una de las cuales era una estructura de paredes gruesas, cilíndrica, alargada y cónica (en su parte inferior), fijada al sustrato (valva derecha), mientras que la otra valva correspondía a una estructura móvil tipo “tapa”, ubicada en la parte superior del animal (valva izquierda) (Fig. 17). Los Rudistas vivían de manera solitaria o formando colonias, que generaban grandes extensiones de arrecifes. Algunos individuos de estos grupos llegaron a medir hasta 2 metros de altitud (Oviedo-García, 2005; Mitchell, 2011).

En el Geosendero Yutoto, el grupo de los Rudistas corresponde a fósiles más abundantes que se pueden apreciar durante el recorrido. Muchos de los fósiles de Rudistas (Bivalvos) suelen ser confundidos con los corales (Cnidarios), aunque su función ecológica fue la misma en los mares tropicales durante el Cretácico, ambos corresponden a grupos animales muy diferentes.

17a



17b



17c



17d



17e



17f



17g



17h



Figura 17. Algunas imágenes de Bivalvos *Hippurites*. a) Plano horizontal de un fósil de Rudista de 10 cm, en el cual se aprecia su valva derecha (cónica), con sus paredes gruesas. b) Corte transversal de la parte superior externa de la valva derecha, en la cual se aprecian estructuras internas. c) A la derecha de la imagen, un plano transversal de la valva derecha (cónica), y a la izquierda un corte transversal de la parte superior externa de la valva derecha. d) Contorno de la valva derecha (cónica), de 10 cm de longitud. Se puede notar el grosor de la valva, incluso la fosilización de un gasterópodo. e) Plano horizontal de la valva derecha, de 10 cm de longitud, se observan sus paredes gruesas. f) Detalle de la parte externa de la valva izquierda, en el que sobre salen estructuras radiales. g) Se observan dos estructuras unidas que representan la parte externa de dos valvas izquierdas, con sus correspondientes estructuras radiales, cada una con un diámetro de 1 cm. h) Detalle casi completo de la valva derecha de un rudista, en la cual se puede observar su parte cónica más distal del organismo.

Hippuritidae *Coalcomana ramosa* (Boehm) (MS005 – MS006 – MS019)

La *Coalcomana ramosa* (Boehm) es un organismo Rudista, considerada como una de las especies más importantes para la paleontología y la geología de México (Alencaster y Pantoja, 1986), ya que es una especie cuya presencia indica la edad específica de una roca, la cual corresponde a la época del Albiano temprano (entre 113 y 100 millones de años), además indica el ambiente de depositación de los sedimentos, siendo un organismo que habitó en ambientes marinos bentónicos, fijos en sustratos resistentes, conformando comunidades numerosas, tal como los actuales arrecifes coralinos (Fig. 18).

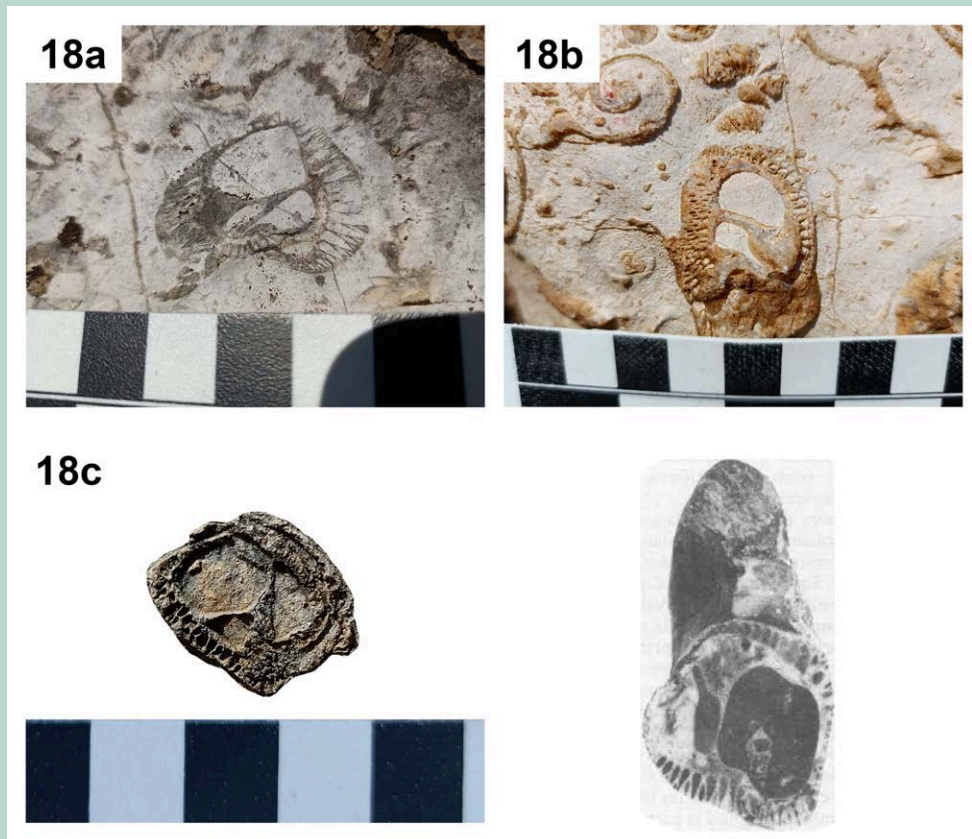


Figura 18. En las figuras a), b) y c) se observan diversos cortes transversales de la parte superior externa de la valva derecha (cónica), en la cual se aprecian estructuras internas del animal. Las dimensiones promedio de estos organismos oscilan entre 3 y 6 cm.

Hippuritidae *Coalcomana* sp. (MS008)

Este género es específico del Cretácico superior (entre 115 y 66 millones de años), su principal característica es la presencia de grandes conchas masivas y de paredes gruesas, con forma cónica y cilíndrica (Fig. 19). Tal como se indicó previamente estos organismos poseen dos valvas: valva derecha (alargada y sostenida al sustrato) y valva izquierda (estructura móvil ubicada en la parte superior del animal, a manera de tapadera, con dientes que encajan en la valva derecha). En la superficie externa tienen surcos profundos (Alencaster y Pantoja, 1986).



Figura 19. Se observa un plano transversal de la porción superior externa de la valva derecha (de forma cónica). En esta figura se detallan aspectos tales como los dientes y canales propios de estos animales. Las dimensiones promedio de estos organismos oscilan entre 5 y 7 cm.



Cefalópodos

Los cefalópodos son un grupo invertebrado muy antiguo (aparecen desde inicio del Paleozoico, hace 500 millones de años), ocupando un lugar dominante en las redes alimenticias, siendo uno de los grandes depredadores a lo largo de la historia geológica. Este grupo de animales son los más activos de los moluscos, y los más especializados, incluso algunos calamares compiten con los peces en cuanto a la velocidad de natación. Su hábitat se extiende en todos los océanos, desde las zonas costeras hasta grandes profundidades. Los calamares, sepias y pulpos, son las especies más características de este grupo.

El nombre cefalópodo, hace referencia a la forma de su cabeza, la cual es muy bien diferenciada, y se asocia de forma articulada a varios apéndices

que forman sus brazos o tentáculos. Debajo de su cabeza poseen un pequeño sifón a manera de embudo, con el cual expulsa agua para potenciar su desplazamiento con propulsiones a chorro.

Poseen ojos bastante grandes, que pueden ser comparables con los de los vertebrados. Algunos de los cefalópodos poseían conchas externas, como los amonites, o los nautiloideos. Otros tenían conchas internas como los belemnites o los actuales calamares, y otros simplemente no las poseen, como en el caso de los pulpos.

Coleoidea Belemnitida sp. (MSO14)

Corresponde a un grupo extinto de cefalópodos similares a los calamares y las sepias. Tenían una estructura a manera de concha interna, la cual es la que permite la fosilización. Estos organismos eran depredadores marinos, vivían agrupados formando bancos numerosos. Habitaron desde el Devónico (410 millones de años) hasta su extinción durante la gran mortandad del Cretácico tardío (66 millones de años). Su particular forma delgada y alargada (Fig, 20), ha sido objeto de recibir varios apelativos (balas, torpedo, puntas de rayo, entre otros), muchos de estos fósiles pueden llegar a alcanzar hasta 20 cm.



Figura 20. Plano longitudinal de un organismo Coleoidea Belemnitida, en el cual se destaca su forma alargada y con bordes suavizados. Este espécimen presenta delgadas estrías longitudinales, a lo largo del fósil de 6 cm.

EQUINODERMOS (ECHINODERMATA)

Estos son animales de origen marino, que viven sujetos en el fondo marino. Están distribuidos en todos los océanos y en todas las profundidades. En su piel tienen un esqueleto calcáreo completamente cubierto por espinas. La organización de su cuerpo es muy compleja.

Históricamente los equinodermos aparecen desde el Cámbrico (540 millones de años) siendo uno de los grupos de invertebrados más longevos que aún existen. Entre las especies de equinodermos más comúnmente conocidos tenemos a las estrellas de mar, los lirios de mar y los erizos de mar.

Equinoideos

Esta clase de equinodermos incluye a los erizos de mar, caracterizados por presentar esqueletos esféricos cubiertos por espinas o radiolas. Poseen una coraza calcárea esférica de entre 5 y 20 centímetros, cubierta por placas superpuestas y soldadas al caparazón. Los fósiles de equinoideos pierden sus espinas durante el proceso de fosilización, por lo cual es poco común encontrar caparazones con espinas, sino más bien se las encuentra por separado.

Equinoideos indeterminados (MSO10 – MSO11 – MSO16)

Son también llamados erizos de mar, y es la clase más conocida de los equinodermos. Algunos equinoideos aparecen desde el Ordovícico (485 millones de años) y su permanencia se extiende hasta la actualidad. Su esqueleto es esférico con las caras inferiores ligeramente aplastadas (Fig. 21). Los fósiles de este grupo se generan en sedimentos depositados en aguas poco profundas (Ture et al., 2005).

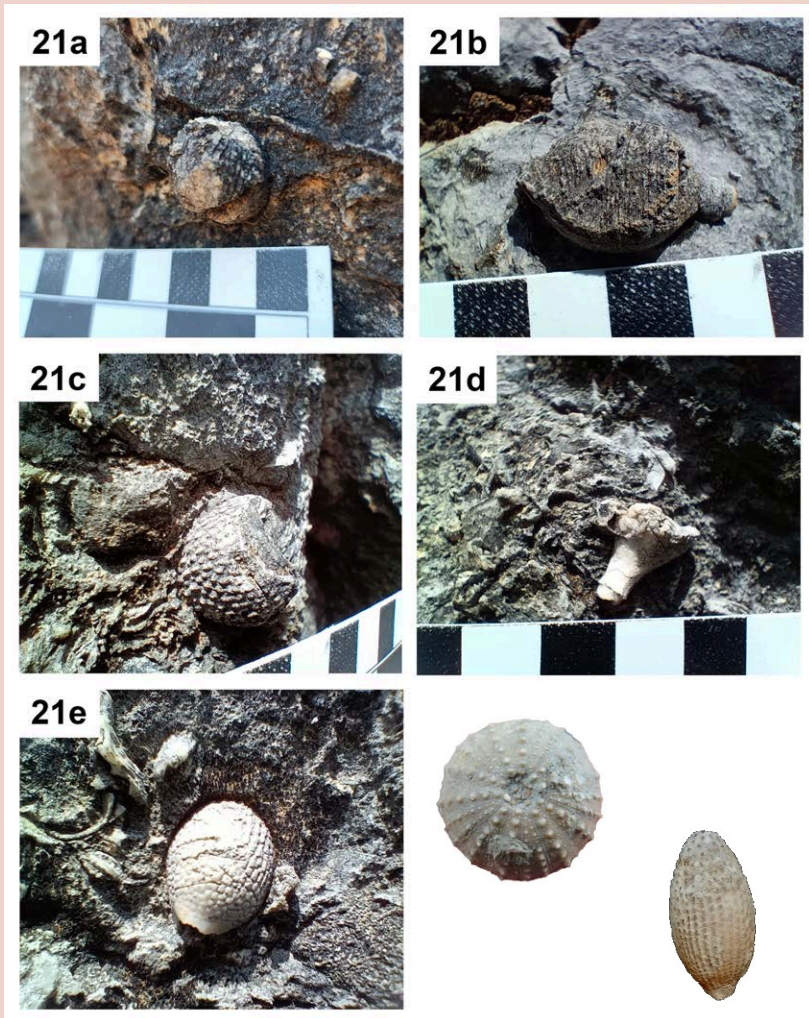


Figura 21. Algunos ejemplares de equinoideos. a) Vista lateral de un erizo de mar de 1,5 cm. b) Plano longitudinal de pequeño organismo equinoideo de 2 cm, con un fragmento de su radiola. c) Vista lateral y plano transversal de un erizo de 2 cm, se conservan aun los detalles de su cobertura de espinas. d) Vista lateral de una radiola incompleta del erizo *Tylocidaris*. e) Vista longitudinal de un erizo de mar, probable Equinoideo *Tylocidaris*, de 1,5 cm que aún conserva sus espinas.

CNIDARIOS (CNIDARIA)

Los cnidarios son un grupo de animales muy antiguo, ya que sus registros fósiles más antiguos datan del Precámbrico tardío (cerca de los 1000 millones de años). Ocupan ambientes acuáticos, principalmente ambientes marinos. Su principal característica es la presencia de una cavidad interna con funciones digestivas, pero que suele estar llena de agua para ayudar a la locomoción.

Estos organismos generalmente son de cuerpo blando y gelatinoso, sin embargo también pueden tener exoesqueleto duro, pueden haber cnidarios nadadores o fijos en sustratos. Algunos cnidarios son los organismos dominantes en comunidades de aguas templadas. Las medusas, las anémonas de mar, los corales, son algunos de los especímenes típicos de este grupo animal.

Corales

Pertenecen al grupo de los cnidarios, y corresponden a una especie de animales que habitan de forma colonial, con algunas excepciones. Como parte de los cnidarios, los corales se ubican dentro de dos clases: Anthozoa (mayoritaria) e Hydrozoa. Los corales forman cúmulos, conformados por cientos o miles de individuos, los cuales pueden alcanzar grandes dimensiones. Los arrecifes son conjuntos de corales que se desarrollan en aguas tropicales y subtropicales, creando uno de los biomas acuáticos más importantes del mundo.

En los fósiles de los corales se observan estructuras con múltiples cavidades que se interconectan entre sí, creando formas muy particulares, tales como panales, laberinto o ramificaciones. Las cavidades fosilizadas fueron habitadas por organismos milimétricos con cuerpos blandos, por lo cual no existe registro fósil de ellos. También es posible encontrar corales con forma de cuernos, adornados con paredes rugosas paralelas entre sí.

Corales indeterminados (MS009 – MS012 – MS015 – MS021)

Los corales cnidarios presentan hábitos de vida sésil bentónica, son típicos de ambientes marinos de baja profundidad, viviendo en simbiosis con otros organismos. Los registros fósiles de los corales lo ubican desde el Triásico (252 millones de años) hasta la actualidad (Fig. 22). Existe gran variedad de especies dentro de estos grupos, lo cual hace bastante compleja su identificación (Ture et al., 2005).

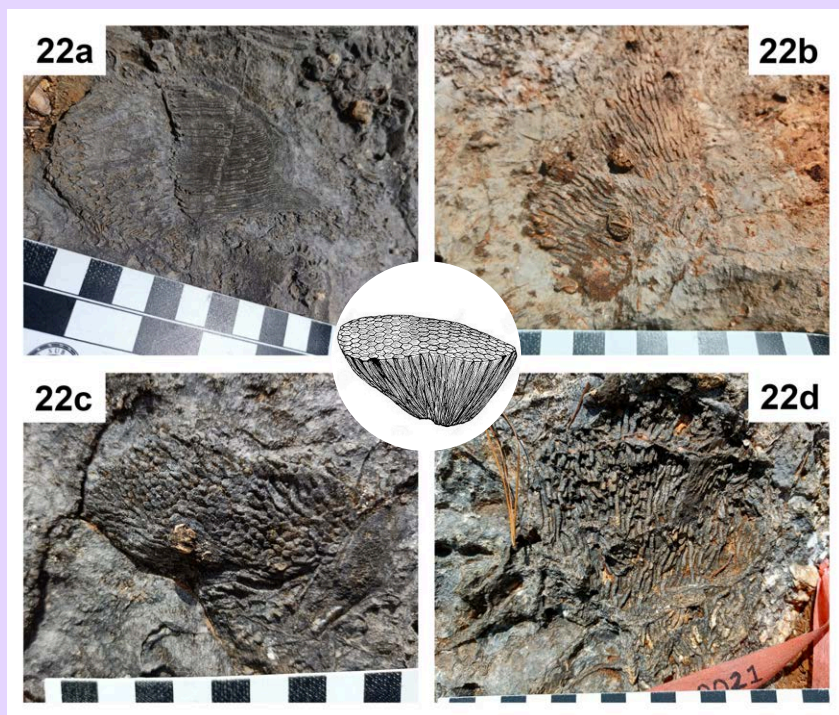


Figura 22. Corales fósiles del Geosendero Yutoto. a) Corte longitudinal in situ de un coral fósil de 9 cm, en el que se observan estructuras columnares. b) Corales fósiles sin situ del Geosendero Yutoto de 10 cm de longitud c) Vista longitudinal de fósil coralino masivo de 7 cm. d) Corte longitudinal de coral ramificado de 13 cm de longitud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencaster, G., y Pantoja, J. (1986). *Coalcomana ramosa* (Bohm) (Bivalvia-Hippuritacea) del Albiano temprano del cerro Tuxpan, Jalisco. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 47(1): 33-46.
- Avendaño Gil, M.J., Coutiño José, M.A., Carbot Chanona, G., Than Marchese, B.A., Gómez Pérez, L.E., Espíritu Tlatempa, G. (2016). Reseña Geomorfológica y Paleontológica de La Ecoregión Zoque de Chiapas. En: SEMAHN, Ecoregión Zoque: retos y oportunidades ante el cambio climático. Secretaria de Medio Ambiente e Historia Natural. México. Pg. 26 – 40.
- Buitrón, B.E. (1986). Gasterópodos del Cretácico (Aptiano Tardío – Albiano Temprano) del Cerro de Tuxpan, Jalisco. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 47(1): 17 – 30.
- Camacho, H. (2007). Los Invertebrados fósiles. Primera edición, Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires. 800 p.
- Cuadros Mendoza, I.M. y Buitrón Sánchez, B.E. (2021). Gasterópodos del Cretácico temprano de la región de Pihuamo, Jalisco, México. Consideraciones paleoecológicas y paleogeográficas. Paleontología Mexicana. 10:2, 93 – 103.
- Erwin, D. y Davidson, E. 2002. The last common bilaterian ancestor. Development 129: 3021-3032
- Ferrusquia-Villafranca, I. (1976). Estudios Geológico-paleontológicos en la Región Mixteca, PT. 1: Geología de área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca, México. Boletín del Instituto de Geología, Boletín Número 97. 160 p.
- Gómez-Guerrero, M.E. y Salgado-Jáuregui, E. (2017). Guía para reconocer objetos del patrimonio geológico y paleontológico. Servicio Geológico Colombiano. Imprenta Nacional de Colombia. 43 p.
- Hernández-Vulpes, R.M y Rodríguez Calderón, M. (2012). Análisis Estratigráfico de las Secuencias Jurásicas de la Región Tecocoyunca-Tecomatlán en Puebla. Trabajo de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Herrera-Flores, J. (2020). Los fósiles del Estado de Puebla. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla, Gobierno de Puebla. 33 p.
- Jiménez Pacheco, C.R. (2015). Moluscos (Bivalvia y Gasterópoda) del Cretácico temprano de la zona centro occidental de Baja California. Consideraciones estratigráficas y paleogeográficas. Trabajo de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mitchell, S.F. (Ed.) (2011). The Ninth International Congress on Rudist Bivalves, 18th to 25th June 2011, Abstracts, Articles and Field Guides. The Ninth International Congress on Rudist Bivalves. Kingston, Jamaica.
- Oviedo-García, A. (2005). Rudistas del Cretácico superior del Centro Al Sureste de México (Recuento sistemático de rudistas americanos). Tesis Doctoral. Unidad de Paleontología del Departamento de Geología de la Universidad Autónoma de Barcelona.
- Ture, V., Marek, J. y Benes, J. (2005). Atlas ilustrado de los fósiles. Susaeta Ediciones. 283 p.
- Skelton, P.W. (2018). Part N, Volume 1, Chapter 26A: Introduction to the Hippuritida (rudists): Shell structure, anatomy, and evolution. Treatise Online. 104,1-37.

Guía de Invertebrados Fósiles del Geosendero Yutoto, se imprimió en los talleres de Litoroda S.A. de C.V. El tiraje consta de 150 ejemplares.

AGRADECIMIENTOS

La GUÍA DE INVERTEBRADOS FÓSILES DEL GEOSENDERO YUTOTO es un producto del Proyecto PAPIME PE300925, "LA GEODIVERSIDAD DEL GEOPARQUE MUNDIAL DE UNESCO MIXTECA ALTA COMO RECURSO EDUCATIVO PARA LAS CIENCIAS DE LA TIERRA", reconocemos el apoyo brindado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA-UNAM), para la realización de este material didáctico.

Agradecemos profundamente la colaboración de las autoridades municipales y de bienes comunales de San Bartolo Soyaltepec, así como a los representantes de las Agencias Municipales de San Isidro Tejocotal y Guadalupe Gavillera. Así también, al equipo técnico y científico del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta y a la Unidad Académica de Estudios Territoriales Oaxaca del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Reconocemos de manera muy especial a los guías locales del GMUMA, para quienes ha sido pensada esta herramienta de trabajo.



IG
INSTITUTO DE
GEOGRAFÍA
UNAM



MIXTECA ALTA
GEOPARQUE



unesco
Global Geopark