

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN GEOLÓGICA- PALEONTOLÓGICA DE GEOSITIOS A PARTIR DE UN MÉTODO CUANTITATIVO Y CUALITATIVO, FUNDAMENTO DEL GEOPARQUE ENTRE CAÑONES CHIAPAS, MÉXICO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
**DOCTOR EN CIENCIAS EN DESARROLLO
SUSTENTABLE**

PRESENTA
MANUEL JAVIER AVENDAÑO GIL

DIRECTOR DE TESIS
Dr. Jorge Antonio Paz Tenorio

CO-DIRECTOR
Dr. Horacio Morales Iglesias

ASESORES
Dr. Mauro Moreno Corzo
Dr. Jordán Orantes Albores
Dr. Gerardo Fabio Carbot Chanona

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Diciembre de 2023





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 24 de noviembre de 2023

Oficio No. SA/DIP/999/2023

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Manuel Javier Avendaño Gil

CVU: 48275

Candidato al Grado de Doctor en Ciencias en Desarrollo Sustentable

Facultad de Ingeniería

UNICACH

Presente

Con fundamento en la opinión favorable emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **Análisis y Evaluación Geológica-Paleontológica de Geositos a partir de un Método Cuantitativo y Cualitativo, Fundamento del Geoparque entre Cañones Chiapas, México** cuyo Director de tesis es el Dr. Jorge Antonio Paz Tenorio (CVU: 341964) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo autoriza la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Doctor en Ciencias en Desarrollo Sustentable**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
“Por la Cultura de mi Raza”

Dra. Carolina Orantes García
Directora



C.c.p. Ing. Mónica Catalina Cisneros Ramos, Directora de la Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Dr. Arturo Carrillo Reyes, Coordinador del Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

RJAG/COG/igp/gtr

2023 AÑO DE FRANCISCO VILLA
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

Dirección de
Investigación
y Posgrado

Dirección de Investigación y Posgrado
Libramiento Norte Poniente No. 1150
Colonia Lajas Maciel C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Tel:(961)6170440 EXT.4360
investigacionyposgrado@unicach.mx

DEDICATORIA

A mi Esposa Angélica e hijos David y Manuel.

A mi familia paterna: Meimí, Salvador, Héctor, Roberto y la tía Irene.

“En dos palabras puedo presumir cuanto he aprendido acerca de esta
investigación: sigue adelante”

Robert Frost (1874-1963), poeta norteamericano

AGRADECIMIENTOS

Al cuerpo académico del Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable que aportaron invaluable información y sobre todo calidad: Dra. Rady Campos; Drs. Jordán Orantes, Raúl Herrera, Raúl Pérez, Roel Simuta, Eduardo Medinilla, Luis Rodríguez.

A compañeros y amigos de la Facultad de Ingeniería y Topografía: Ing. Vianey Ozuna y Dr. José Velazco por su apoyo cuando precedían la Dirección, al Dr. Eduardo Medinilla (que precedió la coordinación de posgrado) y Dr. Arturo Carillo, Coordinador del Posgrado.

A mis excompañeros de trabajo de la SEMAHN que ahora son amigos: Froilán Esquinca, Gerardo Cartas, Roberto Luna, Marco Altamirano, Mercedes Gordillo, Oscar Farrera, Marco Coutiño, Gerardo Carbot, Roberto Vidal, Erika Flores, Luis Enrique Gómez, Fátima Martínez, Manuel Rivera, Lorena Cabrera. Resaltando el amplio apoyo y participación directa del Dr. Froilán que por muchos años estuvo en posiciones Directivas dentro de la institución.

A compañeros y también amigos del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH: Dr. Gustavo Rivera, Dr. Miguel Peralta, Dra. Carolina Orantes (Ahora Directora de Posgrado de la UNICACH).

Al sr. Víctor Reyes y su familia propietarios del rancho Piedra Santa que de manera desinteresada apoyaron de formas distintas al desarrollo de este proyecto.

Al Comité Tutorial, por su continuo apoyo y ánimo para que alcanzara el objetivo.

A los revisores externos: Dra. Rosalía Guerrero de la Universidad del Mar, Oaxaca, y al Dr. Luis de la Universidad Autónoma del Estado de México.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. MARCO TEÓRICO	4
4. ANTECEDENTES	9
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
6. JUSTIFICACIÓN	12
7. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	14
8. MÉTODO	14
8.1 Evaluación de los geositos seleccionados.....	19
9. RESULTADOS.....	23
9.1. Inventario y caracterización de los gignp seleccionados	23
9.2. Determinación cualitativa y cuantitativa de los geositos Seleccionados.....	52
10. DISCUSIÓN	54
11. CONCLUSIONES	60
12. LITERATURA CITADA.....	62
13. ANEXOS.....	74
13.1. Anexo 1. Tablas	74
13.2. Anexo 2. Artículos publicados	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El Sistema de la Tierra	4
Figura 2. Ubicación del área donde se reconocieron los geositos de geológico-paleontológico (gigp)	21
Figura 3. Geodiversidad de la Región Central de Chiapas	21
Figura 4. Ficha técnica para ubicar y valorar cada uno de los geositos de interes geológico-paleontológico (gigp)	22
Figura 5. Mapa de satélite mostrando la localización de los geositos de interés geológico-paleontológico (gigp) y principales carreteras.....	24
Figura 6. Carta geológica que muestra los 14 gigp enmarcados en los parámetros geomorfológico, litológico, paleontológico y estratigráfico	25
Figura 7. Geositio El Chorreadero	27
Figura 8. Detalles del geositio Piedra Ahorcada.....	29
Figura 9. Geositio Cahuaré	31
Figura 10. Geositio Pliegue Geológico	33
Figura 11. Detalles del geositio Contacto Litológico	35
Figura 12. Geositio Corales Fósiles	37
Figura 13. Geositio Foraminíferos Fósiles.....	38
Figura 14. Cueva de los Rudistas	40
Figura 15. Geositio Cañada la Chacona.....	41
Figura 16. Geositio El Cerebro	43
Figura 17. Geositio Sima de las Cotorras.....	44
Figura 18. Geositio El Aguacero.....	46

Figura 19. Geosítio Langosta Fósil.....	48
Figura 20. Geosítio Coníferas Fósiles	50
Figura 21. Agrupación de gígp con base en los datos de campo registrados en las fichas técnicas de cada gígp y la Tabla 3	57
Figura 22. Agrupamiento de los 14 gígp resultado del análisis multivariado	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios de caso sobre sitios geológicos y sus diferentes aplicaciones	74
Tabla 2. Relación de equipo, material y sus especificaciones técnicas	76
Tabla 3. Relación de 14 gígp y los parámetros seleccionados con base en los registros de las fichas técnicas	77
Tabla 4. Presencia/Ausencia (1/0) de variables observadas en cada uno gígp	78
Tabla 5. Presencia/Ausencia (1/0) de variables observadas de cada uno de los cuatro parámetros contemplados en este estudio para cada gígp)	79
Tabla 6. Resumen de los parámetros presentes en los 14 geosítios de interés geológico-paleontológico	84
Tabla 7. Valores de similitud de Jaccard entre los geosítios de interés geológico- paleontológico analizados en este estudio	86

1. RESUMEN

En la región central del estado de Chiapas, existen sitios que presentan algún atributo geológico o paleontológico o una mezcla de ambos; muchos de ellos pueden tener importancia científica como fósiles de utilidad estratigráfica, paleoecológica o taxonómica, o ser producto de procesos complejos de exposición, erosión y depositación, como es una sima, un cañón, una meseta, entre otros, que son importante estudiarlos y darlos a conocer como geositorios, los cuales son la base para la creación de programas de desarrollo sustentable de una región, como lo está demostrando la implementación de los geoparques.

El presente trabajo se realizó en un área situada en la parte centro-poniente del estado de Chiapas, comprendiendo una extensión aproximada de 1000 km² caracterizada por intensos procesos tectónicos que elevaron extensos y gruesos estratos de caliza marina del Cretácico Inferior y Superior así como caliza arenosa y limosa del Paleógeno, las cuales desde el Mioceno han estado expuestas al proceso de disolución dando como resultado un paisaje conocido como kárstico, el cual, dado la situación actual, es un importante depósito de fósiles y proveedor de agua subterránea que ha sido el sustento de importantes culturas prehispánicas como la Zoque y Chiapaneca y actualmente de importantes ciudades como Chiapa de Corzo y Tuxtla Gutiérrez. la capital del Estado. Considerando lo anterior, se presenta la evaluación de 14 geositorios de interés geológico-paleontológico (gigp), distribuidos de la siguiente manera: cuatro en los municipios de Chiapa de Corzo; cinco en el municipio de Tuxtla Gutiérrez y cinco en el municipio de Ocozocoautla de Espinosa. En el análisis geológico-paleontológico realizado a los geositorios inventariados se determinaron 42 variables, con las cuales se propone una evaluación cualitativa y cuantitativa de campo para reconocer gigp potenciales en paisaje tectónico-kárstico y tectónico-acumulativo.

Palabras clave: Cronoestratigrafía, fósil, geomorfología, geodiversidad, litoestratigrafía.

2. INTRODUCCIÓN

Dada la considerable geodiversidad que ocurre en nuestro planeta, elegir qué elementos se deben seleccionar y proteger no es en absoluto una tarea fácil. Es común referirse a los componentes de la geodiversidad como los geomorfológicos (accidentes geográficos), petrológicos (rocas), mineralógicos (minerales), paleontológicos (fósiles), estratigráficos (secuencias estratigráficas), estructurales (pliegues, fallas y otros), hidrológicos (agua) y pedológicos (suelos). Es necesario destacar que, para el caso de seleccionar los sitios más relevantes de la geodiversidad que sean representativos de la historia de la Tierra y su evolución, deben utilizarse los datos científicos.

La construcción del significado científico de geodiversidad, recurre a la noción misma de la estructura y funcionamiento del planeta como ente integrante del cosmos y del sistema solar, en donde a éste se le puede definir como una anomalía de orden geofísico y geoquímico, que en el transcurso de la historia cósmica y geológica ha permitido el desarrollo de la vida, tal cual se supone y conoce (Mateo, 2002 en Espinosa-Rodríguez, 2017). Dada su importancia y la necesidad de formalizar, se realizó en Digne (Francia) en junio del año 1991, el 1° Simposio Internacional sobre Protección del Patrimonio Geológico especificando que “La Tierra guarda memoria del pasado en su superficie, rocas, fósiles, paisajes, registro que puede ser leído y traducido”, aspecto que es relevante para la presente investigación.

Cuando se desarrolla esta temática, Memoria de la Tierra (Digne, 1991) surgen diversas preguntas sobre el área que merece ser protegida, la metodología a aplicar y sobre la forma de establecer los límites, que deben ser precisos y claros. A partir de estas preguntas es que surge el término “geosito”, el cual, puede utilizarse para un acercamiento sistemático para las actividades de geoconservación que implican actividades de identificación, protección y manejo de elementos valiosos de la geodiversidad. Una estrategia de geoconservación se basa en varios pasos sucesivos: inventario, evaluación, conservación, interpretación y promoción y, finalmente, monitoreo de sitios (Brilha, 2005).

El inventario de sitios geológicos y de geodiversidad es el primer paso crucial en cualquier estrategia de conservación, independientemente del tamaño del área bajo

análisis. Muchos países europeos han desarrollado, o están desarrollando, programas de inventario para identificar, describir y proteger sus áreas geológicas importantes. Estos esquemas reflejan actitudes nacionales hacia la ciencia de la geología en particular y hacia el paisaje en general. Sin embargo, comparten algunas características comunes, buscando incorporar una serie de criterios en los inventarios nacionales y luego proteger áreas importantes a través de su designación como sitios de interés geológico como los geositorios y geoparques.

En lo referente a la evaluación, Gray (2004, citado en Martínez, 2010) propone en el marco de la conservación, valores intrínseco, cultural, estético, económico, funcional, científico y educativo, tratando de diferenciar el valor de un recurso y el valor de la geodiversidad. De todos los valores que se asignan a la geodiversidad, la intrínseca (valor que por sí la naturaleza tiene sin necesidad de que el Ser humano se lo atribuya), es probablemente, la más subjetiva. Esta subjetividad surge de la dificultad de cuantificación. Un proceso de cuantificación de geositorios es una tarea difícil, actualmente raramente efectuada, principalmente por no encontrarse bien definidos sus principios base (Brilha, 2005).

En Europa, los conceptos de geodiversidad, geopatrimonio, geositorios y geoparque son relativamente conocidos (Bazan, 2014; Brilha, 2005, 2016, 2018; Bruschi y Cendero, 2005; Carcavilla et al., 2008; García-Cortez et al., 2019; Henriquez et al., 2011; Pereira et al., 2007; Serrano y González-Trueba, 2005; Wimbledon et al., 1998), pero en América son bastante nuevos (Palacio 2013). Existen trabajos relativos a metodologías de evaluación de patrimonio geológico y geositorios tanto en Chile (Fernández, 2007) como en Brasil (Lima, 2008), pero estos realizan una caracterización general de estos lugares en busca de una metodología aplicable a nivel nacional.

El presente estudio se enfoca a un área limitada de aproximadamente 1000 km², ubicada en los municipios de Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa, en la región central de Chiapas, México, que corresponde a un paisaje tectónico-kárstico y tectónico acumulativo en donde se presenta una llamativa geodiversidad (INEGI, 1985). Tiene por objetivo, la identificación de sitios geológicos que presenten uno o varios de los componentes de la geodiversidad; describir y analizar los componentes que los integran como es la geomorfología (simas, cuevas,

cañones, cañadas y escarpes), fósiles, rocas y minerales que el paso del tiempo ha producido en los sitios geológicos seleccionados y proponer una metodología para su evaluación cualitativa y cuantitativa como geositios.

Esta investigación se centra principalmente en las etapas inventario y evaluación, pero se hacen sugerencias de conservación, interpretación, y monitoreo.

3. MARCO TEÓRICO

La Tierra es un sistema abierto integrado por componentes abióticos (geosfera, atmósfera e hidrosfera) y bióticos (biosfera) (Shikazono, 2012, citado en Bravo-Cuevas et al., 2021), que representan la diversidad natural de nuestro planeta (Tukiainen, 2019 citado en Bravo-Cuevas et al., 2021). De ahí que se hayan propuesto los términos geodiversidad y biodiversidad para referirse a estos dos elementos respectivamente (Figura 1). La consideración conjunta de la geodiversidad y la biodiversidad es un primer paso para la caracterización completa de la diversidad natural y la aplicación de la filosofía del Desarrollo Sostenible (Corvea et al., 2006 citado en Bravo-Cuevas et al., 2021).

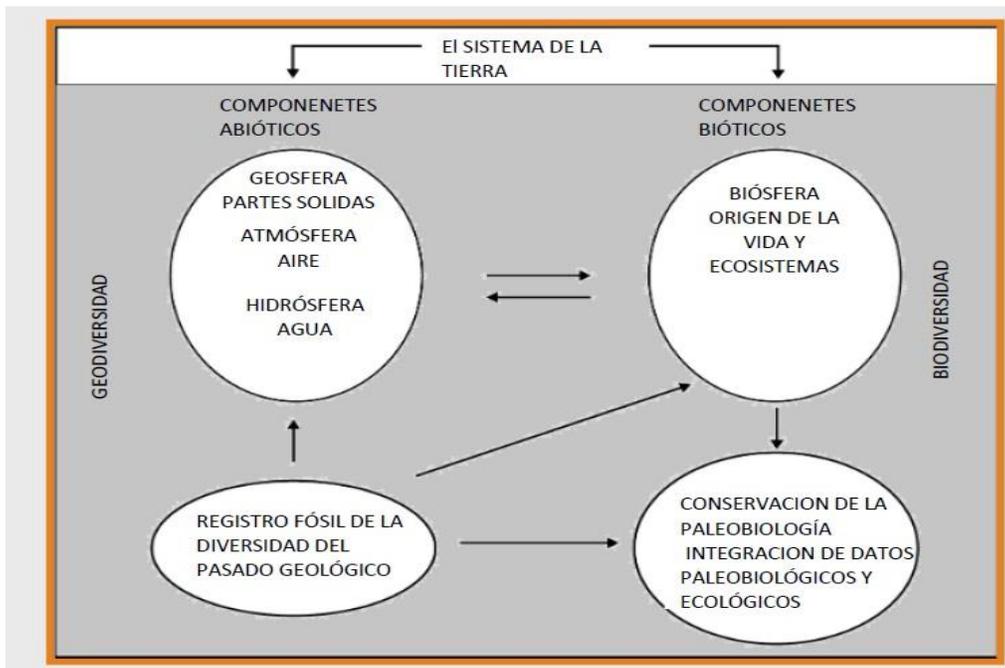


Figura 1. El sistema de la Tierra y las interrelaciones entre los componentes abiótico (geodiversidad) y biótico (biodiversidad), incluida la integración del registro fósil y los componentes del paisaje abiótico en la conservación de la biodiversidad (conservación paleobiológica) (tomado de Bravo-Cuevas et al., 2021).

La geodiversidad es el rango natural (diversidad) de las características geológicas (rocas, minerales, fósiles), geomorfológicas (formas terrestres, procesos) y del suelo. Incluye sus ensamblajes, relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas (Gray, 2004, citado en Bravo-Cuevas et al., 2021). La enorme geodiversidad en la Tierra resulta de diferentes factores que actúan a diferente escala, como la tectónica de placas, la diferenciación climática a través del espacio y el tiempo y la evolución, creando la diversidad del registro fósil (Gray, 2008 citado en Bravo-Cuevas et al., 2021). Se puede considerar que se concentra en la naturaleza abiótica del planeta, la cual incluye todos sus constituyentes, procesos y formas resultantes, destacando tres componentes (Guerrero y Bravo, 2011):

1. Constituyentes terrestres. Se refiere a los materiales que forman la superficie cortical, los cuales incluyen minerales, rocas, fósiles y suelos.

2. Procesos terrestres. Incluye todas las manifestaciones endógenas (tectónica de placas, vulcanismo, sismicidad) y exógenas (intemperismo, erosión, clima) inherentes a la dinámica planetaria y que configuran la superficie terrestre; asimismo, se considera el efecto que tienen las actividades humanas a este nivel.

3. Formas del relieve. En este nivel se incluyen la geomorfología como herramienta, que nos permite explicar la accidentada naturaleza de la superficie terrestre, la cual está en función de la dinámica cortical y los constituyentes materiales de la misma; asimismo se nutren de conocimientos sobre climatología, hidrografía, pedología y sedimentología.

La construcción del significado científico de geodiversidad, recurre a la noción misma de la estructura y funcionamiento del planeta, que en el transcurso de la historia cósmica y geológica ha permitido el desarrollo de la vida (Espinosa-Rodríguez, 2017). Dada su importancia y la necesidad de formalizar, se realizó en Digne (Francia) en junio del año 1991, el 1° Simposio Internacional sobre Protección del Patrimonio Geológico puntualizando cinco importantes temas que son:

1. Carácter único de la Tierra.
2. La Tierra nos soporta.
3. La evolución conjunta de la Tierra y la vida.

4. La tierra guarda memoria del pasado en su superficie, rocas, fósiles, paisajes, registro que pueden ser leído y traducido.

5. Nosotros y la Tierra compartimos una herencia común y somos depositarios de ese patrimonio.

Cuando se desarrolla la temática “Memoria de la Tierra” (Digne, 1991) surgen diversas preguntas sobre el área que merece ser protegida, la metodología a aplicar y sobre la forma de establecer los límites, que deben ser precisos y claros. A partir de estas preguntas es que surge el término “geositio”, el cual, puede utilizarse para un acercamiento sistemático para las actividades de geoconservación que implican actividades de identificación, protección y manejo de elementos valiosos de la geodiversidad. Una estrategia de geoconservación se basa en varios pasos sucesivos: inventario, evaluación, conservación, interpretación y promoción y finalmente monitoreo de sitios (Brilha, 2005).

La literatura científica revela una multitud de conceptos referidos a la geodiversidad, el patrimonio geológico y geositios, por lo tanto, estos conceptos han sido frecuentemente mal utilizados y aún hoy es común verlos aplicados de manera no convencional (Brilha, 2016).

En lo que respecta a los geositios tenemos las siguientes definiciones:

Según Elizaga y Palacio (1996), los sitios de interés geológico (geositios), son aquellos lugares en los que afloran, o son visibles, los rasgos geológicos más característicos y mejor representados de una región.

Un geositio es un lugar de la superficie de la Tierra que representa “procesos y eventos característicos ocurridos a través de los períodos de tiempo que le dan identidad al planeta”, se pueden reconocer mediante la aplicación del principio de singularidad, es decir, un lugar se convierte en geositio debido a alguna propiedad específica reconocida y valorada por expertos y, por lo tanto, relevante para la comprensión de la historia y dinámica de la Tierra (Wimbledon, 1998).

Según Brilha (2005) un geositio “corresponde a un sitio donde se pueden presentar uno o más elementos de geodiversidad, geográficamente bien delimitados que presentan un valor singular desde el punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico u otro”.

Los Geositios pueden ser orientados al geoturismo aplicado como una unidad básica del patrimonio geológico en la producción de materiales, métodos y servicios científicos útiles para la implementación de procedimientos específicos de inventario, evaluación, conservación, valoración y monitoreo para apoyar la protección legal de los Monumentos Naturales y la implementación de esta modalidad (Henriquez et al., 2011)

Los Geositios paleogeográficos (Bruno et al., 2014) abarcan aspectos del paleoespacio y tiempo geológico; éstos preservan paleoambientes, paleoecosistemas y otros acontecimientos relevantes, algunos son especialmente importantes para la construcción de mapas paleogeográficos. Además, los geositios paleogeográficos siempre se asocian con otros tipos de geositios, esta combinación contribuye a la descripción y conocimiento de la geodiversidad.

Bazán (2014) define al geositio como un lugar donde se concentran diversas características geomorfológicas y geológicas sobresalientes que les confieren un carácter distintivo a los paisajes. Generalmente, estos lugares contienen una belleza paisajista excepcional, o bien, ha adquirido un valor científico, cultural, histórico, estético y/o socioeconómico debido a la percepción y/o explotación humana.

Algunos de los aspectos más frecuentes a considerar en los geositios son: i) La representatividad y/o el interés del registro geológico y el intervalo crono estratigráfico representado; ii) geoformas excepcionales; iii) contenido paleontológico; iv) elementos tectónicos y estructurales relevantes; v) minerales, rocas y/o estructuras sedimentarias únicas o raras, y vi) la posibilidad de identificar paleogeografías y/o paleoambientes que revelen la evolución geológica de la región (Carcavilla et al., 2019).

Los geositios, originalmente, no distinguen entre sitios de interés geológico y sitios de interés geomorfológico, lo que se explica por la estrecha relación que en muchos casos existe entre ambos (Palacio, 2013). Por otra parte, la diferenciación entre geositios y geomorfositos puede justificarse por su carácter y énfasis temporal y espacial, respectivamente. Los geositios, como la geología misma, se asocian más con el carácter temporal del sitio, contribuye a explicar la evolución de una localidad, de una región o del planeta mismo (Palacio, 2013). Por su parte, el geomorfosito conlleva una connotación espacial tridimensional de las formas del relieve, lo cual se asocia, en este caso, más con atributos espaciales que temporales, sin que estos estén ausentes. Las

formas del relieve ocupan un espacio cuantificable (largo, ancho, altura, profundidad, volumen), mientras que los geositos reflejan un proceso o fenómeno, que, si bien tiene lugar en el espacio, no se caracteriza necesariamente por sus dimensiones sino por su ubicación en el tiempo (Palacio, 2013).

Un elemento de suma importancia en la evaluación de los geositos es la definición de la entidad espacial en la que se ejecutará dicho procedimiento. En términos generales, la unidad espacial, o unidad de mapeo, debe consistir de una porción de tierra con características específicas (López, 2004).

De lo anteriormente expuesto, dos principios están presentes, que son independientes de la escala y los niveles taxonómicos a los que se opere y son: El principio histórico-evolutivo y principio estructural-genético (Mateo, 2002, citado en Priego et al., 2008). La historia y la génesis condicionan las peculiaridades de las estructuras y el seguimiento de ambos principios garantiza examinar el paisaje como una integridad natural o antrópica-natural y con ello obtener una jerarquía lógicamente fundamentada (Priego et al., 2008).

Para lograr una conservación adecuada de algún objeto o elemento es necesario ser consciente de su valor, así lo pensó Gray 2004 (citado en Medina, 2012), quien propone en el marco de la conservación valores intrínseco, cultural, estético, económico, funcional, científico y educativo, tratando de diferenciar el valor de un recurso y el valor de la diversidad.

El valor intrínseco, es el valor que por sí la naturaleza tiene sin la necesidad de que ser humano se lo atribuya. El mismo autor, menciona que el valor intrínseco se refiere a la creencia ética de que algunas cosas (en este caso la geodiversidad de la naturaleza) poseen un valor simplemente por lo que son y no sujeto únicamente a lo que se puede llegar a utilizar de ellas (valor utilitario). Es interesante la discusión que se genera a la hora de hablar del valor intrínseco ya que hay quienes defienden la postura de que el valor de la naturaleza depende del valor que el humano le atribuye, sin embargo, el presente trabajo se enfoca en las propiedades físicas como minerales, rocas, fósiles, geomorfologías que están presentes independientemente del valor que se les pueda atribuir.

Adjudicar valores a los sitios es de gran importancia a la hora de considerar su conservación, pero no hay que olvidar que esta tarea puede resultar valores que se superpongan armoniosamente; lo científico y lo cultural, lo cultural y lo económico entre otras combinaciones de la geodiversidad que pueden llegar a ser, unas verdaderas herramientas con fines científicos y pedagógicos.

La conceptualización y metodología para evaluar la geodiversidad resulta compleja y aún cuestionable en el tiempo presente. Entre las principales variables empleadas para obtener elementos de calificación paramétrica, cualitativa y cartográfica, se encuentran aspectos de orden litológico, estratigráfico, geomorfológico, hidrológico, paleontológico y pedológico; los cuales, en conjunto, definirán geomorfositos y geositos (Espinosa-Rodríguez, 2017).

La aplicación de los conceptos referidos ha generado en el tiempo presente nuevas conceptualizaciones, metodologías y procesos de validación de las mismas; en este sentido, se destacan los aportes de autores como Vegas et al. (2012); García y Carcavilla (2013); García et al. (2013); Vegas et al.(2013); Vegas et al. (2014), quienes han concentrado métodos y/o guías para la elaboración de inventarios o recuentos de elementos patrimoniales; los cuales, y con aporte de otros autores, han resultado en inventarios de propiedad, de conocimiento del usufructo natural y del propio recurso, como se observa en estudios de caso expuestos en la Tabla 1 (ver Anexo 1).

4. ANTECEDENTES

El primer ejemplo de protección de geosito data de 1668, relacionado a la protección de una cueva en las montañas de Harz Alemania (Gaube, 1994, citado por Henriques et al., 2011). La conservación de los geositos mediante una metodología basada en la ciencia se remonta a 1977, cuando la Revisión de Conservación Geológica fue establecida por la Conservación de la Naturaleza en Gran Bretaña (Wimbledon, 1988).

La conservación integral del Patrimonio Geológico, inició con el proyecto GILGES (Lista Indicativa Global de Sitios Geológicos) en el año de 1989 posteriormente en el año 1996 inicia el proyecto GEOSITES, puesto en marcha por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS); se trata de un proyecto que aglutina a la comunidad

geológica con interés en la geoconservación, su objetivo es proporcionar una base objetiva (inventario y toma de datos) que sirvan de soporte para cualquier iniciativa de ámbito nacional o internacional para la protección del patrimonio geológico (Wimbledon et al., 2000).

Sólo a finales del siglo XX la geoconservación fue finalmente asumida en una escala internacional con la “Primera Conferencia Internacional sobre la Conservación de Nuestro Patrimonio Geológico” celebrada en Digne (Francia) en 1991 en donde asistieron más de 100 especialistas de más de 30 países (Declaración de Digne, 1991, citado en Henriques et al., 2011). En el año 2017, el programa de Geoparques fue oficialmente aceptado por la UNESCO. Este último programa se caracteriza por tener una visión holística que incluye la herencia cultural junto con la herencia natural (Gallego, 1998; UNESCO, 2015a).

Los geoparques son una iniciativa de cuatro países europeos (España, Francia, Grecia y Alemania) que en el año 2017 fue apoyada por la UNESCO al reconocerlos como “áreas geográficas delimitadas sin discontinuidades donde los paisajes y lugares de relevancia geológica internacional son gestionados siguiendo un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sustentable” (Gallego, 1998; UNESCO 2015a). Los paisajes y lugares de relevancia geológica que se menciona anteriormente tienen su sustento en sitios con valor intrínseco en primera instancia y que, a partir de éstos, se despliega una valoración antrópica.

En el año de 1989 el Instituto de Historia Natural (IHN) inició de forma sistemática el estudio de los recursos paleontológicos y geológicos de Chiapas. Como uno de los resultados tangible se creó el Museo de Paleontología que lleva por nombre “Eliseo Palacios Aguilera” (MUPEPA), el cual además es el depositario de una colección paleontológica bien consolidada que a la fecha resguarda más de 5000 fósiles (Avendaño et al., 2004; Carbot-Chanona, 2015).

El MUPEPA ha trabajado en la articulación del patrimonio biológico y geológico. Ejemplos de esto son el caso de la Reserva Natural Laguna Bélgica (Avendaño-Gil y Coutiño-José 2009), así como de un predio ubicado dentro del área urbana en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, sobre la Mesa de Copoya (Jiménez, 2006; Jiménez et al., 2006; geosito considerado en el presente trabajo). En estos ejemplos se resalta la

presencia de características geológicas y paleontológicas que son empleados con fines educativos y científicos (Avendaño, 2011). Desde su creación, el MUPEPA ha funcionado como una plataforma, desde el cual se suman esfuerzos para integrar los recursos paleontológico-geológicos del Estado de Chiapas a la conservación integral del Patrimonio Natural.

En los últimos años la Secretaría de Medio Ambiente (SEMAHN), la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) y el Servicio Geológico Mexicano (SGM) han planteado la propuesta de seis geoparques para el territorio de Chiapas (Avendaño et al., 2013; Avendaño et al., 2014; Esquinca-Cano et al., 2017; Avendaño y Morales 2018; Avendaño et al., 2020).

El Museo de Paleontología “Eliseo Palacios Aguilera”, sus colecciones y personal forman la plataforma en el estado de Chiapas para sumarse a los esfuerzos internacionales para integrar los recursos geológico-paleontológicos a la conservación integral de los recursos naturales y culturales bajo los proyectos Geosites y Geoparques. Un Geoparque, es un territorio que presenta un patrimonio geológico notable que es el eje fundamental de una estrategia de desarrollo territorial sostenible basado en la educación y el turismo (<https://www.igme.es> › Geoparques-IGME2014-1 PDF, consultado 04 de octubre de 2022; IUGS 1996 en Wimbledon et al., 2000., IUCN 1998).

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El medio geológico es un recurso que presenta interés ecológico y ambiental, así como el manejo de cuencas hidrológicas y la planeación rural y urbana como quedó demostrado en los años de 1982 en la erupción del volcán Chichonal que sepultó por completo con material expulsado varios poblados de los municipios Francisco León y Chapultenango (Guzmán, 2018) y, en el año 2007, un deslizamiento de ladera con una extensión de 80 hectáreas que acarreó 48 millones de metros cúbicos de roca y suelo, sepultando al poblado Juan de Grijalva y formó una presa natural que interrumpió el cauce natural del río Grijalva, uno de los más caudalosos de México (Garnica et al., 2011), catástrofe ocasionado por las intensas lluvias y desmesurada actividad antrópica como la deforestación, el excesivo pastoreo y actividad agrícola. Entre estos últimos

factores, se suman el incremento sustantivo del turismo inconsciente a las áreas naturales del Estado y la incomprensión de los funcionarios públicos encargados de la protección de los recursos naturales de Chiapas. Derivado de esto, la geodiversidad enfrenta diversas amenazas. Lugares que son ubicaciones clave para develar y comprender la historia geológica de la Tierra, generalmente considerados patrimonio geológico en otros países, en Chiapas están bajo un riesgo creciente de total o parcial deterioro, principalmente debido a actividades antrópicas.

La manifiesta problemática geológica-paleontológica del estado de Chiapas y de la región en cuestión es la inexistencia de un inventario sistemático y completo de sitios de interés geológico-paleontológico que analice las estructuras existentes (su geodiversidad) para ser evaluadas como geositos, fundamento de la estrategia de geoconservación que manejan los geoparques.

6. JUSTIFICACIÓN

La diversidad geológica es el marco de referencia para la historia natural de una región y por lo mismo es imprescindible estudiar y entender los procesos que lo crean y explican su desarrollo y transformación. La geodiversidad proporciona las evidencias científicas acerca del desarrollo pasado de la Tierra y consecuentemente de la evolución de la vida. Por consiguiente, los valores intrínsecos de la geodiversidad implican valores científicos, educativos, recreativos, turísticos y aquellos que tienen que ver con la preservación de los valores culturales y religiosos (Joyce, 2003).

El conocimiento, inventario, divulgación y protección de los geositos es de gran importancia, pues, además de ser su degradación casi siempre irreversible, su conocimiento y su cuidado es considerado como una característica de los países culturalmente avanzados, formando parte de su patrimonio cultural (Elizaga y Palacio, 1996).

A medida que el concepto de geoparque se convierta en un enfoque práctico y fiable para el desarrollo territorial, se está invirtiendo cada vez más en identificar, clasificar y cuantificar geositos. Sin embargo, en la práctica el principal desafío no es identificar y cuantificar geositos, sino hacerlos trabajar para lograr los objetivos del

geoparque en términos de protección ambiental, conservación del patrimonio y desarrollo social, cultural y económico sostenible. Para ello, un primer propósito importante es anclar la conservación del patrimonio geológico y su iniciativa de uso sostenible en la comunidad local. Para que esto suceda, la comunidad local tiene que ser consiente del patrimonio en cuestión, que debe nutrir un sentido de lugar, de propiedad y orgullo y/o traer beneficios económicos a través de actividades de geoturismo y productos derivados (Popa et al., 2017).

Los rasgos geológicos tienen también influencia en la hidrología, el microclima, la formación de las cuevas kársticas (paleokarst); esta línea de investigación estudia las cuevas como grandes trampas naturales que acumulan material detrítico, rocas químicas y materia orgánica, constituyendo uno de los depósitos más variados y ricos en ambientes continentales y tiende a ser preservado durante grandes intervalos temporales (<https://www.cenieh.es/investigación/líneas-de-investigacion/paleokars-y-rellenos-sedimentarios>; consultado 15 de septiembre de 2022). Otro aspecto que está cobrando relevancia en el uso del recurso geológico es lo referente al aspecto recreativo y turístico, como desde hace muchos años se viene realizando en el Cañón del Sumidero, Sima de las Cotorras, Cascada “El Aguacero”, entre otros sitios locales.

La región central de Chiapas se caracteriza por un mosaico de geodiversidad en donde se presentan una variedad de geoformas como altiplanicies, cuencas, cañones, cuevas, cerros, peñascos y sus elementos asociados como la litología y fósiles que determinan los ambientes de sedimentación y la edad cronoestratigráfica de un geosito determinado.

Por otra parte, el valor de los geositos es escasamente conocido por el público y por científicos de otras disciplinas, de ahí la necesidad de promoverlos públicamente, desarrollar métodos para su valoración y establecer sus valores científico, cultural, estético y socio económico y, finalmente, protegerlos bajo un esquema legal apropiado (Panizza, 2001; Reynard y Panizza, 2007; citados en Palacio, 2013).

7. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

Analizar y evaluar los componentes geológicos-paleontológicos de geositos como fundamento para el geoparque “Entre Cañones, Depresión Central de Chiapas”.

Objetivos particulares

1. Realizar un inventario de los geositos con potencial geológico-paleontológico (gigp) en los municipios de Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas.

2. Analizar las características intrínsecas de cada uno de los geositos inventariados.

3. Con base en el análisis realizado en cada uno de los geositos, evaluar cualitativamente y cuantitativamente los elementos que componen la geodiversidad de cada uno de los geositos de interés paleontológico (gigp).

Hipótesis

La región central de Chiapas es un mosaico de geodiversidad donde estudios geológicos y paleontológicos pueden identificar geositos de interés (gigp) con base en sus valores intrínsecos, como riqueza y variedad de fósiles, litología, geomorfología y cronoestratigráfica desde los cuales se pueden evaluar los geositos identificados.

8. MÉTODO

La evaluación y selección de los geositos se realiza a través de seis etapas: inventario, cuantificación, clasificación, conservación, divulgación y monitoreo (Martínez, 2010). La aplicación de estas etapas es importante para la posterior ejecución de un plan de conservación geológico. Esta investigación se centró principalmente en las dos primeras etapas, pero se hacen comentarios de las cuatro etapas posteriores.

Para la primera etapa se generó una ficha de identificación de geositos que permitió contar con una información base para la posterior evaluación cualitativa y cuantitativa de los geositos. En la etapa de cuantificación se consultaron y modificaron

las metodologías de trabajo de López (2004) y Medina (2012), lo que permitió desarrollar una nueva metodología, con lo cual se realizó la evaluación cuantitativa de los geositos.

La selección del área para la determinación de los “gigp” siguió la propuesta de la UNESCO (2015b) para la implementación de los geoparques que es: considerar un territorio de gran extensión, bien delimitado y continuo que presente estructuras geológicas singulares; que incorpore aspectos naturales y culturales de interés. Para tal efecto, se seleccionó la Región Central de Chiapas en la cual se encuentran las regiones fisiográficas Depresión Central de Chiapas y Altiplanicie Central de Chiapas (Figura 2). El área seleccionada, abarca los municipios de Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa presentando una extensión aproximada de 1000 km² y se presenta como una unidad fisiográfica reconocida por Müllerried (1982). Posteriormente, se procedió en señalar el relieve como principal factor de diferenciación preliminar, como lo sugieren Priego Santander et al. (2013), distinguiéndose a nivel local (considerando nivel local a la unidad de área correspondiente a 1 km² como mínimo), mesetas, cañones, cañadas, lomeríos y planicies (acolinadas, onduladas y subhorizontales) para posteriormente realizar análisis de campo en áreas menores de 1 km² utilizando las cartas topográficas “Tuxtla Gutiérrez 2006” (INEGI, 2006) y “Ocozocoautla de Espinosa” (INEGI, 2007), confirmando la diversidad geológica que se puede observar en la carta geológica “Tuxtla Gutiérrez 1985” escala 1:250,000 del INEGI (1985) (Figura 3).

Una vez identificada la geodiversidad en el área de interés utilizando las cartas citadas anteriormente se procedió a seleccionar los sitios que tengan excepcionales características, es decir, que presenten algo que los destaque con respecto al entorno (Medina, 2012). Elizaga y Palacio (1996) mencionan que lo más importante de un geosito es su grado de representatividad, ya que “un geosito debe representar lo más fielmente la realidad circundante de tal forma que se puede llevar a un conocimiento general de la zona a través de ellos”.

El área geográfica que contiene a los geositos bajo estudio es de aproximadamente de 1000 km² (50 km de largo por 20 km de ancho), y comprende los municipios de Chiapas de Corzo, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa que en

un 90% se ubican en la región fisiográfica “Depresión Central” (Figura 3). La Depresión Central de Chiapas, se extiende de este-sureste a oeste-noroeste, con una altitud que oscila de 800 m en el este a 420 m al oeste; su parte más baja es cerca de Chiapa de Corzo. La morfología de la Depresión de Chiapas es en gran parte una planicie, que es consecuencia de que la superficie y el subsuelo se componen de estratos del Mesozoico inferior y superior, así como por vestigios del Paleógeno inferior y una amplia faja de sedimentos cuaternarios con ligera inclinación hacia el noreste. En diversos lugares de la planicie de la Depresión se levantan lomas, mesetas, mesas, cerros y serranías que se deben a la composición variada de los estratos mesozoicos, que en unas partes están constituidos por materiales sueltos o blandos y en otras por materiales más resistentes, por lo que unas veces se originan planicies y otras salientes con las formas ya señaladas. Estos relieves son generalmente bajos, aunque también existen estructuras que sobresalen y alcanzan centenares de metros de altitud. Algunas de estas formas son características del paisaje de la Depresión de Chiapas, como, por ejemplo, la extensa Mesa de Copoya con una protuberancia que constituye el Cerro Mactumatzá, al suroeste de Tuxtla Gutiérrez; la Cuesta de Ocozocoautla, que de esta población se extiende hacia el noroeste y sureste (Mullerried, 1982; Miranda, 2015).

Los principales ríos que atraviesan en el área de estudio son el “Grijalva” o “Río Grande”, el “Santo Domingo”, el “Sabinal” y “La Venta” que forman parte del sistema del alto Grijalva. La temperatura presente en el área de estudio es cálida a templada. El límite está marcado por los tipos de la vegetación, que corresponde aproximadamente a la isoterma de 20° C. La situación altitudinal de esta isoterma varía mucho según los lugares, pero por lo general en la parte central y norte de Chiapas se encuentra entre los 750 y los 1,200 m de altitud. En esta área, donde se encuentra situadas gran parte de la población más numerosa de Chiapas, las temperaturas medias anuales oscilan de 20°C a 27°C (Miranda, 2015).

El viento predominante en casi todo Chiapas, aparte de los vientos locales, es el alisio del noreste, cuya dirección se modifica en muchos lugares por la disposición del relieve. Por lo general, en el verano consiste en un viento débil que transporta en la tarde las nubes que provocan en esa época las abundantes lluvias de convección. En el otoño e invierno, o sea de octubre a febrero, el alisio sopla con más fuerza,

especialmente en la Depresión Central, a consecuencia del fuerte calentamiento de la misma, cambiando su dirección en forma de viento a veces muy violento del este en la parte oriental y del oeste en la occidental. En toda la zona central las lluvias declinan a partir de octubre, siendo los meses de noviembre a abril, inclusive, muy escasas o casi nulas (941 mm en Tuxtla Gutiérrez), nombrada popularmente como temporada de secas (Miranda, 2015).

La Depresión de Chiapas, la vertiente noreste de la Sierra Madre y la suroeste de la Altiplanicies tienen suelos negros (Chernozem) con cierta calcificación, generalmente con hidrosilicatos y frecuentemente con granos de cuarzo (Mullerried, 1982).

La vegetación se halla constituida por manchas de bosque, alternadas con extensas sabanas provistas de arbustos y árboles y en algunas partes hay muchas plantas xerófitas. Especies típicas de la Depresión Central son el Brasil (*Haematoxylon brasilito*) carnero (*Acacia milleriana*), guachipilín (*Diphysa racemosa*), quebracho (*Acacia* sp.), copalillo (*Bursera bipinnata*), hoja menuda (*Wimmeria serrulata*), madrecaao (*Caesalpinia velutina*), patzipocá (*Cassia skinneri*), ashiqueté (*Fraxinus purpusii*) (Mullerried, 1982; Miranda, 2015).

En este paisaje abierto existe reptiles como boa, cantil, cascabel tropical, cocodrilo de río, coral de cañutos, falsa nauyaca, geco verrugoso, heloderma, iguana de roca e Iguana de ribera; de aves están presentes el correcaminos, cuiche, chachalaca olivácea, gavilán coliblanco, mochuelo rayado, nictibio y urraca copetona; entre los mamíferos están: comadreja, coyote, leoncillo, murciélagos, puma, tlacuache, venado cola blanca, zorra gris, zorrillo rayado, zorrillo espalda blanca y zorrillo manchado; en tiempos de aguas se desarrollan también muchos insectos (Eccardi y Álvarez del Toro, 1987).

Los geositorios del presente estudio se localizan en los municipios de Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa que pertenecen a la Región 1 Centro (CEIEG 2008), es la más poblada del estado y donde se ubica la capital Tuxtla Gutiérrez situada, en los paralelos 16° 07' y 17° 23' de latitud norte y los meridianos 92° 20' y 94° 14' de longitud oeste. Limita al norte con el estado de Tabasco, al este con las regiones Altos y Fronteriza, al sur con las regiones Istmo-Costa y Frailesca y al oeste con los estados de Oaxaca y Veracruz. Su extensión territorial es de 13,974.67 km²,

siendo la segunda más extensa del estado. En su conjunto estos municipios integran un total de 3,547 localidades, de las cuales el 99% son menores de 2,500 habitantes y solamente el 1% son localidades urbanas que superan este tamaño de población. Se estima que para el año 2008, la población de la Región I Centro fue de un millón 116,854 habitantes, ubicándose como la más poblada del estado; su tasa media anual de crecimiento poblacional es de 2.2%, estando por arriba del promedio estatal, que es de 1.6%. Los municipios más habitados son: Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo y Cintalapa con 531,972, 80,386 y 78,706 habitantes respectivamente, que en conjunto representan el 61.9% de la población total de la región. La población masculina y femenina es de 48.98% y 51.02% respectivamente. La población indígena de este territorio es de 80,584 personas, cifra que representa el 7.6% de la población total de la región, porcentaje inferior al promedio estatal que es de 26.5%. Las principales etnias en la región son: el Tzotzil y el Zoque (CEIEG, 2008).

La temperatura media anual es de 25.4°C. La temporada cálida dura desde mediados de febrero hasta septiembre. El período más caluroso del año es desde abril hasta la segunda semana de mayo donde se alcanzan temperaturas superiores a los 38 °C. La temporada fresca dura desde la segunda semana de noviembre hasta mediados de febrero. El período más frío del año es el mes de diciembre cuando la temperatura rara vez desciende de los 14°C. La precipitación pluvial oscila según las áreas municipales y es en promedio 900 mm anuales. La temporada normal de lluvias abarca desde mayo hasta la segunda semana de octubre. Normalmente, los meses más lluviosos son junio y septiembre (https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Tuxtla_Guti%C3%A9rrez; <https://es.weatherspark.com/y/9988/Clima-promedio-en-Tuxtla-Gtz-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>; consultados el 26/03/2023).

Otros aspectos que se tomaron en cuenta en la selección de los geositos de interés geológico paleontológico (gigp) es la cercanía (Un kilómetro en promedio) o inserción a un centro de población y que se presente cierta interacción con los vecinos en donde la principal actividad relacionada con el campo es en los “fragmentos de Bosque Tropical Caducifolio” que están dentro del mosaico de vegetación secundaria en la Depresión Central de Chiapas, áreas de cultivos, plantaciones, zonas urbanas y

potreros, formando una matriz compleja y dinámica. En algunos potreros de la zona se han establecido sistemas silvopastoriles, que han propiciado un aprovechamiento integral de los bosques secundarios. Los productores de la zona establecen sistemas silvopastoriles tradicionales de forma consciente derivado de las necesidades de mantener forraje y productos forestales para uso local. El manejo del ganado es extensivo (<https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/1759>: consultado el 26 de marzo de 2023).

8.1. Evaluación de los geositos seleccionados

El estudio de la geodiversidad se basa en el análisis de la diversidad, frecuencia y distribución de un conjunto de objetos geológicos (minerales, rocas, fósiles, simas, cuevas, etc.), que permiten cuantificar y comparar. Así el estudio de la geodiversidad comprendió el análisis de los componentes que definen la diversidad geológica de una región, de cara a poder establecer índices e indicadores que posibiliten la comparación (Carcavilla et al., 2008).

Una vez que se identificaron los sitios en la carta geológica, se procedió al reconocimiento de campo; para esta etapa se ocuparon las herramientas típicas para este tipo de tareas (ver Tabla 2 en Anexo 1). El ácido clorhídrico se usó para confirmar la presencia de material carbonatado y la “Ficha Técnica” para ubicar y realizar la valoración previa de cada uno de los gign inventariados (Figura 4) que incluyó registros de información geológica-paleontológica.

Este estudio determinó 42 variables para valorizar los gign, las cuales están distribuidas de la siguiente manera: 10 variable con implicaciones geomorfológicas, 12 conteniendo elementos litológicos, 15 considerando material fósil y 5 con dimensiones cronoestratigráficos. Una vez descritas e identificadas las variables y a su vez agrupadas en los cuatro indicadores (geomorfológicos, litológicos, paleontológicos y cronoestratigráficos) mencionados, se procedió a comparar con otras variables o conjunto de ellas que permitió conocer el cambio o el comportamiento de una variable respecto de otra, pero no en una simple correlación, sino de una causalidad (Alcaldía, 2007).

Roger (1980, p.48) lo explica desde un punto matemático: “un factor (indicador) es un “algo” de un conjunto; la multiplicación de varios factores da un producto. Un factor es también una variable obrando teóricamente o hipotéticamente como causa. En un análisis factorial la palabra “factor” toma evidentemente su sentido matemático”.

Para el presente estudio, los factores son: El número de diferentes objetos geológicos-paleontológicos que se encuentran en el geositio y la abundancia relativa de cada objeto que se presente en cada uno de los geositios. Esto, en principio, es válido para los geositios, pues están compuestos por una serie de objetos concretos (variabilidad de estructuras geológicas) que corresponden a la mezcla de objetos. Con este fin, se procedió a realizar una matriz relacionando los parámetros fósiles, cronoestratigráfico, litológico y geomorfológico y de las variables intrínsecas correspondientes.

En la “Ficha Técnica”, se tomó en cuenta la siguiente valoración:

Considerando los cuatro parámetros (geomorfológico, litológico, fósiles y cronoestratigráfica) y las 42 variables reconocidas en los geositios seleccionados, se determinó lo siguiente:

Valor alto, si presenta al menos una variable en cada uno de los cuatro parámetros, otorgándole un valor numérico de 4.

Valor medio-alto, si presenta al menos una variable en tres parámetros, otorgándole un valor de 3.

Valor medio-bajo, si presenta al menos una variable en dos parámetros, otorgándole un valor de 2.

Valor bajo, si presenta al menos una variable en un parámetro.

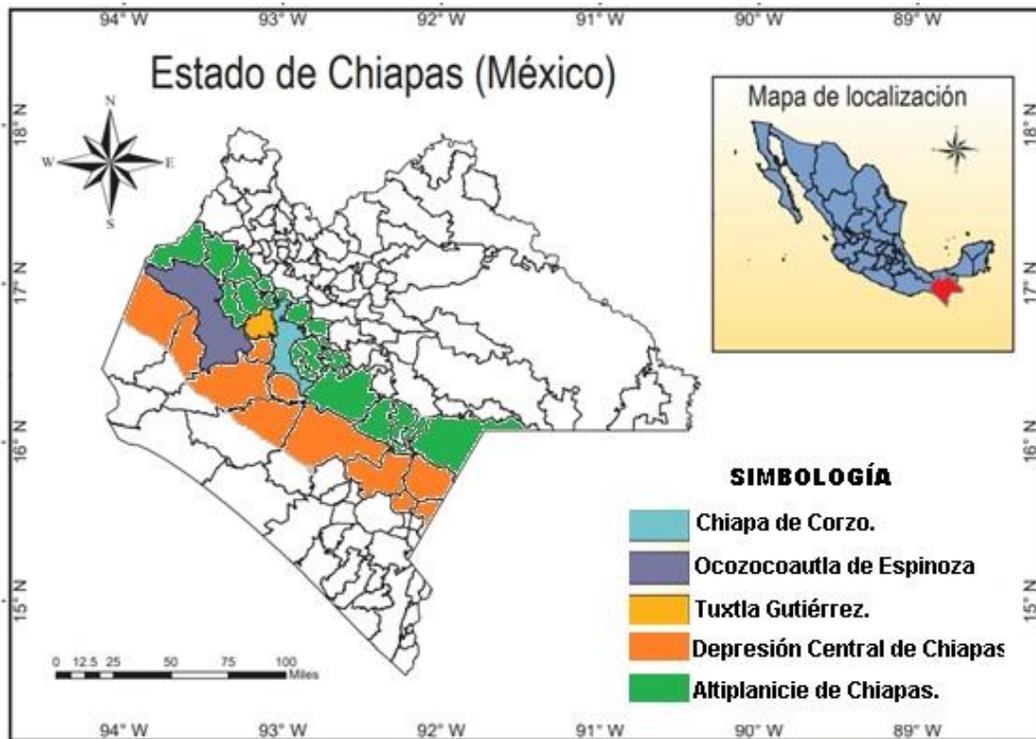


Figura 2. Ubicación del área donde se reconocieron los geositos y las regiones fisiograficas implicadas de interés geológico-paleontológico (gipp).

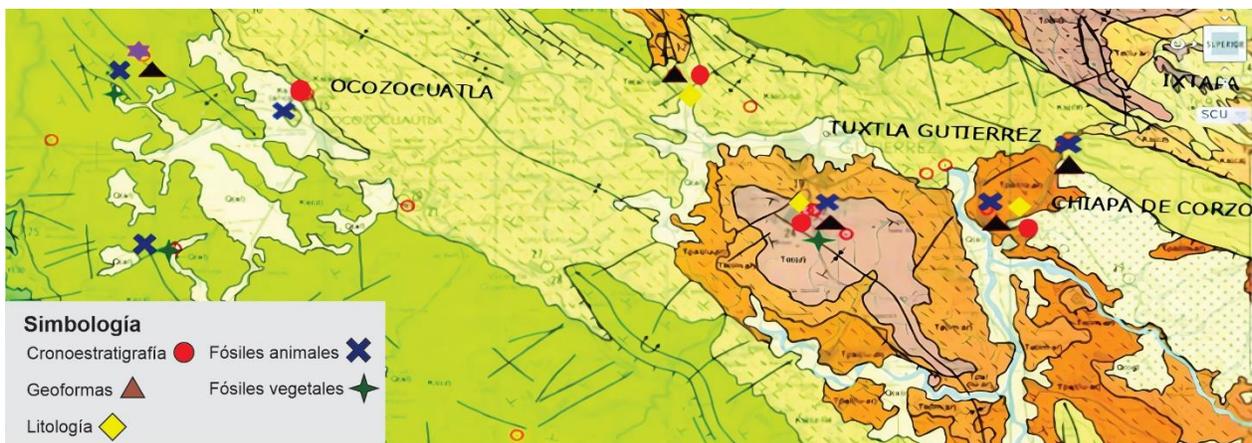


Figura 3. Geodiversidad de la Región Central de Chiapas. Cronoestratigrafía: Cuaternario, Eoceno medio, Eoceno inferior, Paleoceno, Cretácico Superior, Cretácico Inferior. Geoformas: cañón, cañada, falla, karst, mesa, pliegue, sima, sinclinal. Litología: arenisca, caliza, conglomerado, dolomia, limolita, lutita, sílicea. Fósiles animales: anélidos, artrópodos, braquiópodos, briozoarios, cnidarios, moluscos, poríferos, protozoarios. Fósiles vegetales: algas, angiospermas, briofitas, gimnospermas, pteridofitas.

Ficha Técnica

Nombre:		
Municipio:	Comunidad:	Población más próxima:
Coordenadas		
Dimensiones del g.i.g.p		
Geoforma(s)		
Litología (Tipo (s) de roca).		
Fósiles		
Cronoestratigrafía		
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto ()
	Medio-Bajo ()	Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta cuatro parámetros (Geomorfológico. Litológico. Fósiles. Crono estratigráfico) y 42 variables, tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>		

Figura 4. Ficha Técnica para ubicar y valorar cada uno de los geositos de interés geológico-paleontológico (gigp).

En apoyo a lo anterior, se realizaron las caracterizaciones de cada uno de los gigp seleccionados, se tomaron fotografías, se procedió a determinar las variables geológicas-paleontológicas evidentes agrupándose en los parámetros siguientes: geomorfológico, litológico, fósiles y cronoestratigráfico.

9. RESULTADOS

9.1. Inventario y caracterización de los gisp seleccionados

La identificación y caracterización de los geositos son pasos decisivos en cualquier estrategia de geoconservación (Brilha, 2005; Henriques et al., 2011). Varios países han desarrollado inventarios nacionales de geositos; Brilha (2016) hace una mención de los más importantes en Europa (Wimbledon y Smith-Meyer, 2012); Polonia (Alexandrowicz y Kozlowski, 1994); Portugal (Brilha et al., 2005, 2010); España (García-Cortes et al., 2001; Carcavilla et al., 2009); Suiza (Grandgivard 1999); Rusia (Lapo et al., 1993) y Reino Unido (Wimbledon et al., 1995).

Antes de iniciar un inventario, sus objetivos deben ser claramente definidos tomando en cuenta cuatro cuestiones (Lima et al., 2010 en Brilha, 2016): El tema, el valor, la escala y el uso.

Con lo que respecta al valor, el presente estudio se enfocó en el aspecto intrínseco pues en él, se fundamenta la cuestión científica al analizar y determinar las estructuras geológicas-paleontológicas independientemente de su belleza escénica y valor didáctico. La escala en la que se desarrolló el proyecto es regional, comprendida entre los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo y Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas (Figura 2); el propósito o uso de los sitios inventariados es para implementar la base geológico-paleontológica de sitios con potencialidad para ser considerados geositos y sus implicaciones para el “Geoparque: Entre Cañones, Depresión Central de Chiapas” bajo un esquema de desarrollo sustentable como el geoturismo.

El primer resultado que se tienen es el inventario de 14 geositos que se encuentran distribuidos en forma general con una dirección sureste-noroeste iniciando en el municipio de Chiapa de Corzo y finalizando en Ocozocoautla de Espinosa como se puede apreciar en la Figura 5.

El segundo resultado se muestra en la Figura 6, en donde se presenta la distribución de los 14 gisp y su geodiversidad presente sobre un mapa geológico enmarcadas en los cuatro parámetros: geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico.

El tercer resultado es la selección de los cuatro parámetros con base en la información de campo registrada en las “Fichas Técnicas” (Tabla 3 en Anexo 1) y la

caracterización de cada gign que se presenta junto a la ficha técnica de cada uno de los 14 gign.

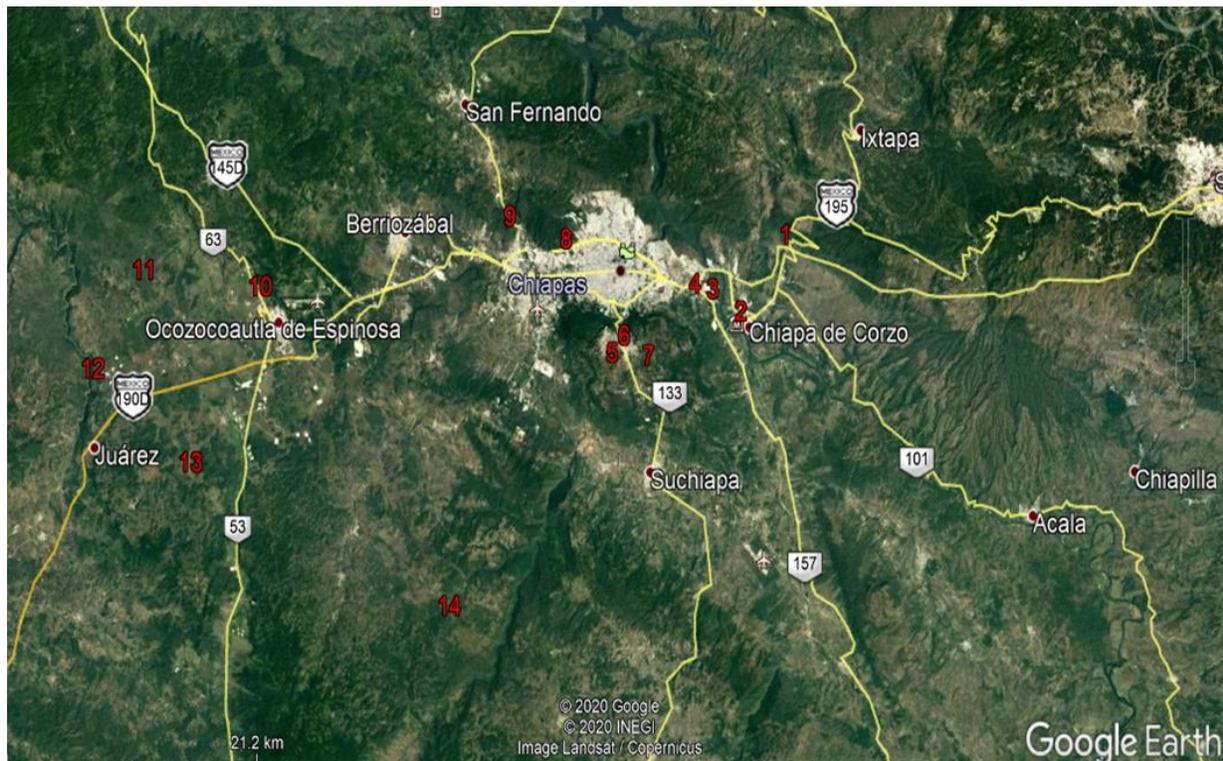


Figura 5. Mapa de satélite mostrando la localización de los geositos de interés geológico-paleontológico (gign) y principales carreteras. 1. Cueva El Chorreadero; 2. Piedra Ahorcada; 3. Cañón El Sumidero (Cahuare); 4. Pliegue Geológico; 5. Contactos Litológicos; 6. Corales Fósiles; 7. Foraminíferos Fósiles; 8. Cueva Los Rudistas; 9. Cañada La Chacona; 10. Areniscas El Cerebro; 11. Sima De Las Cotorras; 12. El Aguacero (Cañón La Venta); 13. Langosta Fósil; 14. Coníferas Fósiles.

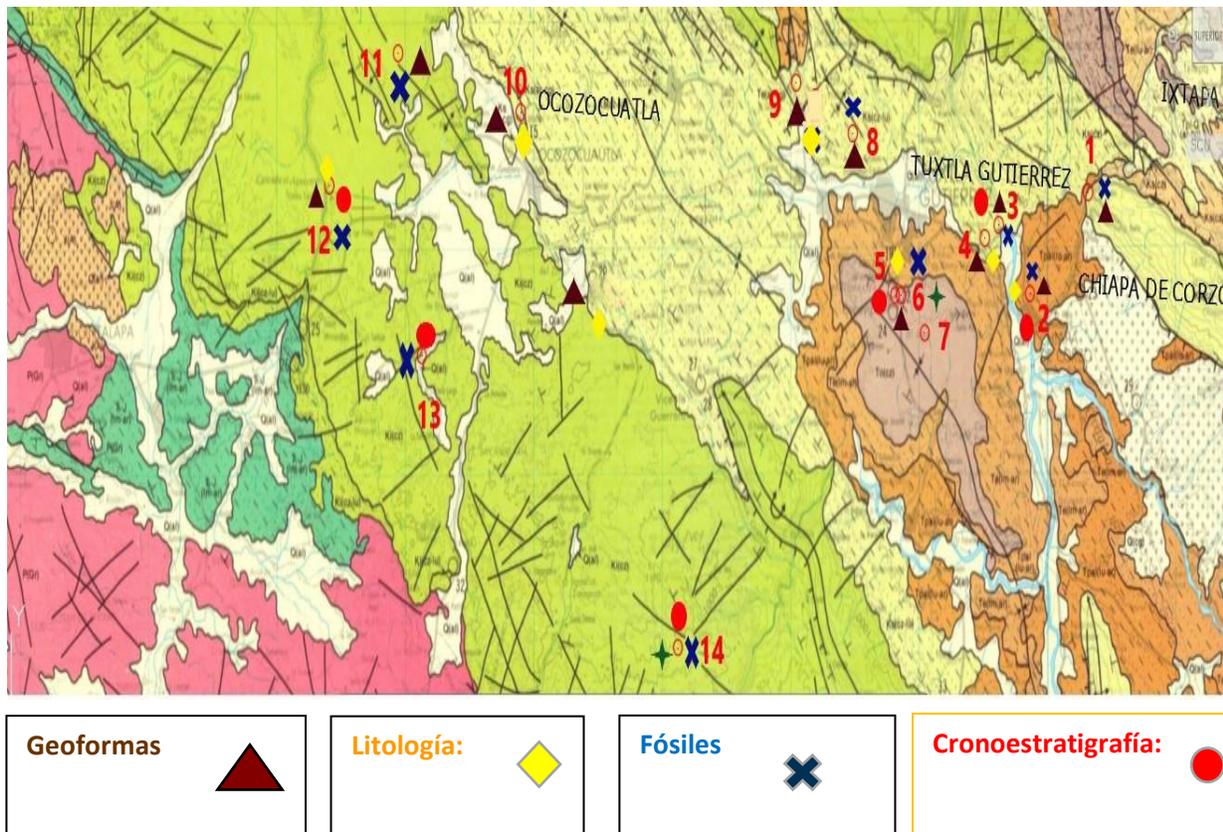


Figura 6. Carta geológica que muestra los 14 gign seleccionados, enmarcadas en los parámetros geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico. Modificado de la Carta Geológica INEGI. 1985. Escala 1:250 000 Tuxtla GTZ.).

En cada uno de los geositos seleccionados se realizó una descripción general y se tomaron fotografías panorámicas y específicas de componentes característicos como fósiles, minerales, estructuras sedimentarias, entre otros. A continuación, se presenta la ficha técnica y caracterización de cada uno de los gign seleccionados.

Geosito 1. “Cueva El Chorreadero”

Ficha Técnica

Nombre: Cueva El Chorreadero			
Municipio: Chiapa de Corzo	Comunidad: Cabecera Municipal	Población más próxima: Juan de Grijalva	
Coordenadas	Nte. 16°45'11.80''	Pte. 92°58'15.33''	
Dimensiones del g.i.g.p	10, 000m ²		
Geoforma(s)	Cueva (x)		
Tipo(s) de roca	Caliza masiva		
Fósiles	Moluscos rudistas (Bivalvos extintos) (x)		
Cronoestratigrafía	¿Cretácico Inferior?		
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto ()	Medio-Bajo (X) Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>			

Descripción general: El geosito se trata de una cueva con abertura aproximada de 20 metros de altura y 10 metros de base, con una profundidad de más de 3 km (Información reportada en el mapa que se encuentra en la entrada) en donde fluye agua de modo permanente, situada en una pared formada de potentes estratos de roca caliza con estratificación horizontal (Figura 7). Geomorfológicamente, la cueva se ubica en las elevaciones de la Meseta Central de Chiapas, que ha sufrido en general un proceso erosivo conocido como karst (Derruau, 1981). En las rocas expuestas alrededor de la cueva se observan fósiles de moluscos rudistas pobremente conservados. La edad Cretácico Inferior se infiere de la carta geológica.



Figura 7. Geosítio “El Chorreadero”. A) Entrada de la Cueva “El Chorreadero” en donde se encuentran dos personas adultas y B) fósiles de conchas de rudistas incrustadas en roca caliza (bolígrafo como escala).

Geositio 2. “Piedra Ahorcada”

Ficha Técnica

Nombre: Piedra Ahorcada			
Municipio: Chiapa de Corzo	Comunidad: Cabecera Municipal	Población más próxima: Cabecera Municipal	
Coordenadas	Nte. 16°42'45.30''	Pte. 93°00'47.31''	
Dimensiones del g.i.g.p	10m ²		
Geoforma(s)	Montículo (x)		
Tipo(s) de roca	Arenisca calcárea masiva (x)		
Fósiles	Cnidarios (Corales). Moluscos. Equinodermos. Algas. (x)		
Cronoestratigrafía	Eoceno inferior		
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto (X)	Medio-Bajo () Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>			

Descripción general: La “Piedra” está compuesta por al menos tres potentes estratos horizontales que se encuentran aflorando a unos 30 metros sobre el nivel del cauce del Río Grijalva que se encuentra cerca del sitio (Figura 8). En estos estratos de arenisca calcárea masiva, se observan fósiles de corales, moluscos y equinodermos, así como concentraciones de hematita. Al parecer corresponde al Eoceno inferior, Formación El Bosque (Perrilliat et al., 2006).



Figura 8. Detalles del geosítio Piedra Ahorcada. A) se aprecian las escaleras que dan acceso al geosítio desde una calle del poblado de Chiapa de Corzo. B) vista frontal de la “Piedra”, en donde se observan los estratos que la forman y sus dimensiones se pueden deducir a partir de la persona que aparece en la izquierda de la imagen. C) Estructuras de coral fósil.

Geositio 3. Cahuaré (Cañón El Sumidero)

FICHA TÉCNICA

Nombre: Cahuaré (Cañón El Sumidero).				
Municipio: Chiapa de Corzo	Comunidad: Cachuaré	Población más próxima: Cachuaré		
Coordenadas	Nte. 16°44'22.82''	Pte. 93°02'09.19''		
Dimensiones del g.i.g.p	10,000m ²			
Geoforma(s)	Cañón y Lapiaz.(X)			
Tipo(s) de roca	Calizas masivas			
Fósiles	Moluscos. Equinodermos (x)			
Cronoestratigrafía	Cretácico Inferior			
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto ()	Medio-Bajo (X)	Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>				

Descripción general: Cahuaré, colonia localizada a la entrada del Cañón del Sumidero, ofrece una oportunidad maravillosa para observar estructuras geológicas resultantes de procesos que empezaron hace 100 millones de años y continúan en la actualidad, como las rocas calizas en potentes estratos inclinados pertenecientes geomorfológicamente a la Meseta Central de Chiapas y crono estratigráficamente al Cretácico (Figura 9). Se observan estructuras conocidas como lapiaz, que son evidencias del proceso kárstico y escasos fósiles muy erosionados pertenecientes a moluscos y equinodermos.



Figura 9. Geosítio Cahuaré. A) Pared del Cañón del Sumidero, formado de potentes estratos de caliza pertenecientes al Cretácico. B) Roca caliza erosionada por agua de manera característica conocida como “lapiaz”.

Geosítio 4. Pliegue Geológico

Ficha Técnica

Nombre: Pliegue Geológico				
Municipio: Chiapa de Corzo	Comunidad: Cachuaré	Población más próxima: Cachuaré		
Coordenadas	Nte. 16°44'4.65"	Pte. 93° 2'45.59"		
Dimensiones del g.i.g.p	600 m ²			
Geoforma(s)	Pliegue (x)			
Tipo(s) de roca	Dolomía, lutita y aglomerado			
Fósiles	No se han encontrado			
Cronoestratigrafía	Cretácico Superior y Cuaternario			
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto ()	Medio-Bajo (X)	Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>				

Descripción general: En este geosítio se observa el plegamiento, fractura y falla de transpresión, también conocido como estructura floral (Jorge Paz, 2023 com. per.) estratos de roca dolomía y lutita de origen marino, resultado de la presión horizontal a que es sometida a los estratos cretácicos de la región (Figura 10). Sobre yaciendo a éstos, se tiene un depósito horizontal de aglomerado, evidencia de una historia continental, seguramente se trata de un depósito del Cuaternario procedente del paleo-río Grijalva. Las edades probables del Cretácico Superior y Cuaternario se infieren por la superposición de los estratos.



Figura 10. Geosítio Pliegue Geológico donde se observa la falla de transposición con movimiento lateral izquierdo observado en un corte a un costado de un camino cerca del poblado Cachuaré, en Chiapa de Corzo. El pliegue geológico fue descubierto al construir una carretera. El Dr. Jorge Paz Tenerio, quien aparece en la imagen, amablemente proporcionó la fotografía.

Geositio 5. Contactos litológicos

Ficha Técnica

Nombre: Contacto Litológico		
Municipio: Tuxtla Gutiérrez	Comunidad: Copoya	Población más próxima: Copoya
Coordenadas	Nte. 16°42'42.65"	Pte. 93° 6'41.76"
Dimensiones del g.i.g.p	1,000m ²	
Geoforma(s)	Mesa (x)	
Tipo(s) de roca	Caliza masiva en la base, sobre yace limolita calcárea compacta alternando con deleznable y sobre esta, una arenisca calcárea masiva con inclusiones de grava silíceas (x)	
Fósiles	Protozoarios (Foraminíferos). Cnidarios (Coral). Moluscos (Gasterópodos y Bivalvos). Anélidos. Tallos y hojas (x)	
Cronoestratigrafía	Eoceno medio (x)	
Valor intrínseco*:	Alto (X) Medio-Alto () Medio-Bajo () Bajo ()	
Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos: Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro. Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros. Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros. Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.		

Caracterización

Descripción general: Se presentan tres litologías características en contacto horizontal, apareciendo en la base caliza compacta color blanco, sobre yace limo calcáreo de consistencia deleznable y compacta que se alternan en capas delgadas y por último estratos potentes de arenisca calcárea con inclusiones de grava silíceas todos, con presencia de fósiles de invertebrados (Aguilera y García, 1991; Aguilera, 1993; Vega et al., 2001b) y vertebrados (Ferrusquía et al., 1999, 2000) asignados al Eoceno medio (Figura 11). Presencia de minerales de hematita color rojo y carbón

negro. Estas litologías son evidencia de una alternancia de ambientes marinos y continentales litorales en donde hay evidencia de condiciones húmedas y secas.

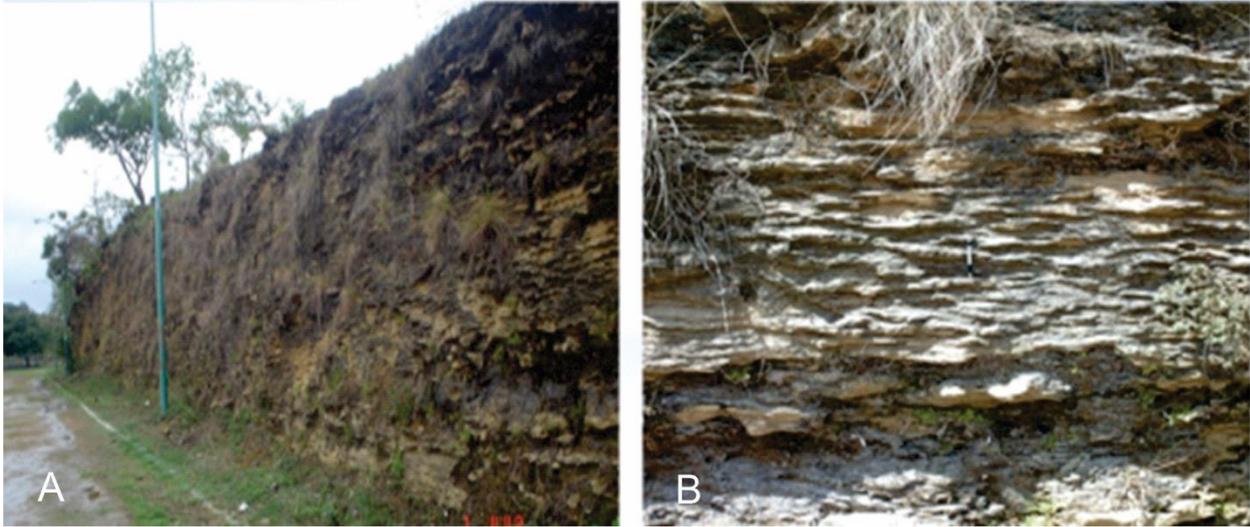


Figura 11. Detalles del geosítio Contacto litológico. A) vista general del geosítio y B) capas de limo calcáreo que se alternan en consistencias consolidada y deleznable.

Geosítio 6. Corales Fósiles

Ficha Técnica

Nombre: Corales Fósiles		
Municipio: Tuxtla Gutiérrez.	Comunidad: Copoya	Población más próxima: Copoya
Coordenadas	Nte. 16°42'42.65''	Pte. 93° 06' 41.76''
Dimensiones del g.i.g.p	1, 000m ²	
Geoforma(s)	Mesa (x)	
Tipo(s) de roca	Caliza masiva en la base en contacto lateral con arenisca calcárea que se alterna con limolita (x)	
Fósiles	Protozoarios (Foraminíferos). Briozoarios. Cnidarios (Corales). Moluscos (Gasterópodos y Bivalvos). Equinodermos. Crustáceos. Algas calcáreas (x)	
Cronoestratigrafía	Eoceno medio (x)	
Valor intrínseco*:	Alto (x)	Medio-Alto () Medio-Bajo () Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>		

Descripción general: Los corales fósiles se encuentran incluidos en una caliza masiva de color blanco, acompañados de gran número de fósiles de crustáceos, equinodermos, briozoarios, foraminíferos y algas calcáreas (Figura 12). Sobre el área se han generado varias investigaciones y sus respectivas publicaciones: e.g. Aguilar y García (1991), Aguilar (1993), Ferrusquía et al. (1999), Ferrusquía et al. (2000), Jiménez (2006), Jiménez et al. (2006).



Figura 12. Geosítio Corales Fósiles. A) y C) Fósiles de corales incluidos en roca caliza. B) Estratos de roca caliza compacta que contiene los fósiles.

Geosítio 7. Foraminíferos Fósiles

Ficha Técnica

Nombre: Foraminíferos Fósiles			
Municipio: Tuxtla Gutiérrez.	Comunidad: Colonia Piedra Santa.	Población más próxima: El Jobo.	
Coordenadas	Nte. 16°42'42.65''	Pte.93° 06' 41.76''	
Dimensiones del g.i.g.p	1, 000m ²		
Geoforma(s)	Mesa (x)		
Tipo(s) de roca	Estaros que se alternan de caliza masiva, arenisca calcárea y lutita (x)		
Fósiles	Protozoarios (Foraminíferos). Briozoarios. Cnidarios (Corales). Anélidos. Equinodermos. Moluscos (Gasterópodos y Bivalvos). Crustáceos. Algas calcáreas. Madera fósil (x)		
Cronoestratigrafía	Eoceno medio (x)		
Valor intrínseco*:	Alto (X)	Medio-Alto ()	Medio-Bajo () Bajo ()
*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos: Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro. Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros. Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros. Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.			

Descripción general: El gígg se ubica en la parte alta de la Mesa de Copoya y se caracteriza por presentar estratos horizontales de forma escalonada de roca caliza, arenisca calcárea y limolita con abundancia de fósiles de foraminíferos (Aguilera y García, 1991; Aguilera, 1993) microorganismos que en este afloramiento son de gran tamaño y pueden ser vistos a simple vista (Figura 13). Acompañando a los foraminíferos se encuentran fósiles de anélidos, moluscos, crustáceos, equinodermos y vertebrados (tiburones, tortugas, sirenido) (Mullerried 1982; Ferrusquía et al., 1999, 2000), así como restos vegetales (algas y restos de madera fósil que por el momento se investiga si son gimnospermas o angiospermas).

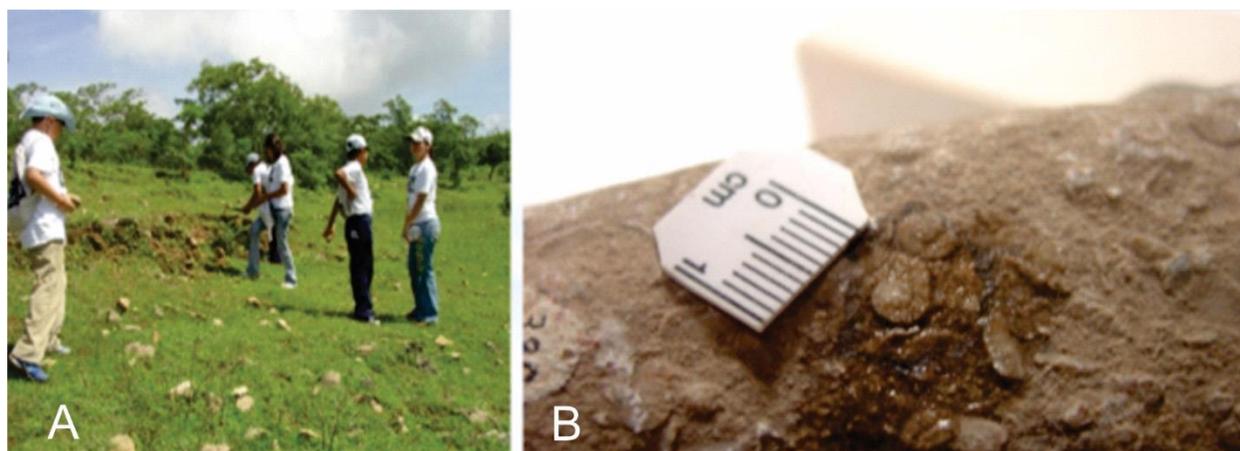


Figura 13. Geosítio Foraminíferos Fósiles. A) Estrato de arenisca calcárea donde se han desprendido rocas que los jóvenes están revisando para ver fósiles. B) detalle de un macroforaminífero.

Geosito 8. - Cueva Los Rudistas

Ficha Técnica

Nombre: Cueva Los Rudistas			
Municipio: Tuxtla Gutiérrez.	Comunidad: Colonia Laguitos.	Los	Población más próxima: Tuxtla Gutiérrez.
Coordenadas	Nte. 16°42'42.65''		Pte.93° 08' 32.63''
Dimensiones del g.i.g.p	1, 000m ²		
Geoforma(s)	Cueva (x)		
Tipo(s) de roca	Caliza masiva		
Fósiles	Rudistas (Bivalvos extintos) (x)		
Cronoestratigrafía	Cretácico Superior (x)		
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto (X)	Medio-Bajo () Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>			

Descripción general: Se trata de un geosito con componentes geológico, paleontológico, biológico y cultural (Figura 14). Geológicamente se trata de una roca caliza masiva que presenta una fuerte disolución por agua, dando origen a una amplia cueva, proceso conocido como karst (Derruau, 1981). Gracias a este evento, se han descubierto conchas fósiles que corresponden a moluscos rudistas identificados como *Vaccinites* sp., del Cretácico Superior (Alencaster, 1995). El tema biológico y cultural está fuera de la presente investigación, sólo se mencionará que es hábitat de una importante colonia de murciélagos polinizadores de una gran diversidad de plantas con flor y dada la cercanía con la población humana ha sido objeto de leyendas urbanas.

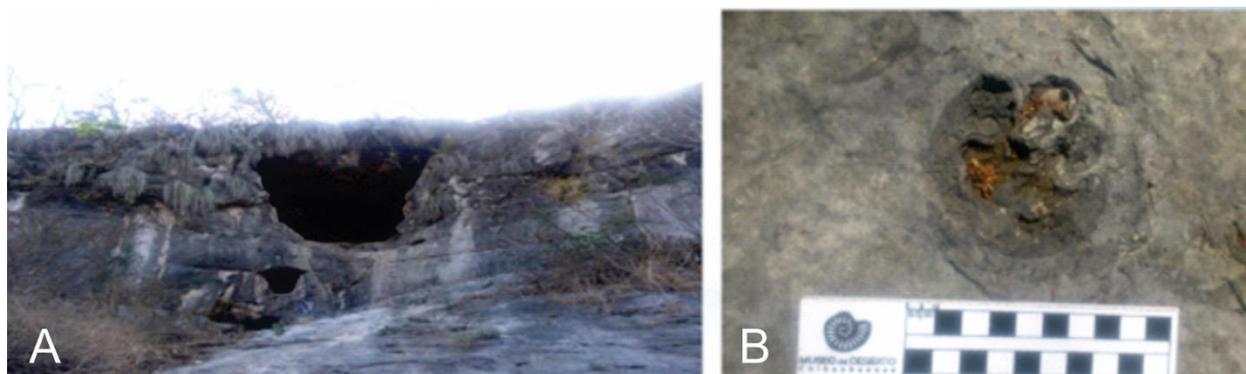


Figura 14. Cueva “De los Rudistas”, A) en donde se observan los potentes estratos de caliza horizontal. B) Fósil de rudista del género *Vaccinites* sp. en corte transversal.

Geosítio 9. Cañada La Chacona

Ficha Técnica

Nombre: Cañada La Chacona				
Municipio: Tuxtla Gutiérrez.	Comunidad: La Chacona.	Población más próxima: Terán.		
Coordenadas	Nte. 16°47'4.02''	Pte.93°11'49.02''		
Dimensiones del g.i.g.p	4000 m ²			
Geoforma(s)	Cañada (x)			
Tipo(s) de roca	Caliza. Conglomerados. Lutita (x)			
Fósiles	No se han encontrado			
Cronoestratigrafía	Cretácico Superior			
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto ()	Medio-Bajo (X)	Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>				

Descripción general: Esta estructura geológica es un espacio de comunicación entre las regiones fisiográficas Depresión Central de Chiapas con 550 m.s.n.m y la Altiplanicie Central con más de 1000 m.s.n.m., en donde se observan estratos de caliza compacta color crema, sobre yacen estratos de lutitas oscuras y aglomerado cubiertos con suelo negro en donde se desarrolla vegetación de selva mediana subperenifolia (Figura 15). Las edades de las rocas se refieren al Cretácico Superior por superposición y por la carta Geológica (INEGI, 1985).



Figura 15. Geosito Cañada la Chacona. A) Paradero en donde se construyó una pequeña capilla: se aprecia la abundante vegetación que la mayor parte del año está verde. B) Estratos de las diferentes litologías presentes que son evidencia de los cambios ambientales profundos (marino, fluvial y terrestre) que ha sufrido el área.

Geositio (10). - Areniscas El Cerebro

Ficha Técnica

Nombre: Arenisca El Cerebro				
Municipio: Ocozocoautla de Espinosa.	Comunidad: Piedra Parada.	Población más próxima: Ocuilapa		
Coordenadas	Nte. 16°47'4.02''	Pte.93°23'6.42''		
Dimensiones del g.i.g.p	40,000m ²			
Geoforma(s)	Montículos cercenados (x)			
Tipo(s) de roca	Caliza. Arenisca. Conglomerado (x)			
Fósiles	Molusco (x)			
Cronoestratigrafía	Cretácico Superior			
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto (X)	Medio-Bajo ()	Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>				

Descripción general: Depósito de arenisca cuarzosa con una extensión aproximada de 4 km de largo por 1 km de ancho que ha sido fuertemente diseccionada, resultando una estructura parecida a un cerebro (Figura 16). Se encuentra al costado poniente de la Formación Ocozocoautla perteneciente al Maastrichtiano y sobreyace a la Formación Sierra Madre del Cretácico Inferior. Según Vega (2008) es un importante depósito de playa junto a una barrera arrecifal contiene fósiles de moluscos en su contacto con la Formación Ocozocoautla.

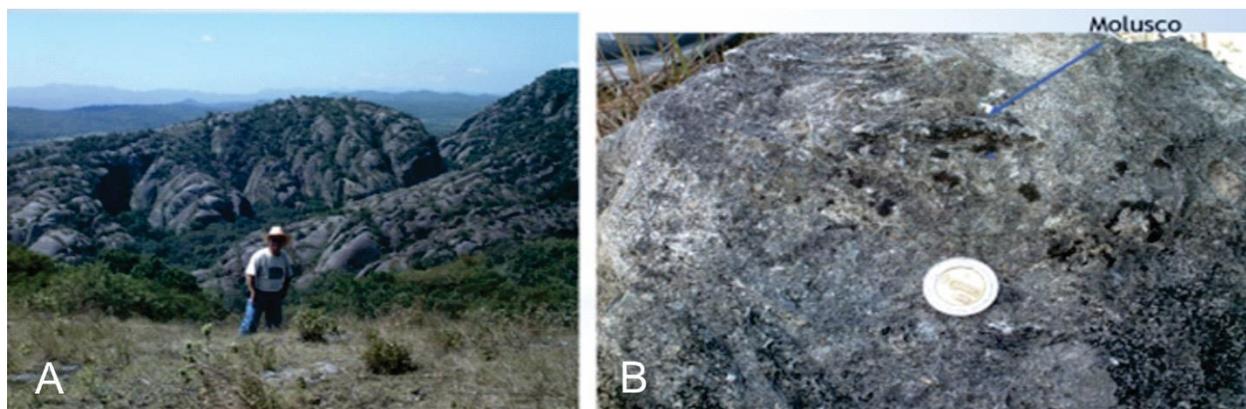


Figura 16. Geosito El Cerebro. A) Depósito de areniscas cuarzosas y caliza con apariencia de “cerebro” espaldas del autor. B) Fósil de molusco incluido en la roca.

Geosito 11. Sima de las Cotorras

Ficha Técnica

Nombre: Sima de las Cotorras			
Municipio: Ocozocoautla de Espinosa.	Comunidad: Ejido Rivera Piedra Parada	Población más próxima: Piedra Parada	
Coordenadas	Nte. 16°48'29.30''	Pte.93°28'28.20''	
Dimensiones del g.i.g.p	10,000m ²		
Geoforma(s)	Sima (x)		
Tipo(s) de roca	Calizas y Dolomías masivas.		
Fósiles	Rudistas (Moluscos bivalvos extintos) (x)		
Cronoestratigrafía	Cretácico Superior		
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto ()	Medio-Bajo (X) Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>			

Descripción general: La sima es un gran agujero en la superficie del terreno plano, con un diámetro de 140 metros y 90 metros de profundidad (Figura 17). Se formó por una colina de colapso presentando en el fondo el cono de detritos, mismos materiales que formaron el techo de esta oquedad. Las rocas que se observan en las paredes son de caliza y dolomía depositadas en potentes estratos muy fracturados en sentido vertical. En los márgenes de la sima es posible observar fósiles conocidos de rudistas, bivalvos extintos que son buenos indicadores cronoestratigráficos del Cretácico.



Figura 17. Geosítio Sima de las Cotorras. A) Vista aérea de la sima, la cual presenta a su alrededor vegetación de selva baja caducifolia, en su interior selva mediana subcaducifolia y en el margen superior una construcción que corresponde al restaurante y la más retirada a cabañas de hospedaje. B) Roca caliza con un gran número de fósiles de conchas de rudistas en diferentes secciones.

Geosito 12. El Aguacero (Cañón La Venta)

Ficha Técnica

Nombre: Sitio El Aguacero (Parte del cañón La Venta)		
Municipio: Ocozocoautla de Espinosa.	Comunidad: Ejido Rivera Piedra Parada	Población más próxima: Piedra Parada
Coordenadas	Nte. 16°45'17.96"	Pte. 93°31'29.21"
Dimensiones del g.i.g.p	10,000m ²	
Geoforma(s)	Cañón (x)	
Tipo(s) de roca	Caliza y Dolomía masivas.	
Fósiles	Algas, Protozoarios (Foraminíferos planctónicos). Moluscos (ruditas radiolítidos; bivalvos, gasterópodos), Cnidarios (Corales solitarios y coloniales). Equinodermos. Poríferos (Espículas). Artrópodos (x)	
Cronoestratigrafía	Cretácico Inferior (x).	
Valor intrínseco*:	Alto () Medio-Alto (X) Medio-Bajo () Bajo ()	
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>		

Descripción general: El geosito se encuentra al inicio del cañón conocido como “La Venta”, presentando paredes formadas por potentes estratos horizontales de roca caliza, alcanzando alturas de cuando menos 60 metros en donde la pared oriente presenta un vertedero de agua subterránea cayendo hasta el cauce del río “La Venta” en forma de aguacero (Figura 18). Es posible llegar a “El Aguacero” por medio de más de 700 escalones labrados en la roca. Gracias a esta accesibilidad a las rocas se han realizado investigaciones geológicas y paleontológicas detalladas destacando una abundante paleobiodiversidad integrada por los siguientes grupos: algas, foraminíferos

planctónicos, rudistas radiolítidos, corales solitarios y coloniales, equinodermos, espículas de esponjas, bivalvos, gasterópodos y artrópodos, todos pertenecientes cronoestratigráficamente al Cretácico Inferior (Steele y Waite, 1986).



Figura 18. Geosito El Aguacero. A) Pared oriental, donde se encuentra el acceso para el profundo cauce y la caída de agua que hace referencia al nombre de “El Aguacero”. B) Panorámica de las paredes que presenta el Cañón La Venta donde se aprecian los estratos horizontales y fracturas verticales en la rocas calizas.

Geositio 13. Langosta Fósil

Ficha Técnica

Nombre: Langosta Fósil				
Municipio: Ocozocoautla de Espinosa.	Comunidad: El Espinal	Población más próxima: Espinal de Morelos		
Coordenadas	Nte. 16°41'13.66"	Pte. 93°27'25.77"		
Dimensiones del g.i.g.p	5,000m ²			
Geoforma(s)	Planicie			
Tipo(s) de roca	Dolomía.			
Fósiles	Artrópodos (langosta, odonatos, hemíptero y tanaidáceos). Vertebrados (Peces) (x)			
Cronoestratigrafía	Cretácico Inferior (Albiano) (x)			
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto ()	Medio-Bajo (X)	Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>				

Descripción general: Geositio de roca dolomía que forma estratos horizontales delgados de un milímetro a 50 cm espesor formando una planicie (Figura 19). Se han recolectado abundantes fósiles de invertebrados pertenecientes al grupo de los artrópodos como langosta, odonatos, hemíptero (Vega et al., 2006) e isópodos y tanaidáceos (Vega et al., 2003); de vertebrados se han recuperado peces en un extraordinario procesos de fosilización en donde es posible observar rastros de estructuras internas como el sistema digestivo y restos de alimentos (Vega et al., 2003, 2006; Alvarado y Ovalles-Damián, 2008; Alvarado et al., 2009). Se han considerado al afloramiento como un “Lagerstätte” (Vega et al., 2006). Gracias a esta abundante paleobiodiversidad ha sido posible especificar su ubicación cronoestratigráfica a una edad del Albiano-Cenomaniano con 100 millones de años.



Figura 19. Geosito Langosta Fósil. A) Panorámica de la localidad donde se observa la roca dolomía que fue removida por actividad minera que es aprovechada por el investigador para el salvamento de los fósiles. B) Vista lateral de la langosta fósil *Palinurus palaciosi* (Vega, et al., 2006).

Geositio 14. Coníferas Fósiles

Ficha Técnica

Nombre: Coníferas Fósiles			
Municipio: Ocozocoautla de Espinosa.	Comunidad: Guadalupe Victoria	Población más próxima: Ignacio Zaragoza (El Morro).	
Coordenadas	Nte 16°34'14.00"	Pte. 93°16'11.00"	
Dimensiones del g.i.g.p	5,000m ²		
Geoforma(s)	Planicie		
Tipo(s) de roca	Dolomía.		
Fósiles	Gimnospermas (Coníferas). Angiospermas. Algas. Briofitas. Pteridofitas. Animales: Artrópodos. Moluscos Gasterópodos. Cordados (Peces) (x)		
Cronoestratigrafía	Cretácico Inferior (x)		
Valor intrínseco*:	Alto ()	Medio-Alto ()	Medio-Bajo (X) Bajo ()
<p>*Tomando en cuenta los parámetros y variables considerados (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico y 42 variables), tenemos:</p> <p>Alto: si presenta al menos una variable de cada parámetro.</p> <p>Medio-Alto: si presenta al menos una variable en tres parámetros.</p> <p>Medio-Bajo: si presenta al menos una variable en dos parámetros.</p> <p>Bajo: si presenta al menos una variable en un parámetro.</p>			

Descripción general: Geositio de roca dolomía que presenta las mismas condiciones geomorfológicas y cronoestratigráficas que el geositio “Langosta Fósil” pero difieren, hasta ahora, en su contenido fósil, predominando el registro vegetal y los peces (Figura 20). El afloramiento fue descubierto en el año 2003 y se ha trabajado una extensión aproximada de 5000 m², recuperándose especímenes fósiles de algas, briofitas, pteridofitas, coniferófitas, magnofitas, moluscos amonoideos, crustáceos y peces (Alvarado-Ortega y Than-Marchese, 2012, 2013; Amaral et al., 2013; González-Ramírez et al., 2013; Moreno-Bedmar et al., 2014; Díaz-Cruz et al., 2016, 2019; Guinot et al., 2019).

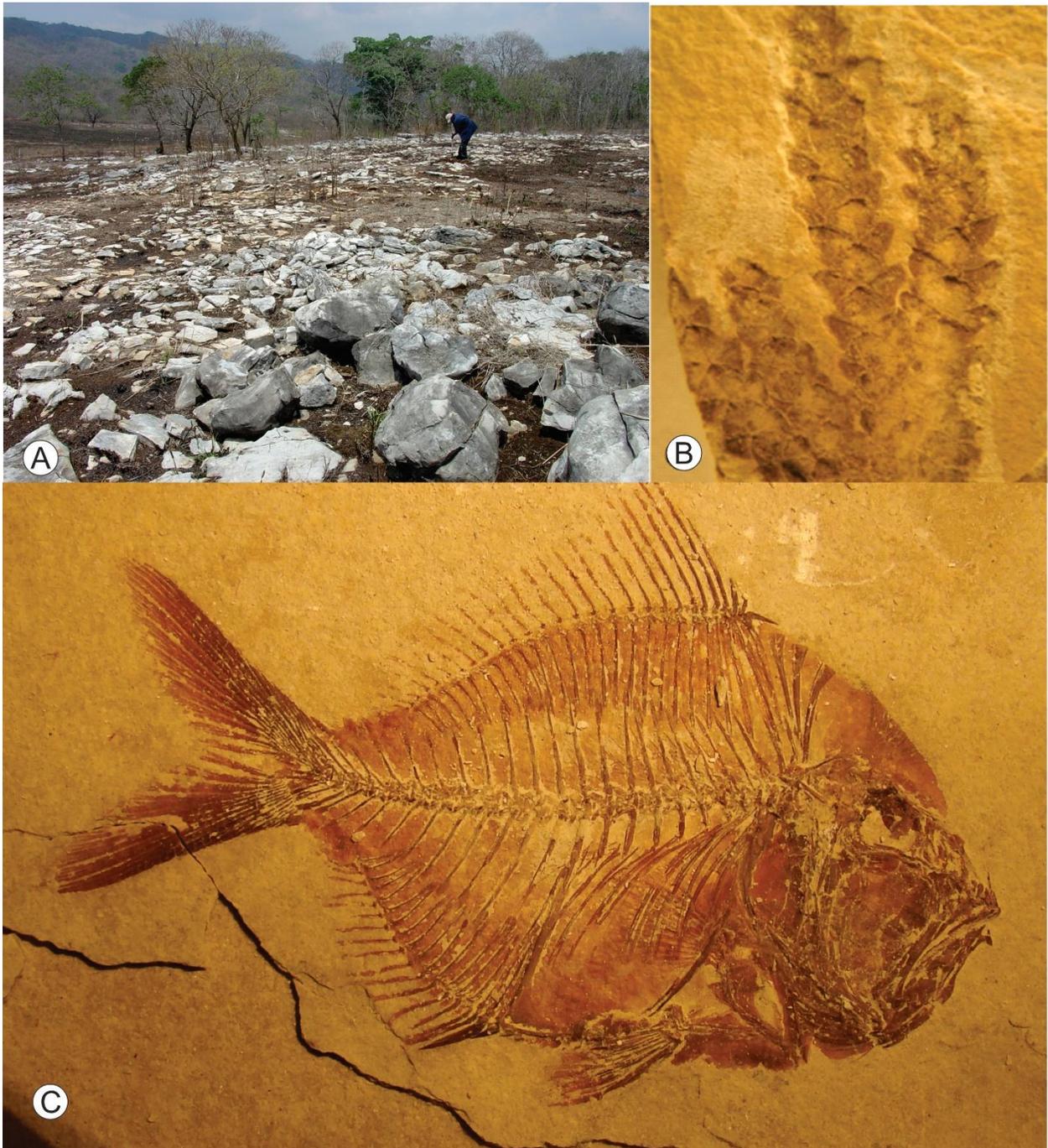


Figura 20. Geosítio Coníferas Fósiles. A) Vista general del gipg; en primer plano se aprecian las lajas de roca de dolomía. B) Restos de conífera fósil del grupo C) Pez acantomorfo, *Zoqueichthis carolinae*, en excelente estado de preservación (Alvarado-Ortega y Than-Marchese, 2012) permitiendo observar casi todas sus estructuras.

A partir de los datos de la Tabla 4 (ver Anexo 1) se construyó la gráfica de la Figura 21, en la cual, los gignp están representados en las ordenadas y los cuatro parámetros (geomorfológicos, litológicos, paleontológicos y cronoestratigráfico), en las abscisas, resultando la agrupación de los 14 gignp en tres agrupamientos (A, B y C). En el grupo A están contenidos siete gignp y son aquellos que presentan dos parámetros de los cuatro considerados; el grupo B, contiene cuatro gignp que presentan tres parámetros y el grupo C, con tres gignp, que contienen cuatro parámetros.

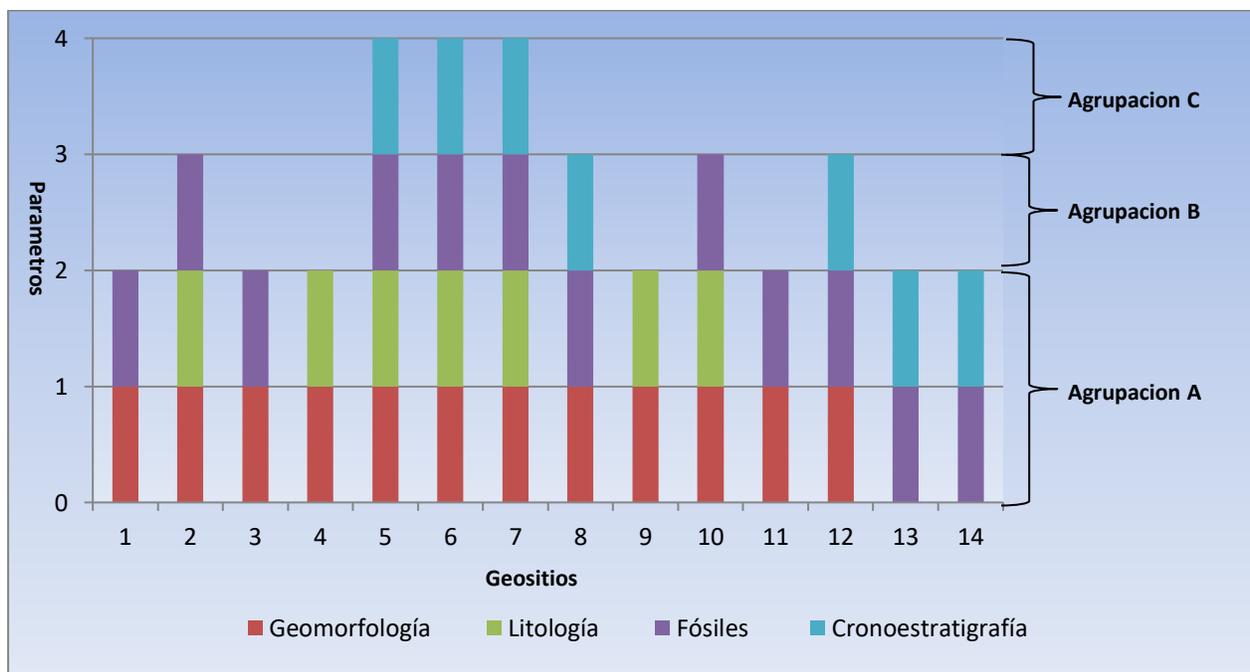


Figura 21. Agrupación de geositos de interés geológico-paleontológico (gignp) con base en los datos de campo registrados en las fichas técnicas de cada gignp y la información recopilada en la Tabla 4 (ver Anexo 1).

9.2. Determinación cualitativa y cuantitativa de los geositos seleccionados

A partir de los datos obtenidos en la Tabla 3 (Fichas Técnicas) y en las caracterizaciones de cada uno de los 14 gisp, se construyeron las Tablas 4 y 5 (Anexo 1), en donde se presenta de manera concisa para cada gisp los componentes (variables) observados de cada parámetro.

Con el registro de las 42 variables (total de elementos geológicos-paleontológicos identificados en el presente estudio) señalados para cada uno de los 14 gisp (Tablas 4 y 5), se procedió a realizar un análisis multivariante de agrupamiento, obteniéndose el dendograma de la Figura 22.

El propósito del análisis multivariante es medir, explicar y predecir el grado de relación que existe entre la variación (combinación lineal ponderada de las variables). El carácter multivariante del análisis descansa no sólo en el número de variables sino en las múltiples combinaciones existente entre las variables.

El análisis multivariante siempre se utiliza cuando hay más de tres variables involucradas y el contexto de su contenido no está claro. El objetivo es detectar una estructura, por un lado, y verificar los datos de las estructuras por otro.

Para la aplicación del análisis multivariante se construyó una matriz con geositos versus variables geológicas-paleontológicas. La ausencia/presencia de las variables se codificó respectivamente como 0/1 (Tabla 4). El análisis de agrupamiento se realizó usando el software PAST 4.5 (Hammer et al., 2001), utilizando como algoritmo de agrupamiento UPGMA (método de grupos de pares no ponderados con media aritmética), con el cual los grupos se unen en función de la distancia promedio entre todos los miembros de los dos grupos (Sokal y Michener 1958; Cuadras, 2014) y como índice de similitud Jaccard, el cual mide el grado de similitud entre dos conjuntos, pero sin tomar en cuenta los valores negativos (en este caso 0) (Real y Vargas, 1996).

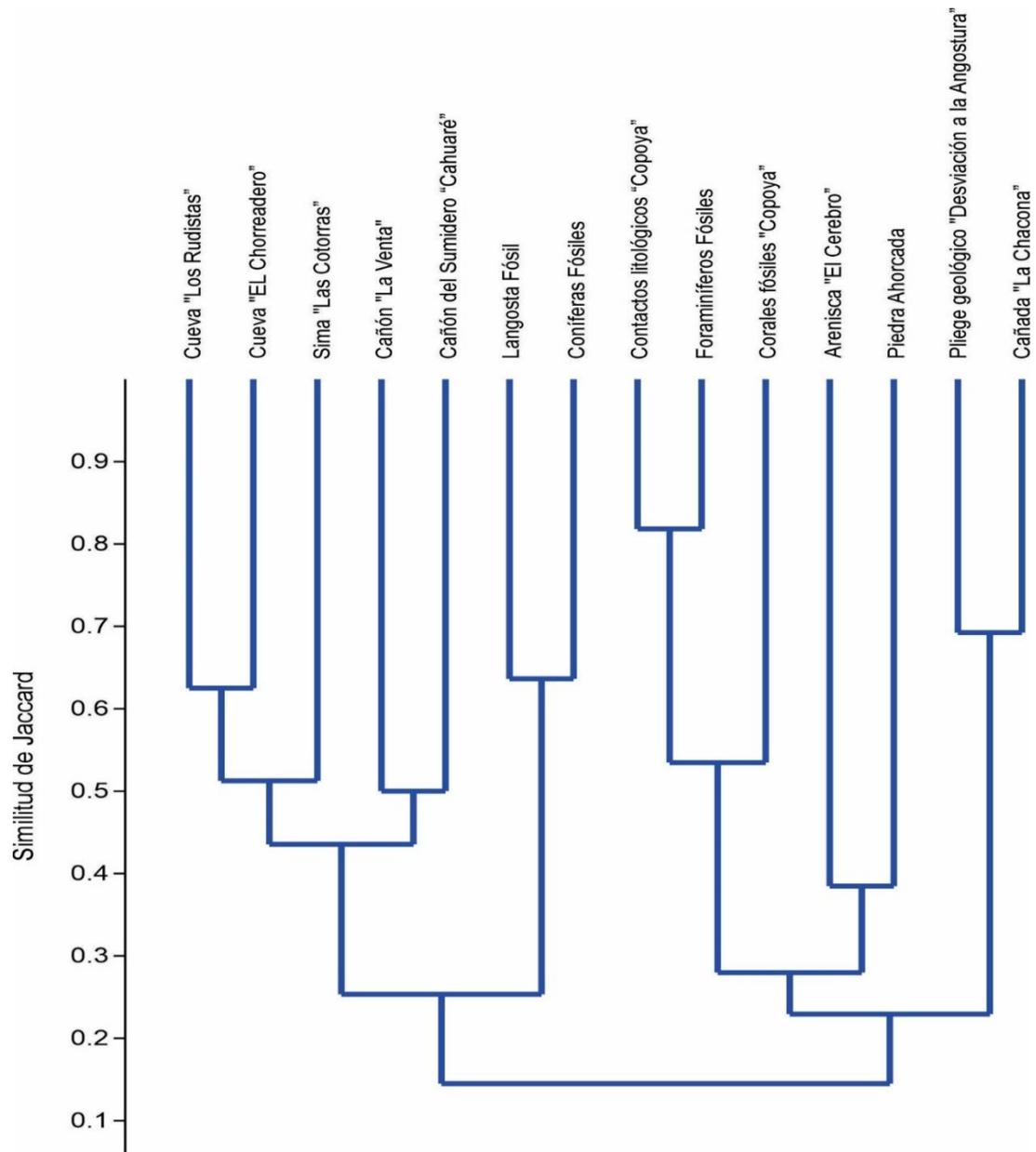


Figura 22. Agrupamiento de los 14 gigp resultado del análisis multivariado.

10. DISCUSIÓN

Entre los objetivos principales de los geositos está el conocimiento e interpretación de la historia geológica de la Tierra y los procesos que la han modelado. Para lo anteriormente expresado, es imprescindible el inventario en donde se proporcionen datos sobre la identificación, localización, clasificación y valoración. Esto permite identificar la ubicación de los lugares seleccionados y su relevancia dentro del contexto geológico. Además, la información sobre localización debe contener la delimitación precisa del lugar y su adecuada denominación, sin olvidar su descripción detallada (García-Cortés et al., 2019). A estas exigencias responden los resultados propuestos en la presente investigación.

El inventario desarrollado en el presente trabajo se llevó a cabo de una manera sistemática en donde el contexto geológico del área en estudio caracterizado por un paisaje tectónico-kárstico y tectónico-acumulativo (Morales et al., 2016, 2020), determinó la asignación de bloques temáticos correspondientes a unidades geomorfológicas, litológicas, paleontológicas y cronoestratigráficas. De manera coherente con los criterios de selección de los lugares, el procedimiento para su selección y valoración se utilizaron exclusivamente criterios intrínsecos o de existencia, como tamaños, tipos y formas de sedimento, tipos de mineral, rocas y fósiles, temporalidad, entre otros componentes identificados que totalizan 42 variables. Esta perspectiva, que se practicó respecto al valor del patrimonio geológico-paleontológico en los 14 gigp (geositos de interés geológico-paleontológico), fue exclusivamente científica, pues consideramos, siguiendo a otros autores (e.g. Brilha, 2018), que es la base para una futura incorporación de aspectos didácticos, turísticos y culturales.

Para la denominación o nombre que se asignó a los diferentes gigp del inventario se estableció fueran cortos, binominales y análogos a la taxonomía biológica en donde una palabra refiera una característica geológica como areniscas, cueva, cañada, etc., o bien paleontológica (corales, foraminíferos, langosta, etc.), y la segunda haga referencia a la condición de su presentación como por ejemplo “Fósil” o bien el nombre común usado por los pobladores del sitio como “La Chacona”, “Cahuaré” o “El Aguacero”.

El método de valoración cuantitativo propuesto en la presente investigación tomó en cuenta los geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigrafía (Tabla 6,

ver Anexo 1). Como resultado se obtuvieron tres agrupaciones que son “A”, “B” y “C” (Figura 21). Este método no pretendió obtener valores exactos para cada parámetro, sino que permitió disminuir la subjetividad, aumentar la repetitividad y reproducibilidad de los resultados, con el objetivo de obtener rangos de valoración que posibilitan la comparación de los parámetros o variables determinadas en los gígg. La utilización del sistema cuantitativo de valoración, aplicando la misma metodología a cada uno de los gígg, fue útil para la comparación de los 14 gígg seleccionados, lo que permitió establecer gráficas de comparación, ordenación y valoración para cada uno de ellos.

Para la corroboración de los resultados obtenidos en las “Fichas Técnicas”, se aplicó el análisis multivariado utilizando las 42 variables observadas en los 14 gígg dando por resultado un dendograma que permitió realizar una comparación del grado de similitud entre los datos por medio gráfico y numérico (Figura 22).

En la Figura 21 se observa que el agrupamiento mostrado en “Agrupación A” engloba siete gígg que son: 1, Cueva El Chorreadero; 3, Cañón El Sumidero-Cahuare; 4, Pliegue Geológico; 9, Cañada La Chacona; 11, Sima Las Cotorras; 13, Langostas Fósiles y 14, Coníferas Fósiles. Por su parte, en la Figura 22 muestra que los gígg 4, 9, 13 y 14 se encuentran en ramas cercanas, comparando estos valores con los de la “Agrupación A” de la Figura 21 resulta que existe un 57% de similitud de los gígg en ambas gráficas.

En la Tabla 7 del Anexo 1 se muestran los valores de obtenidos con el análisis multivariado. Esos valores numéricos indican que el valor de similitud está alrededor del 60%, cercano al 57% obtenido previamente, un valor que pudiera elevarse cuando se tenga determinado el valor del parámetro cronoestratigráfico en los gígg 1 y 11 (Cueva El Chorreadero y La Sima Las Cotorras).

El “Agrupamiento B” de los gígg asociados son: 2, Piedra Ahorcada; 8, Cueva Los Rudistas; 10. Areniscas El Cerebro y 12, Cañón La Venta-El Aguacero (Figura 21) son, los que presentan variables en cuando menos tres parámetros considerados (geomorfológica. litología. fósiles y cronoestratigráficos). Comparando su distribución en la Figura 22 se tiene que los gígg 2, 8, y 12 se presentan en ramas distantes y sólo los gígg 2 y 10 se encuentran en ramas proximales, pero con una unión por debajo del 0.5 (Similitud Jaccard) lo que se interpreta que este agrupamiento está caracterizado por

valores de similitud bajos. Los bajos valores numéricos relacionan los gign con la “Agrupación B” obtenida en la Figura 22. Los valores numéricos se muestran en la Tabla 7.

En el “Agrupamiento C” de la Figura 21, los gign asociados son: 5, Contactos Litológicos; 6, Corales Fósiles y 7, Foraminíferos Fósiles, que presentan variables en cuatro de los “parámetros” considerados. Comparando su distribución en la Figura 22 se observa que los tres gign se disponen en ramas de la misma longitud y próximas, con lo cual se interpreta que existe un alto grado de similitud en lo que respecta a sus componentes. Los valores numéricos obtenidos del análisis multivariado se muestran en la Tabla 7.

La valoración numérica confirma la cercana similitud representada en ambas gráficas de las figuras 21 y 22; los tres gign que forman la “Agrupación C” de la Figura 21 presentan los mismos componentes, situación que también se refleja en la Figura 22 con la cercanía de las ramas del dendograma. Lo anterior soporta el conocimiento empírico que el autor tiene de los tres gign analizados.

Los datos anteriores nos permiten considerar que el método de evaluación cuantitativo utilizando los cuatro parámetros (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico) proporciona una manera rápida de evaluar sistemáticamente aspectos intrínsecos de los sitios de interés geológico-paleontológico en un paisaje tectónico-kárstico. Como es deseable en los estudios estadísticos, consideramos conveniente proseguir con la incorporación de un mayor número de gign utilizando la misma metodología.

En el presente estudio, se reconocieron, siguiendo a Laporte (1973), dos enfoques que utilizan los estudios paleoecológicos que son la variación areal y la variación temporal, obteniéndose del primero la descripción de diversos ambientes sedimentarios como es el calcáreo biogénico (Cueva El Chorreadero, Cañón El Sumidero-Cahuare, Corales Fósiles, Cueva Los Rudistas, Sima Las Cotorras, Langosta Fósil y Coníferas Fósiles); detrítico calcáreo-biogénico (Piedra Ahorcada, Foraminíferos Fósiles y Cañón La Venta-El Aguacero); detrítico calcáreo (Pliegue Geológico, Contactos Geológicos y Cañada La Chacona); detrítico silíceo (Areniscas El Cerebro); y de la variación temporal se tienen: Cretácico Inferior (Cañón La Venta-El Aguacero), Cretácico medio

(Langostas Fósiles, Coníferas Fósiles, Sima Las Cotorras; Cretácico Superior (Cueva El Chorreadero, Cañón El Sumidero-Cahuare, Pliegue Geológico, Cueva Los Rudistas, Areniscas El Cerebro; Paleógeno (Piedra Ahorcada, Contactos Litológicos, Corales Fósiles, Foraminíferos Fósiles).

La diversidad que se caracterizó en cada uno de los gign, es una propiedad esencial de la estructura del paisaje y éste, es el resultado evolutivo de varios tipos de ambientes genéticos que intervinieron. Estos ambientes, o hábitats, son extremadamente variados e incluyen los factores físicos y químicos dominantes tales como temperatura, humedad, salinidad, contenido de oxígeno y anhídrido carbónico y luz. Estos hábitats incluyen también otros factores biológicos igualmente importantes, tales como competidores potenciales para el alimento y el espacio para vivir, depredadores y presas, parásitos, microorganismos y densidad de miembros de una misma especie.

En el marco temporal se concluye que, el registro geocronológico de los diferentes gign nos indican períodos que comprende desde hace 100 a 45 millones de años la zona estaba cubierta por un amplio y somero mar epicontinental, durante buena parte del Cretácico y al final de éste, el mar retrocedió tan gradualmente como había avanzado, como consecuencia de la elevación de gran parte del territorio de Chiapas en especial la Meseta Central; la expansión del mar alteró correspondientemente los ambientes locales de la zona, sitios que eran importantes asentamientos de comunidades marinas en especial arrecifal como lo evidencia los gign “Cueva Los Rudistas” y “Corales Fósiles”. Posteriormente, comenzaron a recibir sedimentos no marinos aluviales y fluviales, luego limo y arena de procedencia continental y, finalmente, se formaron costras de carbonato de calcio (sarro) como consecuencia de insolación aérea de los sedimentos, como lo evidencia el gign “Contactos Litológicos”; con un nuevo movimiento del mar, los citados ambientes se repetían en orden inverso (regresiones y transgresiones).

La importancia de conservar los geositos citados radica en que nos muestran las relaciones entre organismos representados por los fósiles, sedimentos, medios locales de depósito y tectonismo-karstico-acumulativo, aspectos que son característica fundamental de la ciencia de la paleoecología como lo menciona Laporte (1968), o más

específico la táctica paleoecológica, como lo indica Roger (1980, p.18), aspecto que el presente trabajo incursiona al describir geositos que representan una serie geológica de formaciones de plataforma del Cretácico al Paleógeno con abundantes y variables fósiles (paleobiodiversidad), que tienen estrecha relación con los medios, se pueden definir unos “Tipos” de comunidades susceptibles de servir como guías para las reconstrucciones paleoecológicas coherentes, para la presente investigación están: la comunidad de rudistas del geosito “Cueva Los Rudistas”; comunidad de corales del geosito “Corales Fósiles”; comunidad foraminíferos del geosito “Foraminíferos Fósiles”; comunidad de peces en el geosito “Langosta Fósil” y comunidad de gimnospermas en el geosito “Coníferas Fósiles”. Las descripciones de esta variabilidad de componentes en un tiempo geológico desde el Cretácico (Cenomaniano) al Paleógeno (100 a 45 millones de años) nos indican una velocidad dinámica que tiene relación con el movimiento del nivel del mar; las regresiones y transgresiones aparecen como la causa inicial de los cambios de los parámetros, susceptibles de guiar los estudios futuros.

Con base en los resultados de este estudio y teniendo presente los objetivos del programa del “Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable” se recomienda que los gign con mayor valoración que forman la “Agrupación C” (Contactos Litológicos, Corales Fósiles, Foraminíferos Fósiles) se les dé especial atención dado su potencial geológico-paleontológico y conociendo la situación con respecto al desarrollo urbanístico que actualmente se está dando en el área, se sugiere dar continuación a las investigaciones geológicas y paleontológicas que se han desarrollado por investigadores locales y foráneos como son los de Maldonado-Koerdell (1950), Ayala (1965), Allison (1967), Frost y Langenheim (1974), Pecheaux (1984), Perrilliat y Avendaño (1999), Ferrusquía-Villafranca et al. (1999), Ferrusquía-Villafranca et al. (2000), Vega et al. (2001a), Vega et al. (2001b), Perrilliat et al. (2003), González-Barba et al. (2004), Jiménez (2006), Jiménez et al. (2006); Martín-Medrano y García-Barrera (2006); García-Barrera et al. (2011); trabajos que no sólo han difundido sus resultados con diversas publicaciones, sino que se ha realizado una intensa recuperación de fósiles que están depositados en las colecciones paleontológicas del Museo de Paleontología “Eliseo Palacios Aguilera” de la SEMAHN, Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias de la UNAM y en la Colección Paleontológica Nacional que

resguarda el Instituto de Geología de la misma casa de estudios mencionada, así como en otras instituciones extranjeras. También se recomienda ampliar los trabajos de investigación al conjunto del patrimonio natural y cultural, como lo está realizando la Escuela de Arqueología de la UNICACH en la búsqueda, descripción y recuperación de material arqueológico y depositado en la colección de la escuela mencionada.

Para el resto de los gign que se encuentran en las dos agrupaciones “A” y “B” su situación es menos crítica pues, la mayoría de ellos como “Cañón El Aguacero”, “Piedra Ahorcada”, “Cañón El Sumidero (Cahuaré)”, “Pliegue Geológico”, “Cueva Los Rudistas”, “Cañada La Chacona”, “Sima de las Cotorras”, Cañón La Venta (El Aguacero)”, “Langosta Fósil” y Coníferas Fósiles”, se encuentran protegidos por ejidatarios, particulares, autoridades Municipales y Federales con excepción del gign “Areniscas El Cerebro” que aproximadamente la mitad del afloramiento fue ya explotado como mina de arena para la construcción por sus propietarios.

Integrar información y conceptos de diferentes jerarquías (minerales, rocas, fósiles, comunidades, estructuras tectónica-kársticas y tectónica-acumulativa), teniendo en cuenta las reconstrucciones movi listas que sitúan por encima las disciplinas tradicionales que involucran trabajos de diversos investigadores de Ciencias de la Tierra, paleontólogos y otros especialistas que se podrán concretar con el reconocimiento y desarrollo de la fórmula geositios-geoparques.

11. CONCLUSIONES

Con la presente investigación se desarrolla la base geológica-paleontológica para el estudio sistemático de sitios de interés geológico-paleontológico (gigp) de la región central de Chiapas, concluyendo lo siguiente:

1. El presente estudio sustenta geológica y paleontológicamente el área propuesta para la implementación del geoparque “Entre Cañones: Depresión Central de Chiapas”.
2. Se demostró la riqueza geológica-paleontológica del área seleccionada que comprende los municipios de Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez y Ocozocoautla de Espinosa, con la identificación, descripción y análisis de 14 geositios.
3. Se inventariaron y caracterizaron cuatro geositios en los municipios de Chiapa de Corzo; cinco en el municipio de Tuxtla Gutiérrez y cinco en el municipio de Ocozocoautla de Espinosa.
4. Designación de cuatro parámetros (geomorfológico, litológico, paleontológico y cronoestratigráfico) como marcos de referencia.
5. Distinción de 42 variables geológicas-paleontológicas dentro los cuatro parámetros considerados.
6. Diseño e implementación de ficha de trabajo de campo utilizando los cuatro parámetros considerados con asignación de valores cuantitativos a cada uno de ellos.
7. A partir del análisis cuantitativo elemental, los geositios fueron agrupados en tres categorías (A, B y C). que corresponden al grado de geodiversidad que presentan, siendo la A la más baja y C la más alta. La aplicación de un análisis multivariado, confirmó la agrupación.

8. Los geositos de las tres agrupaciones evidencian con un 92.85% (trece geositos) estructuras de un paisaje kárstico.
9. Paleontológicamente se presenta las evidencias de tres comunidades fósiles que son: La de Rudistas (Bivalvos extintos), Corales y Foraminíferos.
10. Se encuentran en situación crítica cuatro gisp: Contactos Litológicos, Corales Fósiles, Foraminíferos Fósiles y Areniscas El Cerebro.

12. LITERATURA CITADA

- Aguilar, P. 1993. Bioestratigrafía general del Terciario (Paleogeno) de la localidad del Jobo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: México, D.F. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bachelor Thesis, 59 p.
- Aguilar, P. M. & García, B. P. 1991. Estudio de algunos microfósiles del Eoceno medio de la región del Jobo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (Abstract). En III Congreso Nacional de Paleontología: México D. F. Sociedad Mexicana de Paleontología, 85.
- Alencáster G. 1995. Moluscos extintos (Rudistas) del Cretácico del Estado de Chiapas. Revista Investigación Nueva. Época. Vol.1 No.1. pp.68
- Allison, R. C. 1967. The Cenozoic stratigraphy of Chiapas, Mexico, with discussions of the classification of the Turritellidae selected Mexican representatives. PhD Dissertation, University of California, Berkeley. 225 pp.
- Amaral, R., J. Alvarado-Ortega & P. Brito. 2013. *Sapperichthys* gen. Nov., a new gonorynchid from the Cenomanian of Chiapas, México. In: Arratia, G., H. P. Schultze & M. V. H. Wilson (eds.). Mesozoic Fishes 5 – Global Diversity and Evolution, pp. 305-323.
- Alcaldía M B. 2007. Metodología para la formulación de indicadores para el seguimiento y la evaluación. Secretaría Distrital de Desarrollo Económico. Dirección de Estudios Socioeconómicos y Regulados. Colombia., 104 pp.
- Alvarado-Ortega, J. y Ovalles-Damian, 2008. *Triplomystus applegatei*, sp. nov. (Teleostei: Ellimmichthyiformes), a rare “triple armored herring” from el Espinal quarry (Early Cretaceous), Chiapas, southeastern Mexico: Journal of Vertebrate Paleontology, 28(1), 53–60.
- Alvarado-Ortega, J., Ovalles-Damian, E. & Blanco-Piñón, A. 2009. The fossil fishes from the Sierra Madre Formation, Ocozocoautla, Chiapas. Southern México. Paleontología Electrónica, 12(2.4), 1-22.
- Alvarado-Ortega, J. y Than-Marchese, B.A., 2012. A Cenomanian aipiochthyoid fish (Teleostei, Acantomorpha) from America, *Zoqueichthys carolinae* gen. and sp. nov., from El Chango quarry (Cintalapa Member, Sierra Madre Formation), Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, diciembre 2012; 29(3), 735-748.

- Alvarado-Ortega, J. y Than-Marchese. 2013. The first record of a North American Cenomanian Trachichthyidae fish (Acanthomorpha, Acanthopterygii), *Pepemkay maya*, gen. et sp. nov. from El Chango quarry (Sierra Madre Formation), Chiapas, México. *Journal of Vertebrata Paleontology*, 33(1):48-57.
- Avendaño, G. J. 2011. Senderos paleontológicos: Servicio extramuros del Museo de Paleontología "Eliseo Palacios Aguilera" de la Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural (SEMAVIHN). Libro de Resúmenes. XII Congreso Nacional de Paleontología. Edificio Carolinho, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. México., 22-25 de febrero., p. 30.
- Avendaño, J., Montero, N., Coutiño, M., Carbot, G., Ovalles, E., Perrilliat, M. 2004. Colección paleontológica del Instituto de Historia Natural y Ecología. IX Congreso Nacional de Paleontología. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas., p. 70
- Avendaño-Gil y Coutiño-José. 2009. Fósiles. En: Laguna Bélgica: Patrimonio Natural e Interpretación Ambiental. Riechers, A., Morales, E. y Hernández, E. (Compiladores). Publicación Especial del Instituto de Historia Natural (IHN), pp. 23-27.
- Avendaño-Gil, M. J., Esquinca-Cano, F., Coutiño-José, M. A., Carbot-Chanona, G. 2013. Geoparque: Entre Cañones, Cuenca Central de Chiapas. VIII Congreso Latinoamericano de Paleontología y XIII Congreso Mexicano de Paleontología. Guanajuato, México. 3 al 27 de septiembre., p.36
- Avendaño-Gil, M. J., Esquinca, C. F., Coutiño, J.M.A. Carbot-Chanona, G. 2014. Caracterización de estructuras geológicas y paleontológicas para el geoparque: Entre Cañones, Depresión Central de Chiapas. II Simposio de Paleontología en el sureste de México. Universidad del Mar. Puerto Escondido, Oaxaca.
- Avendaño, G. M. J. y Morales I. H. 2018. Los paisajes físicos-geográficos de Chiapas: un marco geográfico para el proyecto "Geoparques: entre cañones, Depresión Central de Chiapas". XI Reunión Nacional de Geomorfología y el Simposio Mexicano sobre Geopatrimonio y Geoparques. Oaxaca México, diciembre.
- Avendaño Gil, M.J., López, Sergio., Carbot-Chanona, G., Morales Iglesias, H. 2020. Geosites of paleontological importance in the Central región of Chiapas, México: a first step to geoconservation in Chiapas. *Paleontología Mexicana*, Vol. 9, no. 1, p. 11-20

- Ayala, C. A. 1965. Estudio de algunas algas calcáreas del Cretácico Superior y del Eoceno de la Región Central del Estado de Chiapas, México. *Paleontología Mexicana* número 22., 16 p.
- Bazan, H. 2014. La interpretación del patrimonio geomorfológico en los Picos de Europa: una propuesta para su aprovechamiento didáctico y geoturístico. Tesis Doctoral. Univ. De Valladolid. Facultad de Filosofías y Letras. Dpto. de Geografía, 423 pp.
- Bravo-Cuevas, V., González-Rodríguez, K., Cabral-Perdomo, M.A. 2021. La geodiversidad y sus implicaciones en la conservación de la biodiversidad: algunos estudios de caso en el centro de México. *CIENCIASERGO-SUM. Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, vol. 28, núm. 3, 2021. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Brilhá, J. 2005. Patrimonio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertiente geológica. Palimage editorial, 190 p.
- Brilha, J. 2016. Inventory and quantitative assessment of geosite and geodiversity sitios: a review. *Geoheritage* 8(2):119-134. Junio.
- Brilha, J. 2018. Geoheritage: Inventories and Evaluation. In: *Geoheritage Assessment, Protection and Management*. Edited by Emmanuel Reymond and José Brilha. Elsevier., pp. 69-85 (Chapter 4).
- Bruno, D. E., Crowley, B. E., Gutak, J. M., Moroni, A., Nazarenko, O. V., Oheim, K. B., Ruba, D.A., Tiess, G., Zorina, S. O. 2014. Paleogeography as geological heritage: Developing geosite classification. *Earth-Science Reviews* 138, 300-312.
- Bruschi, V. y Cendero, A. 2005. Geosite evaluation: Can we measure intangible values? *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences*, 18(1), vol. Speciale, 293-306 p.
- Carbot-Chanona, G. 2015. La colección paleontológica de la SEMAHN: análisis preliminar. *LACANDONIA*, 9(2): 43-54.
- Carcavilla, L., Durán, J. J., y López-Martines, J. 2008. Geodiversidad: concepto y relaciones con el patrimonio geológico. VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria. *Geo-Temas*, 10, 1299-1303.

- Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., García-Cortez, A., Vegas, J. 2019. Geoheritage and geodiversity. Instituto Geológico y Minero de España. PanAfGeo edition. Madrid., 24 p.
- CEIEG (Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica). 2008. Contexto de la Región I Centro. Microsoft Word.1. Dx Región Centro Validado Final. <https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/2008/11/contextos-regionales.pdf> (Consultado 02/07/2023).
- Cuadras, M.C. 2014. Nuevos métodos de análisis multivariantes. CMC Edition. Manacor 30. 08023 Barcelona, Spain.
- Derruau, M. 1981 Geomorfología. Ariel, España. 2º edición., 528 p.
- Díaz-Cruz, J.A., Alvarado-Ortega, J. Carbot-Chanona, G., 2016. The Cenomanian short snout enchodontid fishes (Aulopiformes, Enchodontidae) from Sierra Madre Formation, Chiapas, southeastern Mexico: Cretaceous Research, 61, 136-150.
- Díaz-Cruz, J.A., Alvarado-Ortega, J. Carbot-Chanona, G., 2019, *Dagon avendanoi* gen. and sp. nov., an Early Cenomanian Enchodontidae (Aulopiformes) fish from the El Chango quarry, Chiapas, southeastern Mexico: Journal of South American Earth Science, 9, 272-284.
- Digne, 1991. Declaración Internacional Memoria de la Tierra. https://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemas_dinformacio/inventari_despais_dinteres_geologic/el_patrimoni_geologic_i_la_seva_proteccio/estat_actual_del_patrimoni_geologic/iniciatives_per_la_posta_en_valor_del_patrimoni_geologic/documents/81120.pdf. Consultado 24 de enero 2023.
- Eccardi, F. y Álvarez del Toro, R. 1987. Aspectos generales de la ecología en el estado de Chiapas. Talleres Gráficos del Gobierno del Estado. Segunda Edición., 206 pp.
- Elizaga, E. y Palacio, J. 1996. Valoración de puntos y/o lugares de interés geológico. En: El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. Cendrero, A. Ed., páginas. 61-79. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid. España.
- Espinosa-Rodríguez, L. M. 2017. Geoparque en el Distrito Minero Tlalpujahua-El Oro. Ciencia UAT (en línea. 2017, II (2), 24-45 (Fecha de consulta 23 de febrero de 2023).

ISSN:2007-7521. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.on?Id=441949672002>

- Esquinca-Cano, F., Avendaño-Gil, M. J., Carbot-Chanona, G. 2017. Establecimiento de un geoparque en Chiapas, México: avances y retos. Congreso Mesoamericano de Investigación. UNACH., 4,5 y 6 de octubre.
- Errami, E., Brocx, M., Semeniuk, V. (Editors) 2015. From geoheritage to geoparks. Case studies from Africa and beyond. Conservation and Management Series. Springer., 270 P.
- Fernández, J. 2007. Identificación y evaluación de geositios en el Parque Nacional Torres de Paine. Memoria de Título. Departamento de Geología. Universidad de Chile, 77 p.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Applegate S.P., y Espinosa-Arrubarrena, L. 1999. First Paleogene selachifauna of the middle American-Caribbean-Antillean region, La Mesa de Copoya, west-central Chiapas, México—Systematics and Paleontological significance. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, volumen 16, número 2, p. 155-174., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, México, D.F.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Applegate S.P., y Espinosa-Arrubarrena, L. 2000. First Paleogene selachifauna of the middle American-Caribbean-Antillean region, La Mesa de Copoya, west-central Chiapas—Geologic setting. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, volumen 17, número 1, p. 1-23., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, México, D.F.
- Frost, S. H. y R. L. Langenheim. 1974. Cenozoic Reef Biofacies; Tertiary larger foraminifera and scleractinian corals from Chiapas, Mexico. Northern Illinois University Press, De Kalb, 388 p.
- Gallego, E. V.1998. Protección y conservación de espacios naturales y del patrimonio geológico. *Zubia* 16., 155-179
- García, Á. y Carcavilla, L. (2013). Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG), versión 18-07-2013. Instituto Geológico y Minero de España. 12(1): 32-61.

- García, A., Carcavilla, L., Vegas, J. y Díaz, E. (2013). Algunos resultados del inventario de lugares de interés geológico de la Cordillera Ibérica. Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo. Instituto Minero y Geológico de España. 3(1): 379-388.
- García-Barrera, P., Vega, F. J., Carbot-Chanona, G., Coutiño, M. A. 2011. El registro fósil en Chiapas: 250 millones de años de biodiversidad. En: Chiapas. Estudios sobre su diversidad biológica. Álvarez Noguera, F. (Coordinador General), pp. 35-53.
- García-Cortes, A., Vegas, J., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. 2019. Bases conceptuales y metodología del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Instituto Geológico y Minero de España., 104 p.
- Garnica, P., Rojas, E., & Mora, R. 2011. Deslizamiento en San Juan del Grijalva, Chiapas. MicrosoftWord-Geo II Paper 828. [Http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/pdfs/GEOIIPaper828.pdf](http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/PanAm2011/pdfs/GEOIIPaper828.pdf) (Consultado el 27/06/23).
- González-Barba, G., M. A. Coutiño-José y E. OvallesDamián. 2004. Adiciones a la fauna de selacios (tiburones y rayas) del Eoceno medio de la Formación San Juan, Chiapas, México. IX Congreso Nacional de Paleontología, Tuxtla Gutiérrez, Libro de resúmenes, p. 39.
- González-Ramírez, I., Calvillo-Canadel, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S. 2013. Coníferas Cupresáceas fósiles de “El Chango”, Chiapas (Aptiano). Paleontología Mexicana 63, p. 24-31.
- Guinot, D., Carbot-Chanona, G., Vega, F.J., 2019, Archaeochiapasidae n. fam., a new early Cenomanian brachyuran family from Chiapas, Mexico, new hypothesis on Lecythocaridae Schweitzer & Feldmann, 2009, and phylogenetic implications (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Eubrachyura). Geodiversitas, 41(7), 285-322.
- Guerrero, R. y Bravo, V. 2011. Por qué proteger la diversidad geológica 1. Conceptos Básicos. El Correo de Maestro. N° 179, abril., 30 p. <https://issuu.com/edilar/docs/cdm-179?fr=sODdhMTM0NDk3NTM> (Consultado 26/02/2023).
- Guzmán M. V. 2018. La erupción del volcán Chichonal en 1982. La pérdida del patrimonio religioso edificado en la región zoque chiapaneca. De la destrucción a una nueva experiencia de reconstrucción. Boletín de Monumentos Históricos. Tercera Época, 42, 231 – 255.

- Hammer, Harper, D.A.T. y Ryan, P.D., (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf (Consultado 10/11/2022)
- Henriquez, H., Pena Dos Reis, R., Brilha, J. & Mota, T. 2011. Geoconservation as an emergent geoscience. *Geoheritage*, 3:117-128., doi:10.1007/s., 12371-011-0039-8
- IUCN 1998. Protected Areas and World Heritage. Sitio Electrónico: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-033-Es.pdf> (Consultado 27/02/2023)
- INEGI 1985. Carta Geológica Tuxtla Gutiérrez. E15-11. Escala 1:250 000.
- INEGI 2006. Carta Topográfica. Tuxtla Gutiérrez. E15C69. Escala 1:50 000.
- INEGI 2007. Carta Topográfica. Ocozocoautla de Espinosa. E15C58. Escala 1:50,000.
- Jiménez, G. J. J. 2006. Corales del Cretácico Tardío de La Mesa de Copoya (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Formación Angostura); Taxonomía, Paleobiogeografía y Paleoecología. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México. 111p.
- Jiménez, G. J. J., Hans, L., Avendaño, G. J. 2006. Corales del Cretácico tardío de la Mesa de Copoya. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Taxonomía y Paleobiogeografía. X Congreso Nacional de Paleontología. México, D. F.
- Joyce, B. 2003. Geomorphological sites in Australia: Heritage assessment and vulnerability, abstract for the Regional Geomorphology Conference, Section s. 13. 'Geomorphological site: vulnerability and assessment', International Association of Geomorphologists, México city, October-November., pp. 158-159.
- Laporte, F. L. 1973. Los ambientes antiguos. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. España., 116 pp.
- Lima, F. F. 2008. Proposta Metodológica para Inventariacão do Patrimônio Geológico Brasileiro. Tese de Mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação. Universidad do Minho. Escola de Ciências., 91 p. (http://www.dct.uminho.pt/documentos/tese_limaPDF (Consultado 25/02/23)
- López, M., 2004. El establecimiento de Geoparques en México: un método de análisis geográfico para la conservación de la naturaleza en el contexto del manejo de cuencas hídrica. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y

Conservación de Ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología, en: <docplayer.es/30156056-Metodo-de-analisis-geografico-para-el-establecimiento-de-geoparques-en-mexico>, consultado el 20 de febrero de 2020, acceso libre.

Maldonado-Koerdell, M. 1950. Faunas del Alto Cretácico Superior del Paleoceno y del Eoceno Inferior de Chiapas, México. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. Volumen 6, número 1-4., p. 181-220.

Martínez Escobar, P. M. 2010. Identificación, caracterización y cuantificación de geositos, para la creación del 1° Geoparque en Chile, en torno al Parque Nacional Conquillío. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Memoria para obtener el Título de Geólogo., 172 p., repositorio.uchile.cl/handle/2250/103845/cf-martinez_pe.pdf (Consultado 15/11/2015)

Martín-Medrano, y García-Barrera, P. 2006. Ofiuroideos fósiles de México. En: Vega, F. J., Nyborg, T.G., Perrilliat, M.D. C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S. R. S., Quiroz-Barroso, S. A., (eds.). Estudios de Paleontología Mexicana. Temas de Geobiología, vo. 24. Springer, Dordrecht.

Medina, M. 2012. Propuesta metodológica para el inventario del patrimonio geológico de Argentina. Univ. Do Minho. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Património Geol. E Geoconservação orientada do Prof. Dr. Brilha José., 106.

Miranda, F. 2015. La vegetación de Chiapas. (Tomo I). Cuarta edición. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas., 305 pp.

Morales, H., Priego, S. A. G., Bollo, M., Hernández, J. 2016. Mapa de paisajes físico-geográficos del Estado de Chiapas. UNAM., escala 1:250 000.

Morales, I. H. y Priego, S. A. G. 2020. La diversidad paisajista en el estado de Chiapas, México. Cuadernos Geográficos 59 (1), 316-336.

Moreno-Bedmar, J.A., Latil, J.-L., Villanueva-Amadoz, U., Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S., 2014. Ammonite age calibration of the EL Chango Fossil-Lagerstätte, Chiapas state (SE Mexico). Journal of South American Earth Sciences, 56, 447–453.

Mullerried, K. G. F. 1982. Geología de Chiapas. Colección Libros de Chiapas. Serie Básica. Publicaciones del Gobierno del Estado de Chiapas. Segunda edición., 180 p.

- Palacio, P. J. L. 2013. Geositios, geomorfositos y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. ISSN 0188-4611, Núm. 82. pp. 24-37.
- Pechaux, J. F. 1984. Le Senonien supérieur-Tertiaire du Chiapas (SE du Mexique) et ses macroforaminifères. These de 3er cycle, Université de Nice, 154 p.
- Pereira, P., Pereira, D. y Caetano, M. 2007. Geomorphosite assessment in Montessinho natural park (Portugal). *Geographical Helvetica.*, 159-168 p.
- Perrilliat, M. C. y Avendaño, G. J. 1999. Middle Eocene giant snail from Chiapas (Southern México) and their paleobiogeographic implications. 33 rd. Annual meeting South Central Section, The Geological Society of America.
- Perrilliat, M. C., Avendaño, G. J. y Vega, F. J. 2003. Middle Eocene Cypraoideans from The San Juan Formation, Chiapas, Southern México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.*, 20 (1): 41-51.
- Perrilliat, M. C., Avendaño, G. J., Vega, F. J. and Solé, J. 2006. Lower Eocene Gastropode from the El Bosque Formation, central Chiapas, México. *The Veliger* 48(3):37-55.
- Popa, R. G., Popa, D. A., Andrâsanu, A. 2017. The SEA and Big-S Models for managing geosites as resources for local communities in the context of rural Geopark (https://www.researchgate.net/publication/305694215_the_SEA_and_Big_S_Model_for_Managing_Geosites_as_Resources_for_Local_Communities_in_the_Context-Of-Rural_Geoparks) (Consultado el 11 de octubre 2017).
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M y Garrido, A. 2008. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes. *Fundamentos y Métodos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Centro de Investigación en Geografía Ambiental. Universidad Autónoma de México. 1º ed. Oct. México D. F., 99 p.
- Priego-Santander, A. G., Campos, M., Bocco, G., Ramírez-Sánchez, L.G. 2013. Relationship between landscape heterogeneity and plant species richness on the Mexican Pacific coast. *Applied Geography* 4(2013) 171-178. [Hhttp://scholar.google.com.mx/scholar?q=Priego+Santander+et+al.+2013](http://scholar.google.com.mx/scholar?q=Priego+Santander+et+al.+2013) (Consultado 25/02/2023).

- Real, R. y Vargas, J.M. (1996). The probabilistic basis of Jaccard's index of similarity. *Systematic Biology*, 45(3), 380-385.
- Roger, J. 1980. *Paleoecología*. Paraninfo S. A. Madrid, España., 202 p.
- Serrano, E. y González-Trueba, J. 2005. Assessment of geomorphosites in natural protected áreas: The Picos de Europa National Park (Spain). *Geomorphologie: relief, processus, e environnement*, 3, 197-208 p.
- Sokal, R.R. y Michener, C.D., 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. *University of Kansas Science Bulletin*, 38, 1409-1438.
- Steele, D.R. y Waite, L.E., 1986, Contributions to the stratigraphy of the Sierra Madre Limestone (Cretaceous) of Chiapas: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Boletín, 102, 1–175
- UNESCO 2015a. Estatutos del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques, Unesco. Recuperado de http://unesco.unesco.org/ark:/48223/pf0000260675_spa.page=4., consultado 02/04/2021
- UNESCO. 2015b – Status of the International Geoscience and Geoparks Programme and Operational Guidelines for UNESCO Global Geoparks. 38c/14 UNESCO, Paris. Recuperado de http://www.globalgeopark.org/uploadFiles/2012_9_6/IGGP_RN_Statutes_and_Guidelines.pdf
- Vega, F. J. 2008. “El Cerebro” La zona paleontológica formada hace setenta millones de años, está siendo devastada. Al borde de la extinción. Periódico Cuarto Poder., noviembre.
- Vega, F.J., Feldmann, R.M., García-Barrera, P., Filkorn, H., Pimentel, F., Avendaño, J., 2001a, Maastrichtian crustacean (Brachyura: Decapoda) from the Ocozocoautla Formation in Chiapas, southeast Mexico: *Journal of Paleontology*, 75(2): 319-329.
- Vega, F. J., T. Cosma, M. A. Coutiño, R. M. Feldmann, T. G. Nyborg, C. E. Schweitzer y D. A. Waugh. 2001b. “New Middle Eocene decapods (Crustacea) from Chiapas, Mexico”. *Journal of Paleontology* 75: 929-946.
- Vega, F. J., P. García-Barrera., M. A. Coutiño., T. G. Nyborg., P. Cifuentes-Ruiz., K. A. González-Rodríguez., A. Martens., C. R. Delgado., G. Carbot. Early Cretaceous

Arthropods from plattenkalk facies in México. *Contributions to Zoology*, 2003; 72(2), 187-189.

Vega, F. J., P. García-Barrera., M. C. Perrilliat., M. C. Coutiño., R. Mariño-Pérez. 2006. El Espinal, a new plattenkalk facies locality from the Lower Cretaceous Sierra Madre Formation, Chiapas, southeastern México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 2006;23(3), 323-333.

Vegas, J., Alberruche, E., Carcavilla, L., Díaz, E., García, Á., García de Domingo, A. y Ponce de León, D. 2012. Guía metodológica para la integración del patrimonio geológico en los procesos de evaluación de impacto ambiental. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid., 80 p.

Vegas, J., Alberruche, E., Carcavilla, L., García, Á, Díaz, A., García, A. y Ponce-de-León, D. 2013. La integración del patrimonio geológico en los procesos de evaluación de impacto ambiental. *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*. Instituto Geológico y Minero de España. 3(1): 379.

Vegas, J., García, A., Lozano, G., Carcavilla, L. y Díaz, E. 2014. Valoración de los lugares de interés geológico de Enguídanos (Cuenca) y su aplicación para la geoconservación. *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*. Instituto Geológico y Minero de España(IGME) 28003 Madrid., pp. 1312–1315.

Wimbledon, W. A. P., Ishchenko, A., Gerasimenko, N., Alexandrowics, Z., Vinokurov, V., Liscak, P., Vozar, J., Vozarova, A., Bezak, V., Kohut, M., Polak, M., Mello, J., Potfaj, M., Gross, P., Elecko, M., Nagy, A., Barath, I., Lapo, A., Vdovets, M., Klincharon, S., Marjanac, L., Mijovic, D., Dimitrijevic, M., Gavrilovic, D., Theodossiou-Drandaki, I., Serjani, A., Todorov, D., Nakov, R., Zagorchen, I., Pérez-González, A., Benvenuti, T., Boni, M., Brancucci, G., Bortolami, G., Burlando, M., Constantini, E., D'andrea, M., Gisotti, G., Guado, G., Marchetti, M, Massoli-Novelli, R., Panizza, M., Pavia, G., Poli, G., Zarlenga, F., Satkunes, J., Mikulenas, V., Suominen, V., Kanaoja, T., Lehtinen, M., Gonggrijp, G., Look, E., Grube, A., Johansson, C., Karis, L., Parkes, M., Raudsep, R., Andersen, S., Cleal, C., Bevins, R. 1998. A first attempt at a geosites framework for Europe: an IUGS initiative to support recognition of world heritage and European geodiversity. *Geologica Balcanica*: 28 (3-4); 5-32.

Wimbleton, W. A.P., Ishchenko, A., Gerasimenko, N. P., Karis, L. o., Suominen, V., Johansson, C. E., Freden, C. 2000. Geosites an IUGS initiative: science supported by conservation, in: Baretino, D., Wimbleton, W. A. P., Gallego, E. (Eds.). Geological heritage: its conservation and management. Madrid (Spain), pp. 69-94.

13. ANEXOS

13.1. Anexo 1. Tablas

Tabla 1. Estudios de caso sobre sitios geológicos y sus diferentes aplicaciones (modificado de Espinosa-Rodríguez, 2017).

Regiones estudiadas	Problema de interés	Referencia
Geoparques españoles: Maestrazgo, Sobrarbe, Cabo de Gata-Níjar, Sierras Subbéticas, Costa Vasca	Se arguyen problemas de concienciación en torno al geoturismo y proponen criterios y consideraciones para aprovechar el territorio patrimonial de España, tanto para los visitantes, así como para la conservación de los espacios con interés geológico.	Carcavilla et al. (2011)
Región de Alicante, España	Desarrollo de metodología didáctica para el estudio de Ciencias de la Tierra, a través de 13 fases de trabajo para estudiantes de nivel medio.	Crespo et al. (2011)
Estudio de carácter teórico: Alto Tajo, España; Lesbos, Grecia y Vulkaneifel,	Establece la importancia de la geoconservación como una ciencia emergente en el campo de las Ciencias de la Tierra, estableciendo valores de relevancia social, promoción de la educación y desarrollo sustentable en el marco de los geoparques.	Henriquez et al. (2011)
Parque nacional de los Lagos de Plitvice, Croacia	Se plantea el desarrollo económico y ambiental, a través de actividades turísticas, empleando los atributos naturales del paisaje como factor para la generación de una industria geoturística en una región marginada.	Travis (2011)
Área Natural Protegida: Parque natural de las Lagunas de Ruidera, Castilla-La Mancha, España	Conflictos ocasionados por la disponibilidad del agua para la agricultura de riego y las actividades turísticas y ecológicas; así como entre una sobrecarga en las actividades turísticas y la conservación del espacio natural.	Vázquez (2011)
Covalagua y Las Tuerces, Palencia, España	Se propone y desarrolla una metodología que involucra variables para la recolección, clasificación y uso de información geográfica, geológica y geomorfológica; asimismo, establecen bases normativas y legales para el manejo de áreas naturales, la planificación geoturística y la geoconservación. El caso de estudio refiere a una región kárstica, en donde se aplica la metodología, destacándose las fases de inventario conformadas por la clasificación, descripción y cartografía geomorfológica.	Martín et al. (2012)
Lago Santos Morcillo, Sistema de lagos de Ruidera, España	Se realizan estudios de geofísica somera (tomografía eléctrica), deformaciones estratigráficas y de sedimentología relacionados con los depósitos basales cenozoicos del lago y el desarrollo de procesos de agrietamiento y subsidencia. El resultado de la investigación es un modelo que permita disminuir la vulnerabilidad y orientar actividades en el territorio.	Navarro et al. (2012)
Región costera de Lócrida, Grecia	Se analiza la correlación entre la ocupación humana del territorio, el desarrollo de la sociedad y el paisaje natural, a través del tiempo histórico, considerando como base la caracterización geomorfológica, geológica y sismotectónica de la región griega. La base del estudio se centra en estudios de los sistemas de drenaje fluvial, depósitos de debris y sedimentología.	González et al. (2013)
Los 42 espacios que constituyen la Red de Reservas de la Biósfera estatal, España	Análisis de las actuaciones realizadas para conservación de la Geodiversidad, que incluyen realización de inventarios, divulgación, didáctica y	Monge y Martínez (2013)

	geoturismo.	
Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, España	Se muestran 11 itinerarios de los sitios en los que se pueden apreciar paisajes formados por fenómenos geológicos, explicando las fuerzas que participaron.	Robador et al. (2013)
Territorio español continental	Se destaca el valor patrimonial de los depósitos de volcanoclásticos (tobas) de España, destacando criterios de importancia mineralógica, hidroquímica, geoquímica, sedimentológica y ambiental. La información de los campos tobáceos se relaciona con procesos de origen, clima, condiciones ambientales y edad.	Carcavilla et al. (2014)
Geoparque Villuercas-Ibores-Jara, Extremadura, España	Se propone utilizar seis categorías para clasificar los 44 geositos del geoparque, en lugar de las 14 categorías actuales, para facilitar la comprensión por parte del turismo no especializado.	Pulido et al. (2014)
Herencia geomorfológica y su conservación, España	Se analiza los esfuerzos que se han realizado en España para conservar la herencia geomorfológica, preservando también las áreas naturales	Salazar et al. (2014)
Geoparque de Sobrarbe, España	Los autores plantean nuevos criterios para la divulgación del patrimonio geológico y geomorfológico, empleando un sistema descriptivo de geositos y procesos evolutivos en la región de los Pirineos. Debido a la demanda social de información sobre el patrimonio fronterizo, las guías renovadas se presentan en castellano y francés.	Fernández et al. (2015)
Geoparques nacionales de China	Realizan una clasificación de los geoparques nacionales de China estableciendo una relación entre su distribución espacial y los aspectos estructurales geológicos de las diferentes zonas tectónicas.	Fuming et al. (2015)
Macizo Stavelot-Venn, Bélgica y Alemania	Proponen la creación de un proyecto holístico con apoyo regional, nacional e internacional, para la creación de un geoparque transfronterizo, que permite conservar y aprovechar los excelentes bienes patrimoniales naturales y geológicos del macizo: paisajes, actividades mineras, ecosistemas, aguas minerales y piedras de construcción.	Gormaere et al. (2015)
Cascadas de la Cuenca de Malawi Sabah, Malasia, Isla de Borneo	Realizan una descripción de como la geología, la geomorfología y el clima influyeron en las actuales características de altura, anchura, forma y volumen de cada una de las 28 cascadas de al menos 5 m estudiadas, para apoyar en promover su explotación turística.	Tongkul (2015)

Tabla 2. Relación de equipo, material y sus especificaciones técnicas.

No. Consecutivo	Equipo y/o Material	Especificaciones	Cantidades
1	Geoposicionador		Uno
	Brújula	Geológica Brunton metálica de bolsillo convencional Pocket Transit 0-360°	Uno
2	Carta Geológica	Escala 1:250 000	Uno
3	Cartas Topográficas	Escala 1:50 000	Dos
4	Martillo geológico	Largo 33 cm (13"), peso 624 gr (22 oz). Cabeza pulida con extremo en punta, empuñadura de nylon-vinil azul.	Uno
5	Lupa	40 aumentos	Uno
6	Cinta métrica	50 metros (Fibra de vidrio).	Uno
7	Calibrador digital	Electrónico con pantalla LCD, 0-6/0 – 150 mm con conversión de medidas para pulgadas, milímetros y fracciones.	Uno
8	Cámara fotográfica		Uno
9	Bolsas plástico transparentes	½ kilo de capacidad	Un kilo.
10	Libreta de campo	Tipo "Nivel"	Uno
11	Frasco gotero con ácido clorhídrico.	Concentración al 10%.	Uno
12	Escala gráfica	En milímetros.	Uno
13	Escala gráfica	En centímetros.	Uno

Tabla 3. Relación de 14 gipg y los parámetros seleccionados con base en los registros de las fichas técnicas.

Geosítio	Geomorfología	Litología	Fósiles	Cronoestratigrafía
1	X		X	
2	X		X	X
3	X		X	
4	X	X		
5	X	X	X	X
6	X	X	X	X
7	X	X	X	X
8	X		X	X
9	X	X		
10	X	X	X	
11	X		X	
12	X		X	X
13			X	X
14			X	X

Tabla 4. Presencia/Ausencia (1/0) de las 42 variables observadas en cada uno de los 14 gisp.

Geositio/variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
12	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
13	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
14	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
16	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
17	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
18	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
20	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
22	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
24	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
27	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
29	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
32	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
33	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
36	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
37	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
38	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
42	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Tabla 5.- Presencia/Ausencia (1/0) de variables observadas de cada uno de los cuatro parámetros contemplados en este estudio para cada gipp.

	Parámetro Geomorfológico	P/A	Parámetro Litológico	P/A	Parámetro Fósiles	P/A	Parámetro Cronoestratigráfico	P/A
Cueva el Chorreadero	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	0	1. Protozoarios	0	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio.	0
	3. Relieve inclinado.	1	3. Roca de grano visible.	0	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior.	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior	1
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	0	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	0	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	1	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	0		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	0		
			12. Roca silíceo.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
					14. Gimnospermas	0		
					15. Angiospermas	0		
Piedra Ahorcada	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	1	1. Protozoarios	1	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	1	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio.	0
	3. Relieve inclinado.	0	3. Roca de grano visible.	1	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior.	1
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	0	4. Cnidarios	1	4. Cretácico Superior	
	5. Relieve ondulado.	1	5. Roca de grano uniforme.	0	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	1	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	1	8. Braquiópodos	1		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	1		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	0	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	1		
			12. Roca silíceo.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
					14. Gimnospermas	0		
					15. Angiospermas	0		
Cañón del Sumidero/Cahuare	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	0	1. Protozoarios	0	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	0
	3. Relieve inclinado.	1	3. Roca de grano visible.	0	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior	0
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	1	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	1
	6. Relieve kárstico (Cañón).	1	6. Roca de grano no uniforme.	0	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	1		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	1	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		

			11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	0		
			12. Roca silícea.	1	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
					14. Gimnospermas	0		
					15. Angiospermas	0		
Piiegue Geológico	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	0	1. Protozoarios	0	1. Cuaternario	¿
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	0
	3. Relieve inclinado.	0	3. Roca de grano visible.	1	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior	1
	5. Relieve ondulado.	1	5. Roca de grano uniforme.	1	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	1	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	1	7. Moluscos	0		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	1	9. Equinodermos	0		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	0	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	1	11. Algas	0		
			12. Roca silícea.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
					14. Gimnospermas	0		
				15. Angiospermas	0			
Contacto Litológico	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	1	1. Protozoarios	1	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	1	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	1
	3. Relieve inclinado.	0	3. Roca de grano visible.	1	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	1	4. Cretácico Superior	0
	5. Relieve ondulado.	1	5. Roca de grano uniforme.	1	5. Anélidos	1	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	1	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	1	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	1	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	0		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	1		
			12. Roca silícea.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
					14. Gimnospermas	0		
				15. Angiospermas	1			
Corales fósiles	1. Relieve plano.	1	1. Minerales concentrados.	1	1. Protozoarios	1	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	1
	3. Relieve inclinado.	0	3. Roca de grano visible.	0	3. Briozoarios	1	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	1	4. Cretácico Superior	0
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	0	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	0	6. Artrópodos	1		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		

	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	1		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	1		
			12. Roca silíceas.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
					14. Gimnospermas	0		
				15. Angiospermas	0			
Foraminíferos fósiles	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	1	1. Protozoarios	1	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	1	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	1
	3. Relieve inclinado.	0	3. Roca de grano visible.	1	3. Briozoarios	1	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	1	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	1	4. Cretácico Superior	0
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	1	5. Anélidos	1	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	1	6. Artrópodos	1		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	1	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	1	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	1		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	1		
			11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	1		
					12. Briofitas	0		
				13. Pteridofitas	0			
		12. Roca silíceas.	0	14. Gimnospermas	¿			
				15. Angiospermas	¿			
Cueva los Rudistas	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	0	1. Protozoarios	0	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	0
	3. Relieve inclinado.	1	3. Roca de grano visible.	0	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior	1
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	0	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	0	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	1	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	0		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	0		
			12. Roca silíceas.	0	12. Briofitas	0		
				13. Pteridofitas	0			
				14. Gimnospermas	0			
				15. Angiospermas	0			
Cañada La Chacona	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	0	1. Protozoarios	0	1. Cuaternario	¿
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	1	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	0
	3. Relieve inclinado.	1	3. Roca de grano visible.	1	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior	1
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	1	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	1	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	1	7. Roca lutita.	1	7. Moluscos	0		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	1	9. Equinodermos	0		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		
		11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	0			

					12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
			12. Roca silícea.	0	14. Gimnospermas	0		
					15. Angiospermas	0		
Arenisca El Cerebro	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	1	1. Protozoarios	0	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	1	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	0
	3. Relieve inclinado.	0	3. Roca de grano visible.	1	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior	1
	5. Relieve ondulado.	1	5. Roca de grano uniforme.	1	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	1	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	1	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	1	9. Equinodermos	0		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	0	11. Algas	0		
			12. Roca silícea.	1	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
				14. Gimnospermas	0			
				15. Angiospermas	0			
Sima de las Cotorras	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	0	1. Protozoarios	0	1. Cuaternario	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio	0
	3. Relieve inclinado.	1	3. Roca de grano visible.	0	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior	1
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	0	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	0
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	0	6. Artrópodos	0		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	1	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	0		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	1	11. Algas	0		
			12. Roca silícea.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofias	0		
				14. Gimnospermas	0			
				15. Angiospermas	0			
Cañón La Venta / El Aguacero	1. Relieve plano.	0	1. Minerales concentrados.	1	1. Protozoarios	1	1. Pleistoceno	0
	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	1	2. Eoceno medio	0
	3. Relieve inclinado.	1	3. Roca de grano visible.	0	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	1	4. Cretácico Superior	0
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	0	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior	1
	6. Relieve kárstico (Cañón).	1	6. Roca de grano no uniforme.	0	6. Artrópodos	1		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	1		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	1	10. Cordados	0		
			11. Roca Dolomía.	1	11. Algas	0		
			12. Roca silícea.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
				14. Gimnospermas	0			
				15. Angiospermas	0			
s t a	1. Relieve plano.	1	1. Minerales concentrados.	0	1. Protozoarios	0	1. Pleistoceno	0

	2. Relieve accidentado.	0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio.	0
	3. Relieve inclinado.	0	3. Roca de grano visible.	0	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior.	0
	4. Relieve escalonado.	0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior.	0
	5. Relieve ondulado.	0	5. Roca de grano uniforme.	0	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior.	1
	6. Relieve kárstico (Cañón).	0	6. Roca de grano no uniforme.	0	6. Artrópodos	1		
	7. Relieve kárstico (Cañada).	0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
	8. Relieve kárstico (Sima).	0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
	9. Relieve kárstico (Cueva).	0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	0		
	10. Relieve kárstico (Lapiaz).	0	10. Roca caliza.	0	10. Cordados	1		
			11. Roca Dolomía.	1	11. Algas	0		
			12. Roca silícea.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	0		
					14. Gimnospermas	0		
					15. Angiospermas	0		
	Coníferas fósiles	1. Relieve plano.	1	1. Minerales concentrados.	0	1. Protozoarios	0	1. Pleistoceno
2. Relieve accidentado.		0	2. Minerales de colores.	0	2. Poríferos	0	2. Eoceno medio.	0
3. Relieve inclinado.		0	3. Roca de grano visible.	0	3. Briozoarios	0	3. Eoceno inferior.	0
4. Relieve escalonado.		0	4. Roca de grano no visible.	1	4. Cnidarios	0	4. Cretácico Superior.	0
5. Relieve ondulado.		0	5. Roca de grano uniforme.	0	5. Anélidos	0	5. Cretácico Inferior.	1
6. Relieve kárstico (Cañón).		0	6. Roca de grano no uniforme.	0	6. Artrópodos	1		
7. Relieve kárstico (Cañada).		0	7. Roca lutita.	0	7. Moluscos	1		
8. Relieve kárstico (Sima).		0	8.- Roca arenisca.	0	8. Braquiópodos	0		
9. Relieve kárstico (Cueva).		0	9. Roca conglomerado.	0	9. Equinodermos	0		
10. Relieve kárstico (Lapiaz).		0	10. Roca caliza.	0	10. Cordados	1		
			11. Roca Dolomía.	1	11. Algas	1		
			12. Roca silícea.	0	12. Briofitas	0		
					13. Pteridofitas	1		
					14. Gimnospermas	1		
					15. Angiospermas	1		

Tabla 6. Resumen de los parámetros presentes en los 14 geositos de interés geológico-paleontológico.

Parámetro/Geositio	Geoforma	Litología	Fósiles	Cronoestratigrafía
1. Cueva "El Chorreadero"	Ubicada en un escarpe de la Meseta Central de Chiapas, a una altura de 640 m.s.n.m. Con una abertura aproximada 20 m y con relieve kárstico.	Caliza compacta estratificada.	Moluscos Rudistas y gasterópodos).	Cretácico Superior.
2. Piedra Ahorcada	Montículo con una altura de 449 m.s.n.m. y con una extensión aproximada de 10,000 m ² .	Arenisca calcárea, café, consolidada, grano visible, heterogéneo, calcita, sílice y hematita.	Moluscos (Gasterópodos y bivalvos); Equinodermos. Cnidarios (Corales) y Algas calcáreas.	Eoceno Inferior.
3. Cañón "El Sumidero" (Cahuare)	Escarpe con una extensión de 100 m., a una altura de 412 m.s.n.m., en el límite sur de la Meseta Central de Chiapas, con presencia de lapiáz.	Caliza compacta estratificada con presencia de estratos de sílice.	Moluscos (Gasterópodos y bivalvos). Equinodermos.	Cretácico Inferior.
4. Pliegue Geológico.	Relieve ondulado a una altura de 496 msnm dentro de la Depresión Central de Chiapas; un corte carretero expuso un pliegue con dos fallas en una extensión de 30 y una altura de 6m.	A nivel de las carreteras se observan estratos de dolomía con un espesor 7 cm en promedio alternándose con lutita de unos 5 cm de espesor alcanzando una altura de 5 m., sobre yaciendo un estrato de aglomerado.	No se han encontrado.	Cretácico Superior? y Cuaternario.
5. Contactos Litológicos	Corte antrópico en una pequeña loma situada en la parte alta de la Mesa de Copoya (865 msnm), presenta una extensión de 110 m, a una de altura de 7.60 m.	Contactos litológicos: en la base se presenta caliza compacta color crema, sobreyace capas de limolita compacta de unos 5 cm de espesor en promedio alternándose con limolita deleznable con espesores de 1 a 5 cm alcanzando una altura de 3.50 m., coronando con 4.10 m., de estratos gruesos (40 cm de espesor en promedio) de arenisca calcárea con inclusiones de pequeños cantos de sílice y minerales de hematita.	Protozoarios. Anélidos. Moluscos (Gasterópodos y bivalvos). Artrópodos (Crustáceos). Equinodermos. Cordados. Algas calcáreas. Angiospermas (Hojas y ramas).	Eoceno medio.
6. Corales Fósiles	Planicie en la parte alta de la Mesa de Copoya, extensión de 10,000 m ² a una altura de 856 m.	Caliza masiva color blanco.	Cnidarios (Corales). Moluscos (Gasterópodos y bivalvos). Foraminíferos. Equinodermos. Algas calcáreas.	Eoceno medio.
7. Foraminíferos Fósiles	Estratos horizontales en disposición de escalera en la	Estratos de arenisca calcárea y limolita	Protozoarios (Foraminíferos).	Eoceno medio.

	parte alta de la mesa de Copoya. Extensión de 10,000 m ² y a una altura de 903 m.s.n.m.	que se alternan, con un espesor promedio de 5 cm cada uno. La arenisca presenta clastos sub-esféricos de sílice de tamaño promedio de 1 cm.	Moluscos (Gasterópodos y bivalvos). Artrópodo (Crustáceos). Anélidos. Cordados (Dientes de tiburón, carapacho de tortuga y huesos). Algas calcáreas. Madera.	
8. Cueva "Los Rudistas"	Ubicada en una cañada que se encuentra en la parte norte poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Presenta una abertura de forma trapecio invertido con aproximadamente 3 m en la base y 6 m de altura.	Caliza compacta estratificada.	Moluscos (Rudistas).	Cretácico Superior.
9. Cañada "La Chacona"	Espacio estrecho con una anchura en su base de 40 m en promedio, con paredes verticales que presenta una longitud de 5 km comunicando dos regiones que se encuentran a 550 y a 1000 msnm.	Estratos de caliza masiva a nivel de camino, sobre yaciendo lutita, arenisca y aglomerado.	No se han encontrado.	Cretácico ¿Cuaternario?
10. Areniscas "El Cerebro"	Montículos fuertemente seccionados que presentan una orientación general de norte a sur.	Arenisca gruesa con predominio de minerales de sílice y de óxido de hierro.	Intercalados en los márgenes fósiles de moluscos.	Cretácico Superior
11. Sima "De las Cotorras"	Agujero con abertura circular un diámetro de 140 metros y 90 metros de profundidad.	Rocas calizas y dolomías masivas estratificadas horizontalmente.	Moluscos (Rudistas).	Cretácico Superior
12. Cañón "La Venta" (El Aguacero)	Grieta estrecha y profunda con una anchura aproximada de 30 m y una profundidad de 60 m.	Rocas calizas y dolomías masivas, con estratificación horizontal y gruesa.	Algas. Protozoarios (Foraminíferos planctónicos). Moluscos (Rudistas radiolíticos). Cnidario (Corales solitarios y coloniales). Equinodermos. Poríferos (Espículas de esponjas). Moluscos (Gasterópodos y bivalvos). Artrópodos.	Cretácico Inferior.
13. Langosta Fósil	Planicie.	Rocas dolomías estratificadas horizontalmente con grosores de milímetros hasta 10 cm de espesor.	Artrópodos (langosta, odonatos, hemiptero y tanaidaceos). cordado (peces).	Cretácico inferior (Edad Albiano).
14. Coníferas Fósiles	Planicie.	Rocas dolomías estratificadas horizontalmente con grosores de milímetros hasta 10 cm de espesor.	Algas, briofitas, pteridofitas, gimnospermas (coníferas). angiospermas (magnofita). Artrópodos. Moluscos. Cordados.	Cretácico inferior (Edad Albiano).

Tabla 7. Valores de similitud de Jaccard entre los geositios de interés geológico-paleontológico analizados en este estudio.

gigp	Valor de similitud	Agrupación
1 vs 3	0.500	A
4 vs 9	0.692	A
11 vs 1	0.636	A
13 vs 14	0.636	A
2 vs 10	0.385	A
8 vs 12	0.357	A
10 vs 2	0.385	A
5 vs 7	0.818	B
6 vs 7	0.524	B
5 vs 7	0.818	C
6 vs 7	0.524	C

13.2. Anexo 2. Artículos publicados (se anexan pdf)

13.2.1. Manuel Javier Avendaño Gil, Sergio López, Gerardo Carbot-Chanona y Horacio Morales Iglesias, 2020. Geosites of paleontological and social importance in the Central region of Chiapas, Mexico: a first step to conserve the paleontological heritage of Chiapas. *Paleontología Mexicana*, 6(1): 11–20.

13.2.2. Manuel Javier Avendaño-Gil y Gerardo Carbot-Chanona, 2022. Caracterización paleontológica y geológica de potenciales geositios para su inclusión al proyecto “Entre cañones: Depresión Central de Chiapas”. *Lum*, 3(1): 36-48.



Geosites of paleontological importance in the Central region of Chiapas, Mexico: a first step to geoconservation in Chiapas

Avendaño Gil, Manuel Javier^{a,*}; López, Sergio^b; Carbot-Chanona, Gerardo^a;
Morales Iglesias, Horacio^c

^aDepartamento de Paleontología, Dirección de Gestión, Investigación y Educación Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, Calzada de los Hombres Ilustres S/N, Centro C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

^bLaboratorio de Ecología Evolutiva, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, Colonia Lajas Maciel C.P. 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

^cCentro de Investigación de Riesgos y Cambio Climático, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Edificio 21, Ciudad Universitaria, Libramiento Norte Poniente No. 1150, Colonia Lajas Maciel C.P. 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

* javierdchiapas@gmail.com

Abstract

The systematic safeguarding and study of the paleontological heritage of Chiapas began in 1989, consolidating with the inauguration of the Museum of Paleontology "Eliseo Palacios Aguilera" and its Paleontological Collection in 2002. As a result of these activities, it has treasured bibliographic information, experience in cabinet and field research, among others. All these activities have led us to join national and international proposals such as being part of the Paleontological Council of the Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) and the Global Indicative List of Geological Sites (GILGES, geosites and geoparks). The present work aims to point out and characterize the 13 geosites of paleontological importance located in the Central region of Chiapas, that have been investigated during the works that has been carried out by the staff of the Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN). For each geosites is mentioned: their names, geographical location, fossils found, generated publications, chronostratigraphic position, environmental inference. Also, it is mentioned in each geosites: information that has begun to be disseminated to social sectors such as students, research professors, ejidatarios and providers of tourist services in order to raise awareness of the importance of the paleontological resource and its potential use (e.g. geotourism), activities that guide us to conservation of the environment and the resources.

Keywords: Fossil, geosites, paleontological heritage, natural heritage.

Resumen

El resguardo y estudio sistemático del patrimonio paleontológico de Chiapas se inició en el año de 1989, consolidándose con la inauguración del Museo de Paleontología "Eliseo Palacios Aguilera" y su Colección Paleontológica en 2002. Como resultado de las actividades se ha atesorado información bibliográfica, experiencia en investigación de gabinete y campo, entre otros, que nos han llevado sumarnos a propuestas nacionales e internacionales, como formar parte del Consejo de Paleontología del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y del Global Indicative List of Geological Sites (GILGES). El presente trabajo tiene como objetivo destacar y caracterizar 13 geositos de importancia paleontológica ubicados en la región central poniente de Chiapas que han sido investigados durante los trabajos realizados por el personal de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN). Para cada sitio se mencionan sus nombres, ubicación geográfica, fósiles encontrados y publicaciones generadas, posición cronoestratigráfica e inferencia ambiental, información que ha comenzado a difundirse en los sectores sociales como son, estudiantes, profesores-investigadores, ejidatarios y prestadores de servicios turísticos, con el fin de concientizar sobre la importancia del recurso paleontológico y su potencial uso educativo y turístico (e.g. geoturismo), actividades que nos encaminan a su conservación haciendo un uso sustentable de los recursos.

Palabras clave: Fósil, geosito, patrimonio paleontológico, patrimonio natural.

1. Introduction

In 1989 the Instituto de Historia Natural (IHN) systematically initiated the study of the paleontological and geological resources of Chiapas. As one of the tangible results was the creation of the Museum of Paleontology "Eliseo Palacios Aguilera" (MUPEPA), which is also the repository of a well-established paleontological collection that, to date, housed more than 5000 fossils (Avendaño *et al.*, 2004; Carbot-Chanona, 2015). The MUPEPA work as a platform from which efforts are added to integrate the paleontological and geological resources of the State of Chiapas with the integral conservation of the Natural Heritage initiated with the project GILGES (Global Indicative List of Geological Sites) in 1989. The GEOSITES project began between the years 1993-1995 and the International Geosciences and Geoparks Program was officially accepted in November 2017 by the UNESCO. This last program is characterized by a holistic vision that include the Cultural Heritage together with the Natural Heritage (Gallego, 1998; UNESCO, 2015).

In concordance with UNESCO's proposal and the international Union for Conservation of Nature strategy (IUCN, 2020), MUPEPA has worked on the articulation of biological and geological heritage. Examples of this are the case of the Natural Reserve of Laguna Bélgica (Avendaño-Gil & Coutiño-José, 2009), as well as a property located in La Mesa de Copoya, within the urban area in the municipality of Tuxtla Gutiérrez. These examples highlight the presence of geological and paleontological characteristics and are used for educational and scientific purposes (Avendaño-Gil, 2011).

The assessment and protection of what is now known as geological heritage has increased considerably, not only in scientific and academic circles but also among those dedicated to the planning of the territory and its natural resources (Di-Gregorio and Ulzega, 2003). With this new trend, the concept of geological heritage has become very important as global scientific institutions and organizations. Different organizations recognize and promote the conceptual and practical development of the concept of geological heritages such as: UNESCO, the Union of Geological Sciences (IUGS), the International Geographical Union and the International Association of Geomorphologist (IAG). These organizations also recognize other related concepts such as: geoconservation, geotourism, geoproducts, geodiversity, geomorphosites, geomorphological monuments, geomorphological sites, geopark and geosites (Reynard, 2005; Palacio, 2013).

The systematization of the geosites is important for establishes bases for geoconservation, research and educational activities. In that sense, the paleontological information of the geosites is essential because is the start point to generate strategies for conservation. The present

work aims to point out and characterize 13 geosites of paleontological importance located in the Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez and Ocozocoutla de Espinosa municipalities, in the Central area of Chiapas. These 13 geosites have been investigated during the last two decades by the staff of the Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN).

2. What are geosites?

Geosites (sites of geological importance) are sites that contain information about the conformation and dynamics of the Earth (Bruno *et al.*, 2014). Some of the most common aspects to consider in geosites are: (i) The representativeness and/or interest of the geological record and the time-range represented; (ii) exceptional geoforms; (iii) paleontological content; (iv) relevant tectonic and structural elements; (v) minerals, rocks and/or sedimentary structures unique or rare; and (vi) the possibility of identifying paleogeographies and/or paleoenvironments that reveal the geological evolution of the region (Carcavilla *et al.*, 2019). Geosites can be classified based on their facies: paleoecosystem, ichnological value, taphonomic patterns, catastrophic events and geoarchaeological importance (Bruno *et al.*, 2014). Some geosites contain several subtypes and some are especially important for the construction of paleogeographic maps (Bruno *et al.*, 2014).

Originally, the definition of geosites do not distinguish between sites of geological interest and sites of geomorphological interest, which is explained by the close relationship that in many cases exists between the two of them (Palacio, 2013). On the other hand, the differentiation between geosites and geomorphosites can be justified by their temporal and spatial character and emphasis, respectively. Geosites, like geology itself, are more associated with the temporal nature of the site helping to explain the evolution of a locality a region or the planet itself (Palacio, 2013). For its part, the geomorphosite involves a three-dimensional spatial connotation of the relief shapes which is associated with spatial attributes rather than temporal attributes, without them being absent. The shapes of the relief occupy a quantifiable space (length, width, height, depth, volume) while geosites reflect a process or phenomenon that is not necessarily characterized by its dimensions but by its location in time (Palacio, 2013).

This research emphasizes the temporal character of the geosites with the fossil material that it reports but recognizing that the Geosites would be located within a space (surface). A critical element in the assessment of geosites is the definition of the spatial feature on which that procedure will be executed. Generally speaking, the space unit or mapping unit must consist of a portion of land with specific characteristics (INE, 2004).

3. Geology and paleontology of the central west region of Chiapas

The location of the geosites pointed in this work embraces three municipalities in the central area of Chiapas: Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo and Ocozocoautla de Espinosa (Figure 1). These municipalities are located to the west of the Central Depression and Altiplanicie of Chiapas (Mullerried, 1982). These physiographic regions are the product of regional geological dynamics characterized by the migration of the mountain range magmatic arc; fault movements to the north and south with mountainous uprisings to the west and that resulted in their withdrawal to the formation of successive coastal line; strong river erosion to the northeast and center during the Paleogene to the recent including movements of large landmass on the slopes of hills (Damon *et al.*, 1981; Ferrusquía-Villafranca, 1998). These processes gave rise to different formations and structures both geological-geomorphological and paleontological in the geosites considered. Thus, you can see with the naked eye in this region the geoforms such as the elevations and depressions of the La Mesa de Copoya, the Sabinal

Sub-Basin or the Sumidero Canyon with its geological faults, escarpments, caves, chasms and, in several of these structures, present relevant fossil evidence that frames the evolutionary and environmental history of the area.

Most of the fossils found in the region belong to marine organisms that emerge in the limestone strata. These belong to organisms that have lived in shallow seawaters with mollusks being highlighted for their uniqueness in shape and number, among those who are rudists, actaeonellids and oysters, as well as deeper-water organisms such as ammonites and inoceramids (Böse, 1906; Alencáster, 1986, 1995). Another of the groups well represented are the crustaceans which mostly represent new taxa for science (Feldmann *et al.*, 1996; Vega *et al.*, 2001a, 2001b, 2006, 2018; Guinot *et al.*, 2019).

Crustaceans are found in association with different fossil groups such as: gastropods, bivalves, corals, echinoderms and some vertebrate remains. According to Michaud (1984), this fauna corresponds to shallow waters with a great input of detritic material. This author mentioned that the fauna is typical of the Caribbean area with the influence of the Tethys Sea. Alencáster (1995) mentions that the fauna of the geological past of Chiapas is characterized by its great

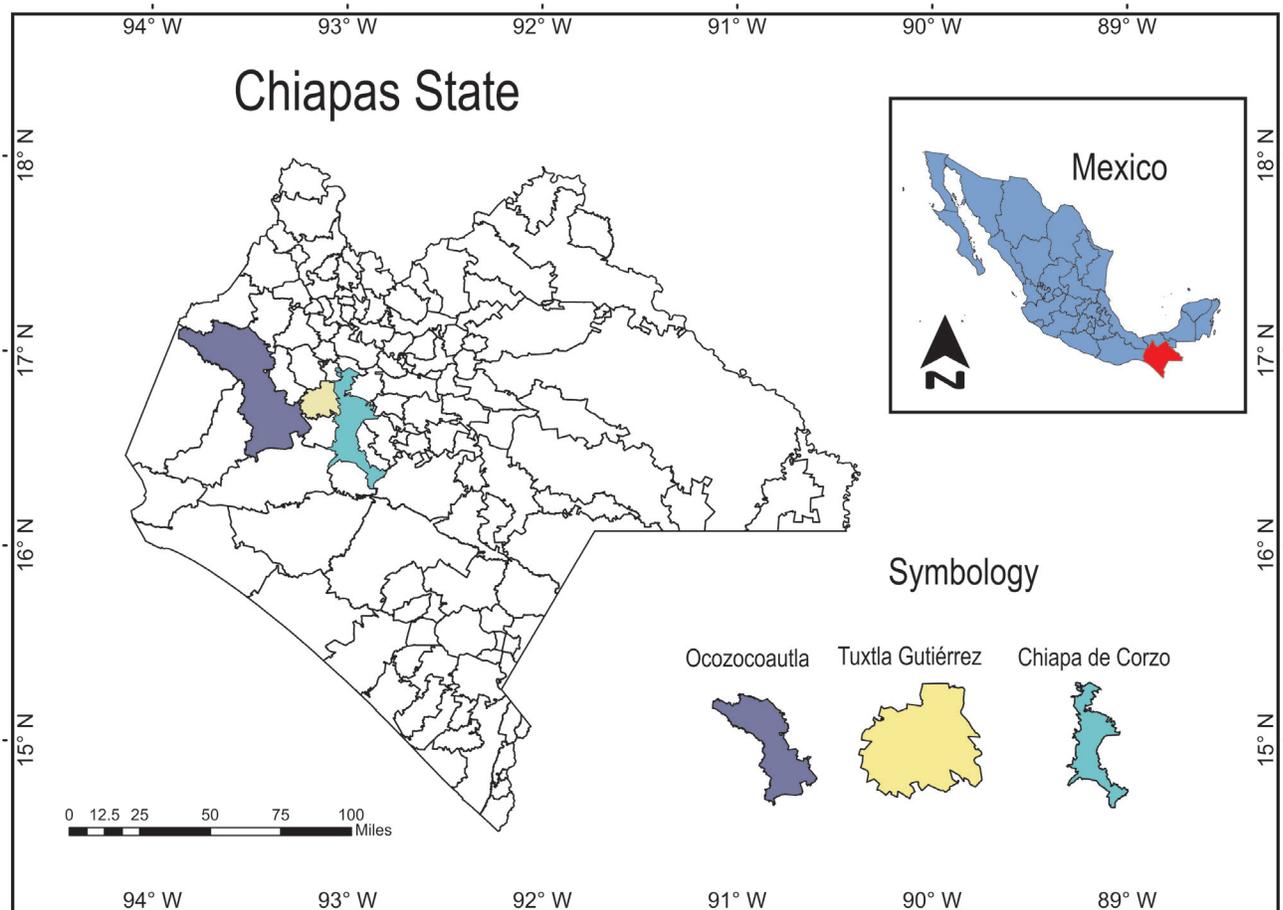


Figure 1. Location of the study area that shows the municipalities that contained the geosites proposed in this work.

abundance and diversity, especially the fossils contained in the rocks of the Cretaceous period that denote episodes of intense biological activity.

The first fossil localities with the presence of fish in the region were studied since the end of the last century and correspond to the Ocozocoautla Formation whose Maastrichtian deposits have sharks and bony fishes (González-Barba *et al.*, 2001; Carbot-Chanona & Than-Marchese, 2013). The record of terrestrial vertebrates is scarce. To date, only a few fossil remains of turtles, crocodyliforms and one non-avian dinosaur are known from the Maastrichtian-age sandy sediments (~68 Ma) of the Ocozocoautla Formation in the vicinity of the Meyapac Natural Area (Carbot-Chanona & Ovalles-Damian, 2013; Carbot-Chanona, 2014; Carbot-Chanona & Rivera-Sylva, 2011).

4. Results

4.1. Paleontological geosites in the Central region of Chiapas

The paleontological geosites considered in this work are characterized by bearing fossil evidence with temporal and environmental implications. The geosites were chosen by adopting the following criteria: 1) Presence of fossil specimens recognizable for their good preservation, abundance and/or diversity; 2) scientific research generated and their respective publications in specialized literature; 3)

fossils mentioned in journals, technical reports or bachelor, master or doctoral thesis; 4) sites with fossil outcrops located in geomorphosites, that is, they can be located in a spatial place and mapped; 5) sites that have a previous social interest by local people due to their geological, paleontological, landscape, economic and cultural (*e.g.* religious) characteristics (modified from Gallego, 1998).

The location of paleontological geosites within the area considered can be seen in Figure 2. In general, the geosites of paleontological importance are located with a southeast-northwest direction within an area of approximately 1000 km² and encompass Chiapa de Corzo (Cueva El Chorreadero, Piedra Ahorcada, and Cahuaré localities), Tuxtla Gutiérrez (Copoya, El Jobo, and Cueva Los Laguitos localities) and Ocozocoautla de Espinosa (Tzu-Tzu, El Chango, El Espinal, El Cerebro, Sima de las Cotorras, and La Venta Canyon localities) municipalities (Figures 3 and 4).

The lists the geosites with their respective names correspond to sites known and named by the local people, an aspect of relevance for the dissemination of paleontological knowledge, which is intended to reach society using *in situ* and *ex situ* fossil evidence (Table 1). Carcavilla *et al.* (2019) mention that fossils are a powerful teaching tool useful for the conservation of priority areas which they consider to be "immutable and mobile geo-heritages". Each of the geosites examined in this work usually have an extension of 10000 m² (one hectare), although it should be noted that due to the geomorphology of the region the realization of a topographical map of each of them is still a pending task.

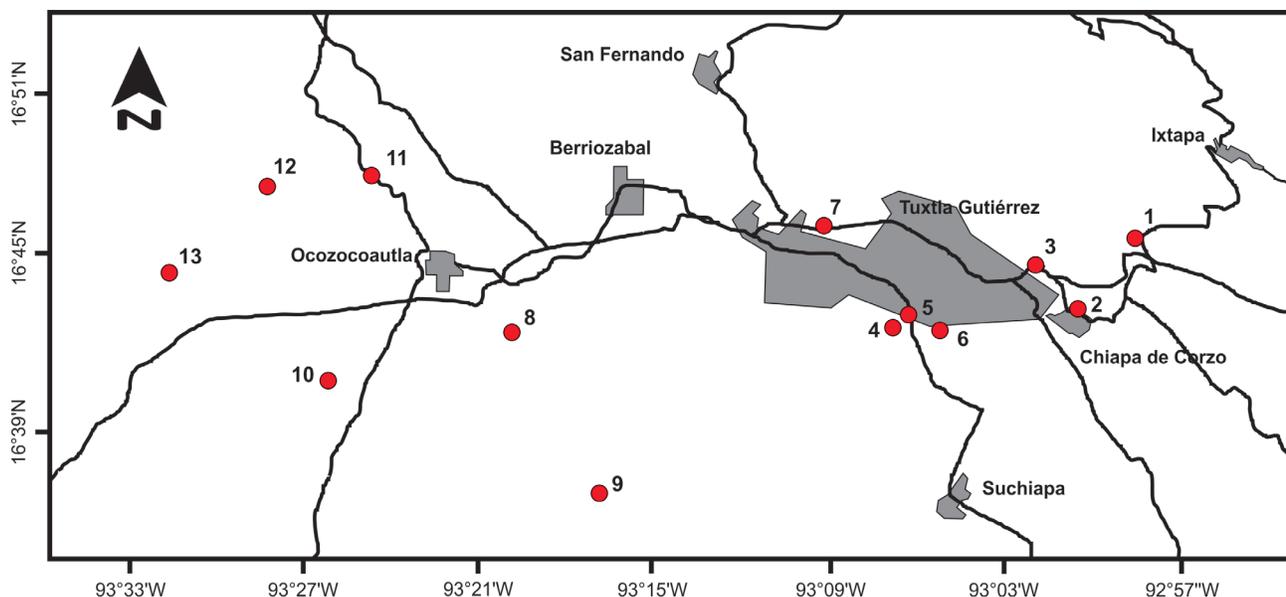


Figure 2. Map showing the location of the importance paleontological geosites. 1) El Chorreadero cave; 2) Piedra Ahorcada; 3) El Sumidero Canyon (Cahuaré); 4) Sandstone-limolite contact; 5) fossil corals locality, Copoya; 6) Microfossils, El Jobo; 7) Los Laguitos cave; 8) Tzu-Tzu; 9) El Chango quarry; 10) El Espinal quarry; 11) El Cerebro; 12) Sima de las Cotorras; 13) El Aguacero, La Venta Canyon.

5. Discussion

We consider that the 13 geosites proposed in this work have the characteristics to assign them the name "geosite" (Gallego, 1998) among which stand out: 1) They have paleontological heritage demonstrated by the fossil discoveries published; 2) several of the fossils are of relevant scientific importance as they include holotypes, paratypes,

hypotypes, etc., which are sheltered in various scientific collections of public institutions; 3) have georeferenced, geographical location, extension, geology and stratigraphy; 4) seven of the geosites are located in protected natural areas and with tourist activities managed by local people (e.g. Cueva El Chorreadero, Sima de las Cotorras, La Venta Canyon, El Aguacero, El Sumidero Canyon, Caguare and Piedra Ahorcada) where the spread of the paleontological

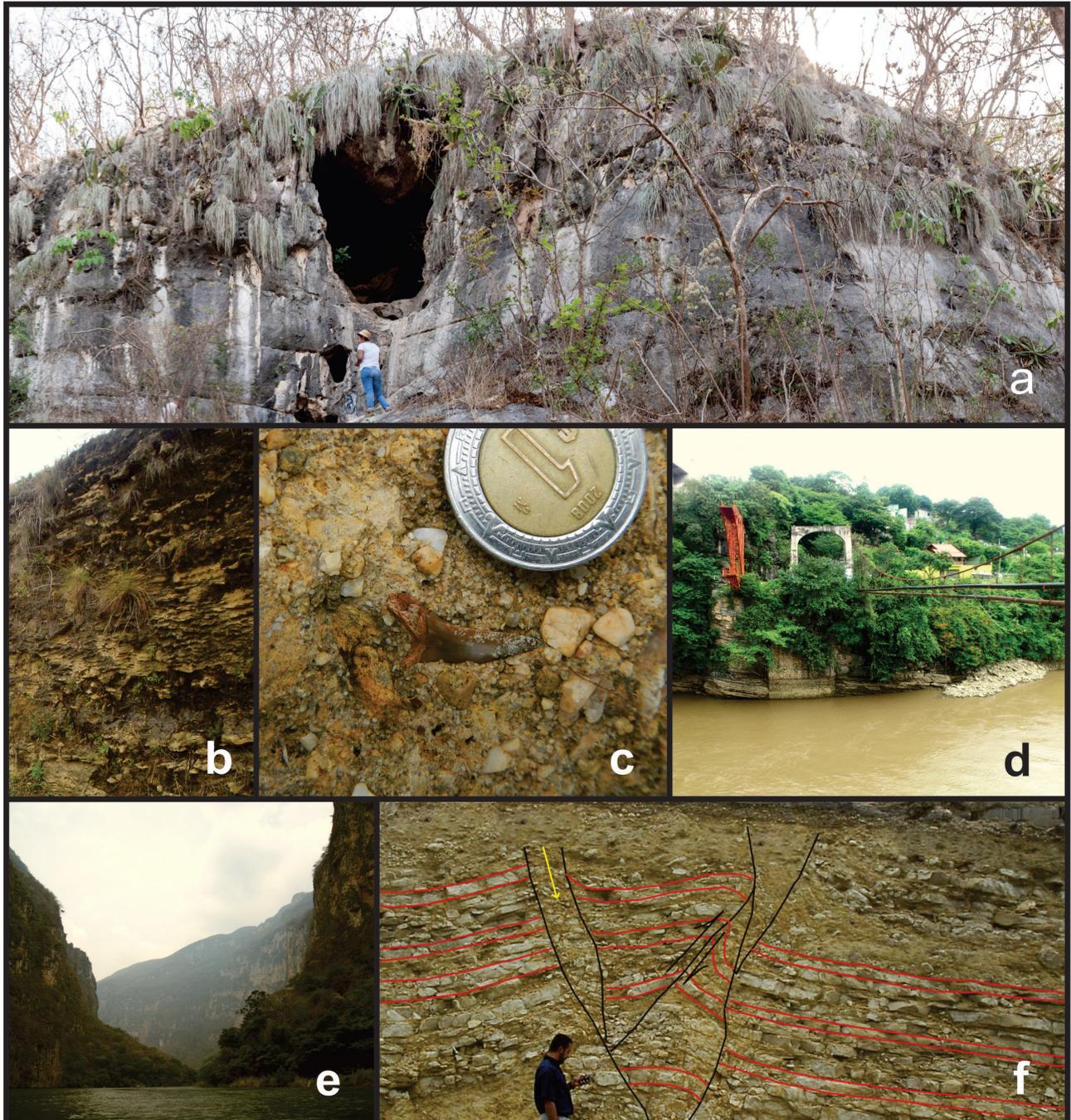


Figure 3. Selected geosites in Tuxtla Gutiérrez and Chiapa de Corzo municipalities: a) Los Laguitos cave; b) sandstone-limolite contact, Copoya; c) shark tooth from the Microfossils geosite, d) Cahuaré jetty; e) panoramic view of the Cañon del Sumidero; f) geological fold Rivera Las Flechas; note the folding and fracturing of limestone and shale strata of marine origin.

heritage has begun to have tourist value; 5) in most geosites have been carried out education activities aimed at teaching geology and paleontology. The study of the fossils of Chiapas has had results that have transcended its area of knowledge to dimensions with high social content with topics such as the conservation of natural heritage and education, both aspects intimately related and with great demand for the human survival.

On the subject of conservation, there is the protection and systematic registration of the paleontological heritage of Chiapas since 1989. This was strengthening with the inauguration of the Museum of Paleontology "Eliseo Palacios Aguilera" on October 21st of the year 2002 with

the important curatorial work in the safeguard of the fossils (Avendaño *et al.*, 2004; Carbot-Chanona, 2015). With this paleontological acquis, intense work has been carried out to disseminate both scientific and outreach to the general public and to groups of students of all educational levels. The students are important for the conservation of the paleontological heritage of any region of Mexico since they will be responsible for the future care and conservation of it.

The fossil's rescue work carried out by the staff of the Museum of Paleontology "Eliseo Palacios Aguilera" has resulted in the identification of potential paleontological sites that in the near future can be used to provide various services. Among those are guided tours with teaching

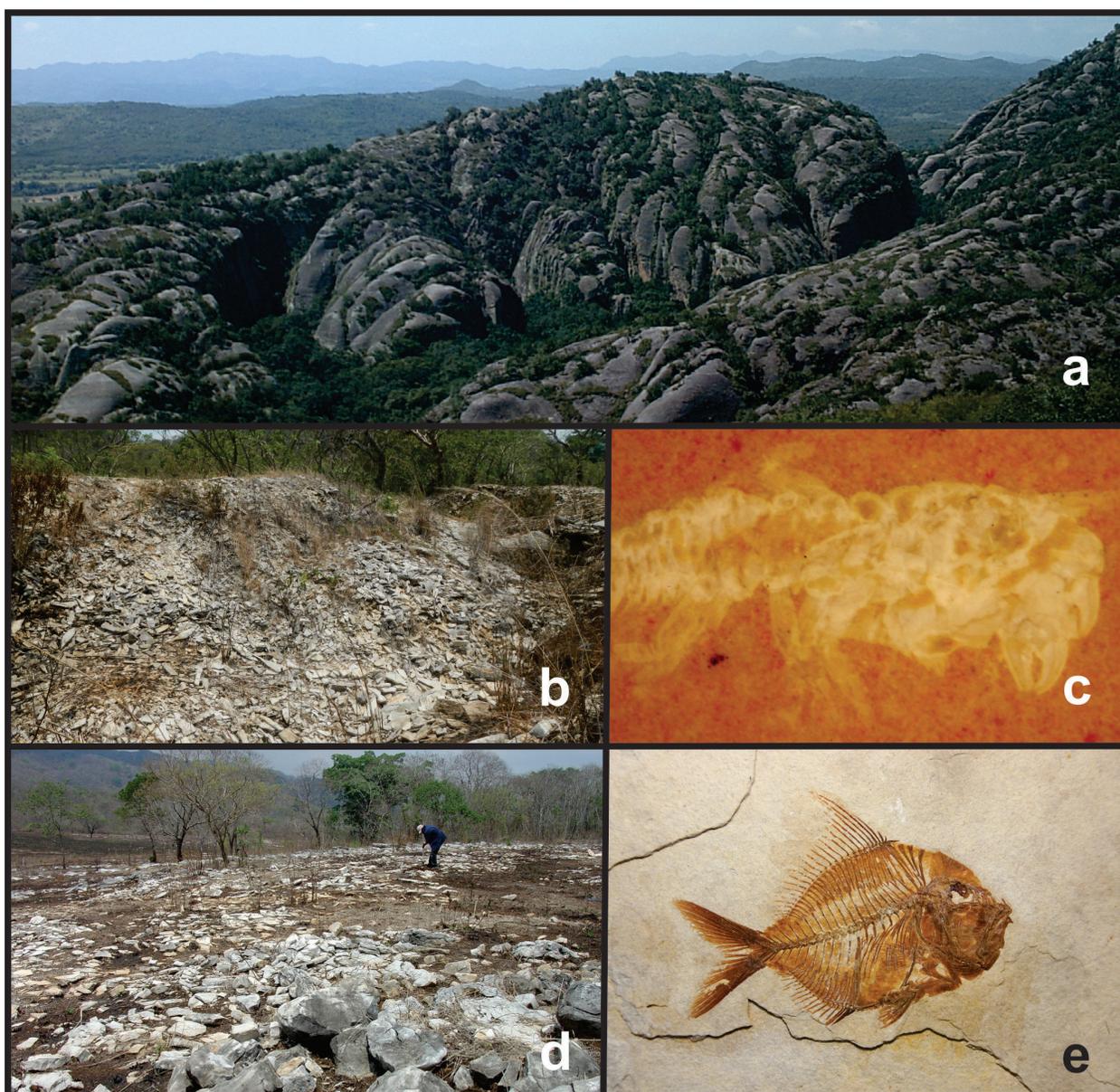


Figure 4. Selected geosites in Ocozocoautla de Espinosa: a) El Cerebro; b) El Espinal quarry; c) *Protoapseuroidius espinalensis* (Crustacea, Apseudomorpha, Tanaidacea) from El Espinal quarry; a tanaidacean that represent a new family, genus and species; d) panoramic view of El Chango quarry; e) *Zoqueichthys carolinae* (Teleostei, Acanthomorpha, Aipichthyoididae) from the El Chango quarry, a fish that represent a new genus and species for the science.

Table 1. Geosites with paleontological relevance. Are mentioned the geological age, fossils and paleoenvironmental inference for each one.

Geosite	Type of fossils	Holotypes	Geological age	Paleoenvironmental inference	References
1. El Chorreadero cave	Mollusks and rudist <i>in situ</i> . The material is under study	None so far	Late Cretaceous	Shallow, warm and low energy sea, reef environment	There are no specific works, but in nearby places are: Frost and Langenheim (1974), Alencáster (1986, 1995)
2. Piedra Ahorcada	Calcareous algae, cnidarians, mollusks, gastropods, bivalves and echinoderms <i>in situ</i>	None so far	Early Eocene	Shallow and warm sea, with medium to high energy, close to the coast	There are no specific works, but in nearby places are: Vega <i>et al.</i> (2001a), Perrilliat <i>et al.</i> (2006)
3. El Sumidero Canyon (Cahuare locality)	Mollusks andechinoderms <i>in situ</i> ; crabs <i>ex situ</i> housed in the MUPEPA	<i>Lophoranina precocius</i> (now <i>Vegaranina precocia</i>)	Late Cretaceous	Shallow and warm sea, with low energy; reef environment	Frost and Langenheim (1974), Feldmann <i>et al.</i> (1996)
4. Sandstone-limolite contact (Copoya)	Algae, angiosperms, protozoa, annelids, cnidarians, mollusks, crabs, echinoderms, sharks and rays <i>ex situ</i> housed in the MUPEPA	<i>Dardanus mexicanus</i> , <i>Lophoranina cristaspina</i>	Middle Eocene	Shallow, warm sea, very close to the coast (fluctuating coastline) and medium to high energy, with the coastline exposed to the terrestrial environment evidenced by the layers of limolite and plant fossils.	Aguilera and García (1991), Aguilera (1993); Ferrusquia-Villafranca <i>et al.</i> (1999, 2000), Vega <i>et al.</i> (2001a, 2008)
5. Fossil corals locality (Copoya)	Algae, protozoan, sponges, cnidarians, bryozoans, mollusks, echinoderms <i>in situ</i>	None so far	Late Cretaceous	Shallow sea, warm and medium to high energy, deduced by fragmented fossils	Aguilera and García (1991), Aguilera (1993), Ferrusquia-Villafranca <i>et al.</i> (1999, 2000), Jiménez-González (2006)
6. Microfossils (El Jobo)	Protozoan, cnidarians, annelids, mollusks, brachiopods, crabs, echinoderms, sharks, rays, algae and angiosperms	<i>Dardanus mexicanus</i> , <i>Lophoranina cristaspina</i>	Middle Eocene	Given the proximity to emerging land, it received contributions of terrifying material and plant remains	Aguilera and García (1991), Aguilera (1993), Ferrusquia-Villafranca <i>et al.</i> (1999, 2000), Vega <i>et al.</i> (2001a), Martín Medrano (2006), Martín-Medrano and García-Barrera (2006), Vega <i>et al.</i> (2008)
7. Los Laguitos cave	Rudist and bivalves <i>in situ</i>	None so far	"Middle" Cretaceous	Shallow, warm and low energy sea, reef environment	There are no specific works, but in nearby places are: Frost and Langenheim (1974), Alencáster (1995), Pons <i>et al.</i> (2016)
8. Tzu-Tzu	Mollusks (ammonites, gastropods, innoceramids, rudists), celenterates, echinoderms <i>in situ</i> and <i>ex situ</i>	<i>Icriobranchiocarcinus tzutzu</i>	Late Cretaceous (Maastrichtian)	Shallow sea, warm, reef environment.	Pons <i>et al.</i> (2016), Gómez-Pérez <i>et al.</i> (2016), Vega <i>et al.</i> (2018), Gómez-Pérez and Moreno-Bedmar (2019)
9. El Chango quarry	Gymnosperms and angiosperms; ammonites, crustaceans and bony fishes <i>ex situ</i> housed in the MUPEPA and in Instituto de Geología, UNAM	<i>Archaeochiapasa mardoqueoi</i> , <i>Mexicamia grijalvaensis</i> , <i>Mokaya changoensis</i> , <i>Pepemkay maya</i> , <i>Sapperichthys chiapanensis</i> , <i>Scombroluopea javieri</i> , <i>Tzeltalpenaeus exilichelatus</i> , <i>Unicachichthys multidentate</i> , <i>Veridagon avendanoi</i> , <i>Zoqueichthys carolinae</i> , <i>Zoquepenaeus spinirostratus</i>	Late Cretaceous (Cenomanian)	Shallow sea, of low energy and transparent waters that limited with relatively flat beach where there was a dominance of Cupressaceae, Podocarpaceae and Pinaceae conifers and several groups of angiosperms (Sapindales), among others	Vega <i>et al.</i> (2003), González-Ramírez <i>et al.</i> (2013), Guerrero Márquez <i>et al.</i> (2013), Alvarado-Ortega and Than- Marchese (2012, 2013), Amaral <i>et al.</i> (2013), Moreno-Bedmar <i>et al.</i> (2014), Díaz-Cruz <i>et al.</i> (2016, 2019), Guinot <i>et al.</i> (2019), Than-Marchese <i>et al.</i> (2020)
10. El Espinal quarry	Gastropods, crustaceans, insects, and bony fishes <i>ex situ</i> housed in the MUPEPA	<i>Protoapseuroides espinalensis</i> , <i>Palinurus palaciosi</i>	Lower Cretaceous (Albian)	Shallow sea, of low energy and transparent waters that limited with relatively flat beach where the contribution of terrigenous sediments was poor.	Vega <i>et al.</i> (2006), Alvarado-Ortega and Ovalles-Damián (2008), Alvarado-Ortega <i>et al.</i> (2009), Heard <i>et al.</i> (in press)
11. El Cerebro sandstone-limolite contact	Rudists, bivalves, gastropods <i>in situ</i>	None so far	Late Cretaceous (Maastrichtian)	Extensive lagoon next to a large reef structure	Vega <i>et al.</i> (2001b), Pons <i>et al.</i> (2016)
12. Sima de las Cotarras	Mollusks and echinoderms <i>in situ</i>	None so far	Late Cretaceous	Shallow sea, low energy, transparent and warm waters that limited relatively flat beach where the supply of terrigenes was scarce	There are no specific works, but in nearby places are: Michaud (1984), Steele and Waite (1986), Alencáster (1995), Pons <i>et al.</i> (2016)
13. La Venta Canyon (El Aguacero)	Protozoans, sponges, cnidarians, annelids, arthropods, mollusks and echinoderms <i>in situ</i>	None so far	Early Cretaceous	Shallow sea, low energy, transparent and warm waters that limited relatively flat beach where the supply of terrigenes was scarce	Steele and Waite (1986)

objectives, mainly to groups of students and researchers with objectives to determine the taxonomic identity of the fossils, geological age, paleogeographic correlation and paleobiological aspects, among others (Avenidaño-Gil, 2011).

6. Conclusions

The Chiapas state has an important geological and paleontological heritage that must be protected, conformed by singular geological structures and fossils with high scientific relevance. However, to date no strategies have been proposed to promote its conservation. This work lays the paleontological basis for the systematic study of paleontological interest geosites in the state of Chiapas, an initiative that will allow us to disseminate the importance of paleontological and geological resources of a state that they are rapidly being transformed by overexploitation of their natural resources and the growth of urban spots. This is in order to be used to generate scientific, didactic, recreational, and conservation activities, which will raise social awareness of the resources mentioned and support the economic development of the communities involved through different sustainable strategies (*e.g.* geotourism and geoeducation). It is a first attempt in Chiapas to bring the geological and paleontological resource closer to society privileging its natural environment and making use of the wonders they offer to society.

Acknowledgements

We thank the staff of the Museum of Paleontology “Eliseo Palacios Aguilera” for the support in the field works. Especially we thank Froilán Esquinca Cano for his intense work in the Chiapas Geoparks Project and Manuel Avenidaño Ramírez for the support in the elaboration of Figure 1. Also, we thank Josep Anton Moreno Bedmar for their editorial support, Rosalía Guerrero Arenas (Universidad del Mar) and one anonymous reviewer for the comments that improve this manuscript.

References

Aguilera, P., 1993, Bioestratigrafía general del Terciario (Paleógeno) de la localidad del Jobo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: México D.F, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Bachelor thesis, 59 pp.

Aguilera, P.M., García, B.P., 1991, Estudio de algunos microfósiles del Eoceno medio de la región del Jobo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (abstract), in III Congreso Nacional de Paleontología: México D.F., Sociedad Mexicana de Paleontología, 85.

Alencáster, G., 1986, Moluscos fósiles de México (abstract), in II Reunión de Malacología y Conquiliología, Facultad de Ciencias., UNAM:

México D.F., Sociedad Mexicana de Malacología y Conquiliología, 296–323.

Alencáster, G., 1995, Moluscos extintos (Rudistas) del Cretácico del Estado de Chiapas: Revista Investigación Nueva Época, 1(1), 1–68.

Alvarado-Ortega, J., Ovalles-Damián, E., 2008, *Triplomystus applegatei*, sp. nov. (Teleostei: Ellimmichthyiformes), a rare “triple armored herring” from el Espinal quarry (Early Cretaceous), Chiapas, southeastern Mexico: Journal of Vertebrate Paleontology, 28(1), 53–60.

Alvarado-Ortega, J., Ovalles-Damián, E., Blanco-Piñón, A., 2009, The fossil fishes from the Sierra Madre Formation, Ocozocoautla, Chiapas, southern México: Paleontología electrónica, 12(2), 4A:1–22.

Alvarado-Ortega, J., Than-Marchese, B.A., 2012, A Cenomanian aipichthyoid fish (Teleostei, Acantomorpha) from America, *Zoqueichthys carolinae* gen. and sp. nov. from El Chango quarry (Cintalapa Member, Sierra Madre Formation), Chiapas, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 29(3), 735–748.

Alvarado-Ortega, J., Than-Marchese, B.A., 2013, The first record of a North American Cenomanian Trachichthyidae fish (Acanthomorpha, Acanthopterygii), *Pepemakay maya* gen. and sp. nov., from El Chango quarry (Sierra Madre Formation), Chiapas, Mexico: Journal of Vertebrate Paleontology, 33(1), 48–57.

Amaral, C.R.L., Alvarado-Ortega, J., Brito, P.M., 2013, *Sapperichthys* gen. nov., a new gonorynchid from the Cenomanian of Chiapas, Mexico, in Arratia, G., Schultze, H.-P., Wilson, M.V.H. (Eds.), Mesozoic Fishes 5 – Global Diversity and Evolution: München, Germany, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 305–323.

Avenidaño-Gil, M.J., 2011, Senderos paleontológicos: servicio extramuros del Museo de Paleontología “Eliseo Palacios Aguilera” de la SEMAVIHN (abstract), in XII Congreso Nacional de Paleontología: Puebla, Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de México, 30.

Avenidaño Gil, J., Cartas Heredia, G., Coutiño José, M.A., Carbot-Chanona, G., Ovalles Damián, E., 2004, Reseña histórica del Museo de Paleontología “Eliseo Palacios Aguilera” del I.H.N.E. (abstract), in IX Congreso Nacional de Paleontología: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Sociedad Mexicana de Paleontología y Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural del Gobierno del estado de Chiapas, 19.

Avenidaño Gil, M.J., Coutiño José, M.A., 2009, Fósiles, in Riechers Pérez, A., Morales-Pérez, J.E., Hernández García, E. (Comp.), Laguna Bélgica: Patrimonio natural e interpretación ambiental: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Instituto de Historia Natural, 23–31.

Böse, E., 1906, La fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, San Luis Potosí: Boletín del Instituto de Geología, 24, 1–95.

Bruno, D.E., Crowley, B.E., Gutak, J.M., Moroni, A., Nazarenko, O.V., Oheim, K.B., Dmitry, A., Ruban, D.A., Tiess, G., Zorina, S.O., 2014, Paleogeography as geological heritage: Developing geosite classification: Earth-Science Reviews, 138, 300–312.

Carbot-Chanona, G., 2014, Overview of Mesozoic Crocodyliforms from Mexico, in Rivera-Sylva, H.E., Carpenter, K., Frey, E. (eds.), Dinosaurs and other Reptiles from the Mesozoic of Mexico: USA, Indiana University Press, 110–125.

Carbot-Chanona, G., 2015, La Colección Paleontológica de la SEMAHN: análisis preliminar: Lacandonia, 9(2), 43–54.

Carbot-Chanona, G., Rivera-Sylva, H., 2011, Presence of a maniraptoriform dinosaur in the Late Cretaceous (Maastrichtian) of Chiapas, southern México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 63(3), 393–398.

Carbot-Chanona, G., Ovalles-Damián, E., 2013, Registro de vertebrados fósiles, in La Biodiversidad en Chiapas: Estudio de estado, Vol. II: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Gobierno del Estado de Chiapas, 261–274.

Carbot-Chanona, G., Than-Marchese, B.A., 2013, Presencia de *Enchodus* (Osteichthyes: Aulopiformes: Enchodontidae) en el Maastrichtiano (Cretácico tardío) de Chiapas, México: Paleontología Mexicana, 63(1), 8–16.

- Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, A., Vegas, J., 2019, Geoheritage and geodiversity: Madrid, Spain, Instituto Geológico y Minero de España, 24 p.
- Damon, P.E., Shafiqullah, M., Clark, K.F., 1981, Evolución de los arcos magmáticos en México y su relación con la metalogénesis: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 5(2), 223–238.
- Di-Gregorio, F., Ulzega, A., 2003, Foreword, in Geomorphological sites: assessment and mapping: Cagliari, Italy, Università degli Studi di Cagliari International Association of Geomorphologists.
- Díaz-Cruz, J.A., Alvarado-Ortega, J., Carbot-Chanona, G., 2016, The Cenomanian short snout enchodontid fishes (Aulopiformes, Enchodontidae) from Sierra Madre Formation, Chiapas, southeastern Mexico: *Cretaceous Research*, 61, 136–150. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cretres.2015.12.026>.
- Díaz-Cruz, J.A., Alvarado-Ortega, J., Carbot-Chanona, G., 2019, *Dagon avendanoi* gen. and sp. nov., an Early Cenomanian Enchodontidae (Aulopiformes) fish from the El Chango quarry, Chiapas, southeastern Mexico: *Journal of South American Earth Science*, 9, 272–284.
- Feldmann, R.M., Vega, F., Tucker, A.B., García-Barrera, P., Avendaño, J., 1996, The oldest record of *Lophoranina* (Decapoda: Raninidae) from the Late Cretaceous of Chiapas, southeastern Mexico: *Journal of Paleontology*, 70(2), 296–303.
- Ferrusquía-Villafranca, I., 1998, Geología de México: una sinopsis, in Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A., Fa, J., (Eds.), *La Biodiversidad de México*: México D.F., México, Instituto de Biología, UNAM, 1–107.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Applegate, S.P., Espinosa-Arrubarrena, L., 1999, First Paleogene selachifauna of the Middle American-Caribbean-Antillean región, La Mesa de Copoya, west-central Chiapas, México – Systematics and paleontological significance: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 16(2), 155–174.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Applegate, S.P., Espinosa-Arrubarrena, L., 2000, First Paleogene selachifauna of the Middle American-Caribbean-Antillean region, La Mesa de Copoya, west central Chiapas – Geological Setting: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 17(1), 1–23.
- Frost, S.H., Langenheim, R.L., 1974, Cenozoic reef biofacies, Tertiary larger foraminifera and scleractinian corals from Chiapas, México: Northern Illinois University Press, 338 pp.
- Gallego, E., 1998, Protección y conservación de espacios naturales y del patrimonio geológico: *Zubia*, 16, 155–179.
- Gómez-Pérez, L.E., Domínguez Martínez, L.A., Carbot-Chanona, G., Coutiño José, M.A., Avendaño Gil, J., 2016, Una nueva localidad fosilífera del Cretácico superior en el municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México (abstract), in III Simposio de Paleontología en el Sureste de México: Puebla, Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 39.
- Gómez-Pérez, L.E., Moreno-Bedmar, J.A., 2019, Ammonites de la Formación Ocozocoautla (Maastrichtiano, Cretácico Superior) Chiapas, México (abstract), in XVI Congreso Nacional de Paleontología: Chihuahua, Chihuahua, Paleontología Mexicana, Número especial 5, 28.
- González-Barba, G., Coutiño, M.A., Ovalles-Damian, E., Vega-Vera, F.J., 2001, New Maastrichtian elasmobranch faunas from Baja California Peninsula, Nuevo León and Chiapas state, Mexico (abstract), in Tintoti A., Arriata, G. (eds.), III Internacional Meeting on Mesozoic Fishes: Systematic, Paleoenvironments and Biodiversity: Serpiano-Monte San Giorgio, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 33.
- González-Ramírez, I., Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S., 2013, Coníferas cupresáceas fósiles de “El Chango”, Chiapas (Aptiano): *Paleontología Mexicana* 63, 24–31.
- Guerrero-Márquez, G., Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S., Avendaño-Gil, J., 2013, Angiospermas cretácicas de la localidad “El Chango”, Chiapas, México: *Paleontología Mexicana* 63, 24–31.
- Guinot, D., Carbot-Chanona, G., Vega, F.J., 2019, *Archaeochiapsidae* n. fam., a new early Cenomanian brachiuran family from Chiapas, Mexico, new hypothesis on Lecythocaridae Schweitzer & Feldmann, 2009, and phylogenetic implications (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Eubrachyura): *Geodiversitas*, 41(7), 285–322. DOI: <https://doi.org/10.5252/geodiversitas2019v41a7>.
- Heard, R.W., Morales-Núñez, A.G., Serrano-Sánchez, M.L., Coutiño, M.A., Barragán, R., Vega, F.J., in press, A new family, genus and species of Tanaidacea (Crustacea; Apeudomorpha) from the lower cretaceous (Aptian) of Chiapas, Mexico: Systematic revisions and paleoenvironmental observations: *Journal of South American Earth Science*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102609>.
- Jiménez-González, J.J., 2006, Corales del Cretácico tardío de la Mesa de Copoya (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Formación La Angostura). *Taxonomía, Paleobiogeografía y Paleoecología*: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, bachelor thesis, 111 pp.
- Instituto Nacional de Ecología (INE), 2004, El establecimiento de Geoparques en México: un método de análisis geográfico para la conservación de la naturaleza en el contexto del manejo de cuencas hídricas (in line): Instituto Nacional de Ecología < <https://docplayer.es/30156056-Metodo-de-analisis-geografico-para-el-establecimiento-de-geoparques-en-mexico.html> >, consulted: December 05 of 2019.
- Martín Medrano, L., 2006, Análisis paleontológico de los ofiuroides fósiles de México: México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, master thesis, 140 pp.
- Martín-Medrano, L., García-Barrera, P., 2006, Fossil Ophiuroids of Mexico, in Vega F.J., Nyborg, T.G., Perrilliat, Ma. del C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S.R.S., Quiroz-Barroso, S.A. (Eds.), *Studies on Mexican Paleontology: The Netherlands*, Springer, 115–131.
- Michaud, F., 1984, Algunos fósiles de la Formación Ocozocoautla, Cretácico Superior de Chiapas, México (abstract), in III Congreso Latinoamericano de Paleontología: México, D.F., Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 425–431.
- Moreno-Bedmar, J.A., Latil, J.-L., Villanueva-Amadoz, U., Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S., 2014, Ammonite age-clarification of the El Chango Fossil-Lagerstätte, Chiapas state (SE Mexico): *Journal of South American Earth Sciences*, 56, 447–453. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2014.09.022>.
- Mullerried, F.K., 1982, Geología de Chiapas. Colección Libros de Chiapas, Serie Básica: Publicaciones del Gobierno del Estado de Chiapas, 180 pp.
- Palacio Prieto, J.L., 2013, Geositos, geomorfositos y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México: *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 82, 24–37. DOI: <https://doi.org/10.14350/ig.32817>.
- Perrilliat, M.C., Avendaño, J., Vega, F.J., Solé, J., 2006, Lower Eocene gastropods from El Bosque Formation, Central Chiapas: *The Veliger*, 48(3), 37–55.
- 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cretres.2015.11.015>.
- Reynard, E., 2005, Géomorphosites et paysages: Géomorphologie: relief, processus, environnement, 11(3), 181–188. DOI: 10.4000/geomorphologie.338.
- Steele, D.R., Waite, L.E., 1986, Contributions to the stratigraphy of the Sierra Madre Limestone (Cretaceous) of Chiapas: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Boletín, 102, 1–175.
- Than-Marchese, B.A., Alvarado-Ortega, J., Matamoros, W.A., Velázquez-Velázquez, E., 2020, *Scombroclupea javieri* sp. nov., enigmatic Cenomanian clupeomorph fish (Teleostei, Clupeomorpha) from the marine deposits of the Cintalapa Formation, Ocozocoautla, Chiapas, southeastern Mexico: *Cretaceous Research*, 112, 104448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104448>.

- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2015, Iniciativa mundial de la UNESCO sobre geoparques (in line), in Aplicación de las decisiones adoptadas por el Consejo Ejecutivo y de las resoluciones aprobadas por la conferencia general en sus reuniones anteriores, Parte 1. <unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232104_spa/PDF/232104spa.pdf.mult>, free access, consulted: January 06 of 2020.
- Union International for Conservation of Nature (IUCN), 2020, < <http://www.iucn.org/es>> free access, consulted: January 05 of 2020.
- Vega, F.J., Cosma, T., Coutiño, M.A., Feldmann, R.M., Nyborg, T.G., Schweitzer, C.E., Waugh, D.A., 2001a, New Middle Eocene decapods (Crustacea) from Chiapas, México: *Journal of Paleontology*, 75(5), 929–946.
- Vega, F.J., Feldmann, R.M., García-Barrera, P., Filkorn, H., Pimentel, F., Avendaño, J., 2001b, Maastrichtian crustacean (Brachyura: Decapoda) from the Ocozocoautla Formation in Chiapas, southeast Mexico: *Journal of Paleontology*, 75(2), 319–329.
- Vega, F.J., García-Barrera, P., Coutiño, M., Nyborg, T., Cifuentes-Ruiz, P., González-Rodríguez, K., Martens, A., Delgado, C.R., Carbot, G., 2003, Early Cretaceous arthropods from plattenkalk facies in Mexico: *Contributions to Zoology*, 72(2-3), 187–189.
- Vega, F.J., García-Barrera, P., Perrilliat, M.C., Coutiño, M.A., Mariño-Pérez, R., 2006, El Espinal, a new plattenkalk facies locality from the Lower Cretaceous Sierra Madre Formation, Chiapas, southeastern Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 23(3), 323–333.
- Vega, F.J., Nyborg, T., Coutiño, M.A., Hernández-Monzón, O., 2008, Review and additions to the Eocene decapod Crustacea from Chiapas, Mexico: *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, 34, 51–71.
- Vega, F.J., Charbonnier, S., Gómez-Pérez, L.E., Coutiño, M.A., Carbot-Chanona, G., Távora, V.A., Serrano-Sánchez, L., González-Monzón, O., 2018, Review and additions to the Maastrichtian (Late Cretaceous) crustacea from Chiapas, Mexico: *Journal of South American Earth Sciences*, 85, 325–344.

Manuscript received: March 10, 2020.

Corrected manuscript received: May 25, 2020.

Manuscript accepted: May 26, 2020.

CARACTERIZACIÓN PALEONTOLÓGICA Y GEOLÓGICA DE POTENCIALES GEOSITIOS PARA SU INCLUSIÓN AL PROYECTO “ENTRE CAÑONES: DEPRESIÓN CENTRAL DE CHIAPAS”

Manuel Javier Avendaño-Gil¹✉ y Gerardo Carbot-Chanona²

¹Dirección de Áreas Naturales y Vida Silvestre, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. Calzada de Los Hombres Ilustres S/N, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²Museo de Paleontología “Eliseo Palacios Aguilera”, Departamento de Paleontología, Dirección de Gestión, Investigación y Educación Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. Calzada de Los Hombres Ilustres S/N, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

✉ javierdchiapas@gmail.com

Resumen

Se describe la parte geológica y paleontológica de nueve geositios, como parte de la propuesta para la creación del Geoparque “Entre Cañones, Depresión Central de Chiapas”, que comprende los cañones El Sumidero, La Venta y El Boquerón, que abarca los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Suchiapa, Ocozocoautla, Berriozabal, San Fernando y Chicoasen. Los geositios seleccionados por su importancia paleontológica y geológica son: 1) Arrecifes de Coral, Copoya; 2) Microfósiles, El Jobo y 3) Cañada La Chacona, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez; 4) Cahuaré, Cañón del Sumidero y 5) Pliegue geológico, Rivera las Flechas, en el municipio de Chiapa de Corzo; 6) Arenisca “El Cerebro”, 7) El Espinal, 8) El Chango y 9) Moluscos fósiles, Laguna Bélgica, en el municipio de Ocozocoautla. Los nueve geositios propuestos poseen los atributos paleontológicos y geológicos para sustentar la propuesta del desarrollo e instauración de un nuevo geoparque en el sureste de México.

Palabras clave: Geoparque, geositios, geoconservación, geología, paleontología.

Abstract

The geological and paleontological characteristics of nine geosites is described, as part of the proposal for the creation of the Geopark "Entre Cañones, Depresión Central de Chiapas", which includes El Sumidero, La Venta and El Boquerón canyons, that includes the municipalities of Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Suchiapa, Ocozocoautla, Berriozabal, San Fernando and Chicoasen. The geosites selected for their paleontological and geological importance are: 1) Arrecifes de Coral, Copoya; 2) Microfósiles, El Jobo and 3) Cañada La Chacona, in the municipality of Tuxtla Gutiérrez; 4) Cahuaré, Cañón del Sumidero and 5) Pliegue geológico, Rivera las Flechas, municipality of Chiapa de Corzo; 6) El Cerebro, 7) El Espinal, 8) El Chango and 9) Moluscos fósiles, Laguna Bélgica, in the municipality of Ocozocoautla. The nine proposed geosites have the paleontological and geological attributes to support the proposal for the development and establishment of a new geopark in southeastern Mexico.

Keywords: Geopark, geological sites, geoconservation, geology, paleontology.

INTRODUCCIÓN

El estudio del patrimonio natural y cultural, en su totalidad, ha sufrido cambios en su enfoque de aplicación a través del tiempo, los cuales, en términos generales, iniciaron con el tratamiento de un integrante, o parte de él, a la actual perspectiva integral o ecosistémica. Esta última perspectiva implica la integración de todos los componentes que conforman al patri-

monio natural y cultural en forma holística y empírica. Esto es, experimentar contacto directo con sus componentes, como son los recursos florísticos, faunísticos, minerales, fósiles, agua, suelo, cuencas, ruinas arqueológicas, pueblos tradicionales, museos, entre otros.

Lo anterior ha sido reconocido en los últimos años por diversas instancias. Como ejemplo están la Unión Internacional

para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), al incluir en su agenda de trabajo todo lo referente al patrimonio geológico y la geodiversidad (IUCN, 2008). Con esta misma perspectiva la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés), lanzó una iniciativa para el reconocimiento de espacios geográficos que propicien el manejo sostenible de sus recursos biológicos, geológicos y culturales en grandes extensiones denominadas geoparques distribuidos principalmente en Europa y Asia. En la actualidad, la Red Mundial de Geoparques cuenta actualmente con 161 sitios registrados en 44 países (<https://es.unesco.org/news/quince-sitios-america-latina-asia-y-europa-designados-geoparques-mundiales-unesco>). De conformidad con la iniciativa de la UNESCO, en junio de 2001, el consejo directivo invitó a los miembros a promover los territorios o los parques naturales con características geológicas especiales para integrar geoparques, como una estrategia para el desarrollo regional sustentable salvaguardando el ambiente (UNESCO, 2010).

Un geoparque es una unidad de conservación, nacida de una reflexión de los geólogos europeos, la cual propone reconocer aquellos territorios que por su importancia geológica, ecológica, arqueológica y sociocultural sean susceptibles de ser preservados mediante el manejo sostenible de sus recursos y que den pie a un desarrollo económico local y regional administrado por sus pobladores (De la Peña, 2007). Los geoparques son territorios que se distinguen por su belleza, importancia geológica, singularidad socioeconómica, representatividad global o regional y valor educativo, y simbolizan un nuevo concepto de conservación de la naturaleza (De la Peña, 2007).

Una base importante para la conceptualización de los geoparques, son los geositios. Los geositios son porciones de la geosfera que presentan una particular importancia para la comprensión de la historia de la Tierra. Específicamente, los geositios se definen como objetos geológicos o geomorfológicos que han adquirido un valor de carácter científico, cultural/histórico, estético y/o social/económico desde la percepción o explotación humana (Reynard, 2004). Por su parte, los geomorfositos, son geositios que pueden ser altamente activos (permiten observar procesos terrestres en curso, como sistemas fluviales, glaciares, volcanes en actividad) o pasivos (muestran la evidencia de procesos y eventos pasados). Los geomorfositos pasivos nos trasladan al pasado y tienen un valor patrimonial particular, ya que testifican la historia y evolución de la Tierra (Reynard, 2004).

En 1989, el Instituto de Historia Natural (IHN) inició de forma sistemática el estudio del patrimonio paleontológico y

geológico de Chiapas, teniendo a la fecha un espacio para la exhibición pública de este patrimonio (Museo de Paleontología “Eliseo Palacios Aguilera”) y una colección paleontológica para su resguardo, protección y estudio científico. Siguiendo la estrategia de promover, consolidar y ampliar la actividad paleontológica-geológica en Chiapas que inició el IHN, la actual Secretaría del Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN) realiza paralelamente la difusión pública que lleva a cabo el Museo de Paleontología “Eliseo Palacios Aguilera” y los estudios científicos que se realizan con la colección paleontológica en la aplicación del conocimiento paleontológico-geológico a lugares específicos de interés (geositios). Lo anterior formará la plataforma para sumarse a los esfuerzos internacionales para integrarse a la nueva estrategia de conservación denominada geoparque.

Avendaño-Gil *et alii* (2020) consideraron 13 geositios de importancia paleontológica para la región Central de Chiapas, basados en los siguientes criterios: 1) Presencia de especímenes fósiles reconocibles por su buena conservación, abundancia y/o diversidad; 2) Investigaciones científicas generadas y sus respectivas publicaciones en literatura especializada; 3) Fósiles mencionados en revistas, informes técnicos o tesis de licenciatura, maestría o doctorado; 4) Sitios con afloramientos fósiles ubicados en geomorfositos, es decir, que pueden ubicarse en un lugar espacial y mapearse; y 5) Sitios que tienen un interés social previo por parte de la población local debido a sus características geológicas, paleontológicas, paisajísticas, económicas y culturales. Aunque las localidades y sus criterios de selección fueron resumidos (ver Avendaño-Gil *et alii*, 2020: cuadro 1), éstas no fueron descritas a detalle. Por tal motivo, el propósito de este trabajo es describir geológica y paleontológicamente nueve de esos geositios, sumando con ello componentes que sirvan para sustentar la propuesta de creación de un nuevo geoparque en México aplicando los conceptos de la UNESCO, denominado “Geoparque: entre cañones, Depresión Central de Chiapas”, con el cual se pretende establecer una nueva estrategia de conservación del patrimonio natural y cultural de Chiapas a través del manejo sustentable. Con relación a esto último, se comentan las experiencias sobre educación y turismo obtenidas en algunos de los geositios.

METODOLOGÍA

La propuesta está apegada a los lineamientos propuestos por la UNESCO (2008) que son: 1) considerar un territorio de gran extensión, bien delimitado y continuo que presente estructuras geológicas singulares, y 2) que incorpore aspectos

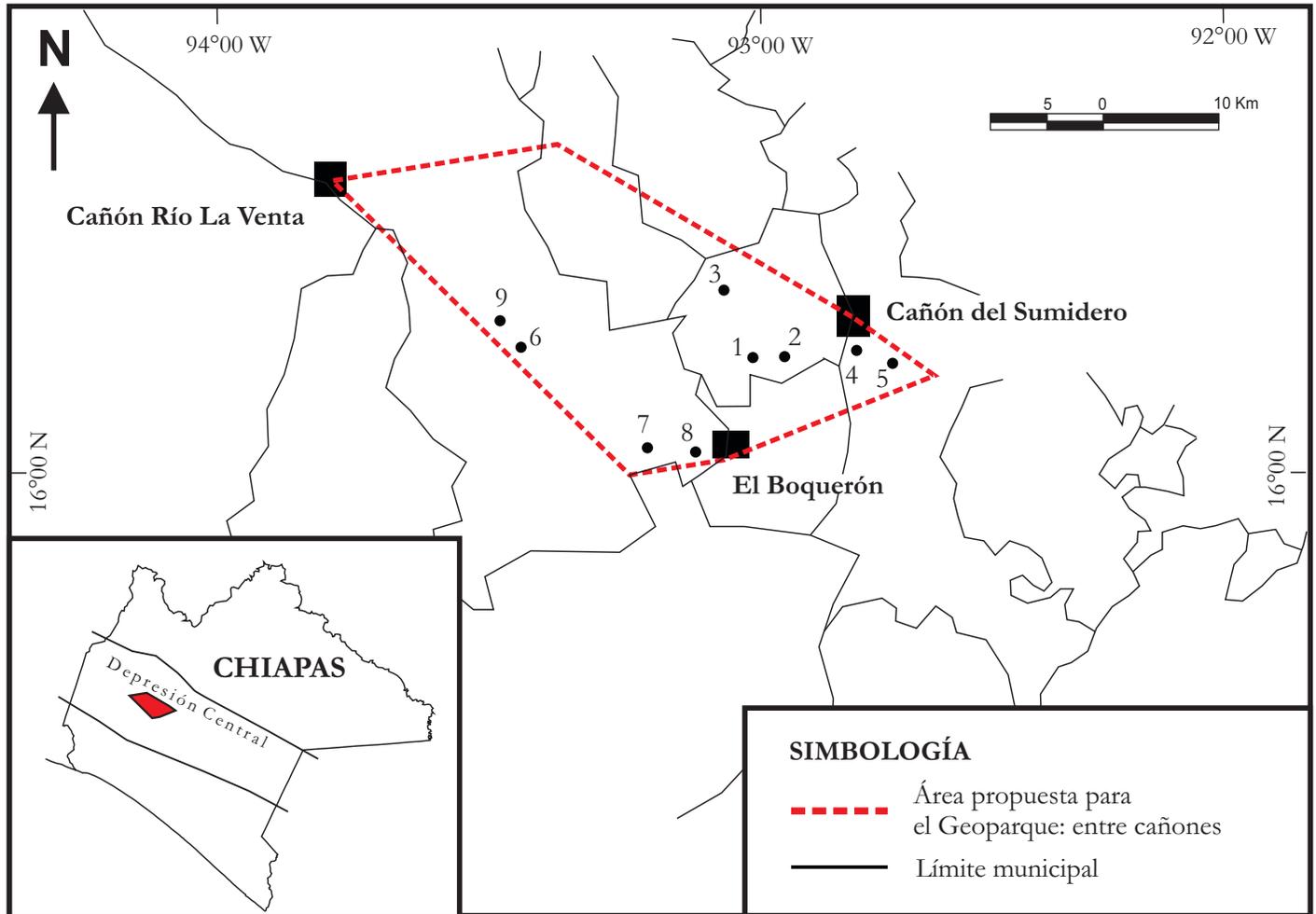


Figura 1. Ubicación de los geositos dentro del área propuesta del “Geoparque: entre cañones, Depresión Central de Chiapas”. 1) Arrecifes de Coral, Copoya; 2) Microfósiles, El Jobo, 3) Cañada La Chacona, 4) Cahuaré, Cañón del Sumidero, 5) Pliegue geológico, Rivera las Flechas, 6) El Cerebro, 7) El Espinal, 8) El Chango y 9) Moluscos fósiles.

naturales y culturales de interés, con posibilidades de ser manejados de forma sustentable por los pobladores de esos sitios para obtener beneficios económicos. Para tal efecto, se seleccionó la Depresión Central de Chiapas como una región que naturalmente representa una unidad geomorfológica y fisiográfica (Müllerried, 1957). Posteriormente, se delimitó el contorno del área contenida dentro de la mencionada Depresión Central usando mapas geográficos, topográficos, geológicos, fotos aéreas y el uso de información digital como Google Earth. El área se denominó “Entre Cañones” y se confina entre los cañones El Sumidero, La Venta y El Boquerón, que a su vez

abarcan los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Suchiapa, Ocozocoautla, Berriozabal, San Fernando y Chicoasen (Figura 1). Se seleccionaron los rasgos geomorfológicos más conocidos usando cartografía, secciones transversales de terreno, recolecta de muestras, levantamiento de perfiles estratigráficos, puntos terrestres de fotografía y bibliografía específica. Dichos rasgos comprenden cañadas, mesetas, sistemas hídricos y cañones, así como tipos de litologías presentes, afloramientos fosilíferos importantes, poblados, construcciones prehispánicas, minas y existencia de áreas protegidas (municipales, estatales y federales).

RESULTADOS

La extensión del área del geoparque propuesto cumple con los criterios para su establecimiento dados por la UNESCO, entre los que están su unidad geomorfológica que contienen un conjunto de ecosistemas, diversidad de suelos, sistemas hídricos, afloramientos fósiles, sitios arqueológicos entre otros, que facilitan su conservación y uso sustentable. En este trabajo se describen nueve geositos ubicados dentro del área denominada “Entre Cañones”, que correspondería a la primera etapa de desarrollo del proyecto. Los geositos seleccionados son: 1) Arrecifes de Coral, Copoya; 2) Microfósiles, El Jobo y 3) Cañada La Chacona, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez; 4) Cahuaré, Cañón del Sumidero y 5) Pliegue geológico, Rivera las Flechas, en el municipio de Chiapa de Corzo; 6) Arenisca “El Cerebro”, 7) El Espinal, 8) El Chango y 9) Moluscos fósiles, Laguna Bélgica, en el municipio de Ocozacoautla (Figura 1). Es importante señalar que únicamente el geosito “Moluscos Fósiles” se encuentra dentro de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Laguna Bélgica.

Descripción de los geositos

Arrecife de Coral

Ubicado en la parte alta de la Mesa de Copoya, a un costado de la desviación a la colonia de Copoya. Este geosito presenta una litología de caliza masiva en donde se encuentran restos de corales en un estado compactado y deformado, asociados a restos de foraminíferos, algas calcáreas, briozoarios, crustáceos y equinodermos (Vega *et alii*, 2001). Los corales identificados corresponden a 12 especies coloniales y una solitaria: *Actinacis cymatoclysta*, *Actinastrea exigua*, *Astreopora carpathica*, *Astreopora* sp.1, *Astreopora* sp.2, *Aulosmilia* sp., *Dichocoenia* sp., *Latohelia* sp., *Pachygyra princeps*, *Polytremacis* cf. *P. edwardsi*, *Pseudofavia* sp.1, *Pseudofavia* sp.2, *Stylophora* cf. *S. garummica* (Jiménez-González, 2006).

Los restos de corales son pequeños, lo que indica que no llegaron a formar colonias maduras. Adicionalmente, el tamaño pequeño de los cálices en la mayoría de los corales estudiados, muestra que se depositaron en un ambiente de turbidez alta y señala que fueron depositados, junto con el resto de la fauna acompañante, antes de la sedimentación (Jiménez-González, 2006).

Microfósiles

Este geosito se denomina así en referencia a la gran abundancia de foraminíferos que se presentan en el afloramiento que se localiza en unas colinas de baja altura ubicadas en la

parte alta de la Mesa de Copoya, en la desviación que conduce a la colonia Piedra Santa; este afloramiento ha sido referido al Eoceno medio (Aguilar Piña y García Barrera, 1991; Aguilar Piña, 1993). En este geosito se han rescatado abundantes fósiles, como los foraminíferos *Camerina guayabalensis*, *Eulinderina guayabalensis*, *Ferayina coralliformis*, *Helicostegina gyralis*, *Lepidocyclina (Polylepidina) antillea*, *Pseudophragmina (Proporocyclina) zaragonsensis* y *Pseudophragmina (Proporocyclina) perpusilla* (Durham *et alii*, 1955), los cangrejos *Calappilia hondoensis*, *Paguristes mexicanus*, *Lophoranina cristaspina*, *Notopus minutus*, *Verrucoides stenoedra*, *Stoaplastax nandachare*, *Viapinnixa alvarezii*, *Callianassa* sp., *Laevirana* sp., *Petrochirus* sp., *Eriosachila* sp., *Xaiva?* sp., calápidos, diogénidos y portúnidos indeterminados (Vega *et alii*, 2001; Vega *et alii*, 2008), así como las rayas y tiburones *Myliobatis* sp., *Rhinoptera* sp., *Pristis* sp. aff. *P. lathania*, *Eugomphodus macrotus*, *Nebryus* sp., *Carcharias* sp., *Odontaspis?* sp., *Isurus* cf. *I. precursor*, *Carcharodon auriculatus*, *Hemipristis curvatus* y *Galeocerdo* sp. (Kruckow y Thies, 1990; Ferrusquía-Villafranca *et alii*, 2000; González-Barba *et alii*, 2004). También se encuentra fauna acompañante integrada principalmente por anélidos, gasterópodos y bivalvos. Es importante mencionar que varios de los cangrejos encontrados representan taxones nuevos para la ciencia y los holotipos se encuentran depositados en la Colección Paleontológica de la SEMAHN, lo que le da un valor adicional al geosito. Otro ejemplar importante encontrado en estas rocas es un equinodermo ofiuroido, grupo raro en el registro fósil de México (Martín Medrano, 2006). Adicionalmente, existe el registro de una tortuga fósil y un reporte de sirénido (Müllerried, 1982; Ferrusquía-Villafranca *et alii*, 1999); en la actualidad se desconoce el destino de dicho material.

Cañada La Chacona

Se trata de una estructura geomorfológica escarpada y seccionada por causas naturales debido a que los movimientos corticales y la erosión fluvial formaron una profunda cañada. Tiene influencia antrópica como consecuencia de la construcción de la carretera que comunica Tuxtla Gutiérrez con la región noreste del estado, donde se encuentran grandes poblados como San Fernando y Osumacinta, entre otros. Esta cañada proporciona excelente oportunidad para observar la estratificación de diferentes materiales (caliza, arenisca y conglomerado) que corresponden a dos eras geológicas (Mesozoico y Cenozoico), así como evidencias de la existencia de diversos paleoambientes. Por ejemplo, la caliza permite inferir

un ambiente marino de plataforma, somero, cálido y de baja energía, que muy probablemente formaba parte del extinto mar Tethys. La arenisca revela un ambiente de energía media, sometido a cambios en el nivel del mar con aporte de materia continental. Por su parte, el conglomerado es evidencia de aporte fluvial de alta energía. Esta estructura geológica, dada su variada litología, geomorfología y situación geográfica, es un punto de comunicación entre las regiones fisiográficas Altiplanicie de Chiapas con más de 1000 m.s.n.m. y la Depresión Central de Chiapas, con una elevación promedio de 550 m.s.n.m. Esta ligera diferencia de altitud propicia un ambiente húmedo para el asentamiento de poblaciones de helechos, bromelias y orquídeas.

Embarcadero Cahuaré, Cañón del Sumidero

Localizado a la entrada del Cañón del Sumidero, este geositio ofrece una oportunidad maravillosa para observar estructuras geológicas resultantes de procesos que empezaron hace 100 millones de años y continúan en la actualidad (Figura 2A). Cahuaré ofrece la oportunidad de ser un punto de observación de cómo la corriente fluvial desafía las leyes de la gravedad, en contra de toda lógica, al dirigirse de una región baja (Depresión Central de Chiapas) a un alta (Meseta Central de Chiapas); este fenómeno sólo puede ser explicado desde la perspectiva geológica.

El embarcadero Cahuaré también abarca el contexto histórico requerido por la UNESCO para la implementación de geoparques, pues fue el sitio donde se instaló la primera obra de ingeniería que utilizó acero para construir un puente que comunicó las ciudades de Tuxtla Gutiérrez con las ciudades del oriente del estado, como Chiapa de Corzo, San Cristóbal, Comitán y Frontera Comalapa. Algunos restos de este puente todavía pueden observarse sobre el río Grijalva.

Pliegue geológico Rivera Las Flechas

Este geositio aflora sobre un corte carretero de unos 10 m de altura y situado a 1 km del río Grijalva. En este sitio es posible observar las fuerzas a que está sometido el subsuelo de la subcuenca del río Sabinal (Figura 2B). En este geositio se observa el plegamiento y fractura de estratos de roca caliza y lutita de origen marino que originalmente se encontraban en posición horizontal, pero que fueron plegados por las fuerzas tectónicas laterales, dando a este geositio una característica particular. Sobre estos estratos de caliza y lutita deformadas existe un estrato horizontal de conglomerado grueso que evidencia una fuerte influencia fluvial, que posiblemente corresponde con el

antiguo cauce del río Grijalva.

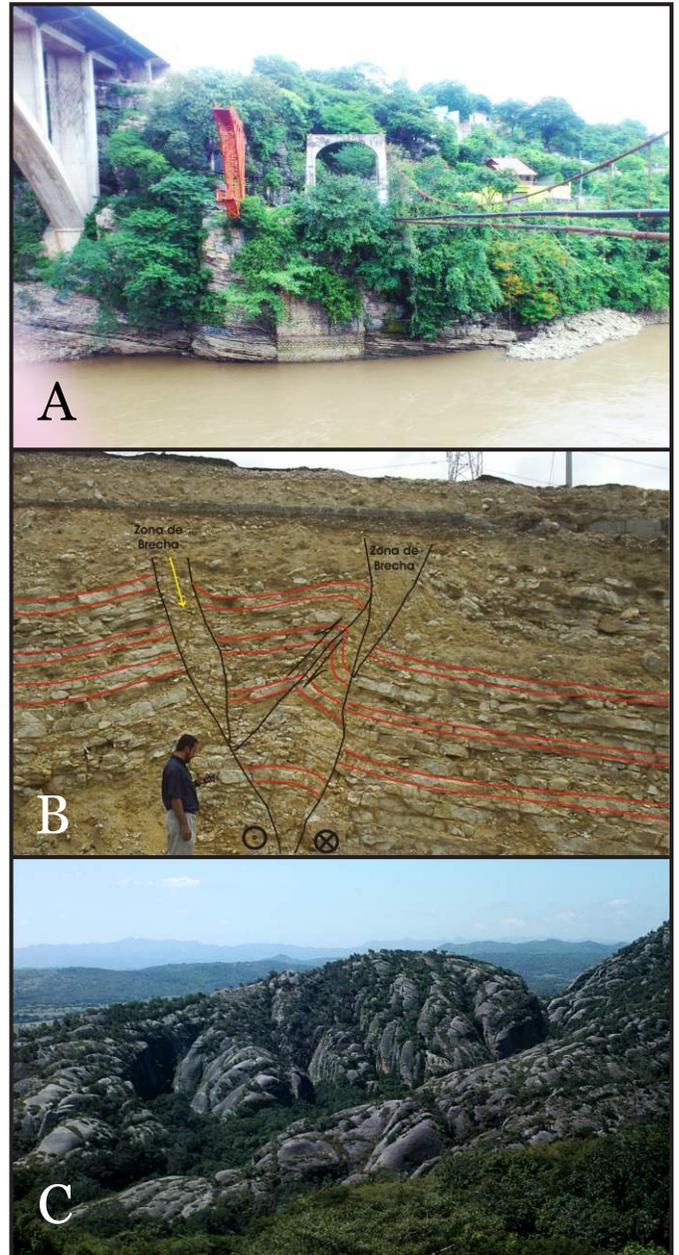


Figura 2. Geositios seleccionados para la propuesta del Geoparque “Entre cañones: Depresión Central de Chiapas”, que destacan por sus características geomorfológicas. A) Embarcadero Cahuaré, Cañón del Sumidero, B) Pliegue geológico Rivera Las Flechas y C) El Cerebro.

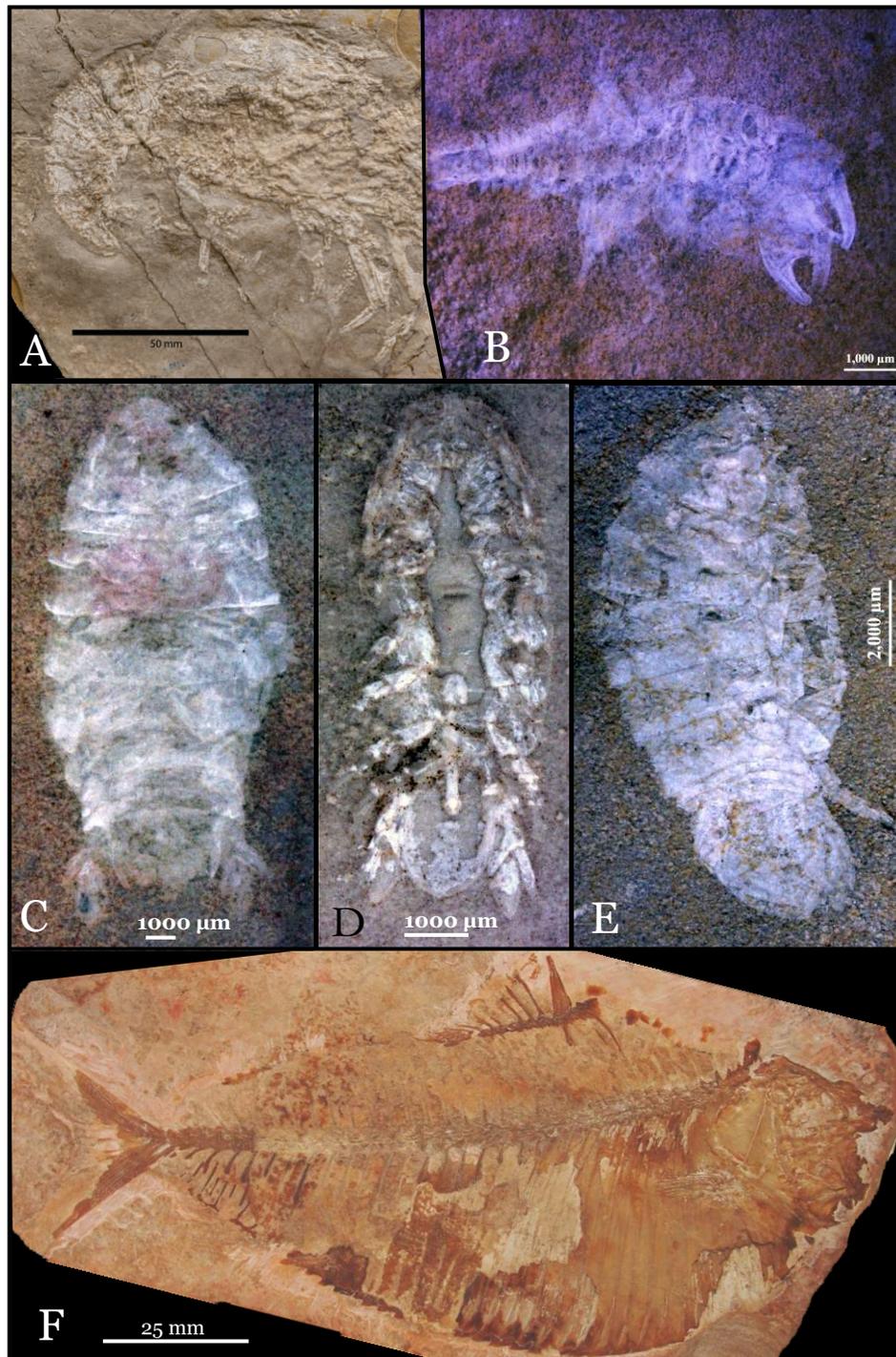


Figura 3. Holotipos del geosítio El Espinal que corresponden con la Categoría 1 de Page (2003). A) *Palinurus palaciosi*, B) *Protoapseuroidus espinalensis*, C) *Cirolana aptiana*, D) *C. bretoni*, E) *Plakolana chiapaneca* y F) *Triplomystus applegatei*.

El Cerebro

Ubicado al costado norte de la cabecera municipal de Ocozacoautla de Espinosa. Se trata de un depósito de arenisca cuarzosa de aproximadamente 3 km de largo, 1 km de ancho y un espesor de 120 m, erosionado por corrientes de agua intermitentes que le han dado la apariencia de un cerebro (Figura 2C). La base de esta unidad geológica se compone principalmente de arena de grano medio a grueso en una matriz poco consolidada que presenta hematita, estratificada horizontalmente, en la cual además se intercalan litoclastos redondeados de 2 a 10 cm. En la parte media y superior de la unidad predomina la arena de grano medio a fino, aunque en la parte más alta se pueden observar estratos donde se intercalan litoclastos redondeados de gran tamaño orientados en la misma dirección, lo que indica eventos alternados de depósito de alta y baja energía, que posiblemente indiquen que existió un delta. La edad exacta del depósito aún no se ha determinado, pero se ubica de forma adyacente a la Formación Ocozacoautla (Cretácico Superior, Maastrichtiano) y sobreyace a la Formación Sierra Madre (Cretácico Superior, Albiano-Cenomaniano).

Las raras estructuras erosionadas presentes en el geosito El Cerebro evidencian la actividad erosiva por viento y agua a través de miles de años. Estas estructuras además sirven de micro-hábitats para diversos organismos, principalmente plantas, con la posible presencia de endemismos (Díaz-Cruz *et alii*, 2011).

Es importante hacer notar que, dada la creciente demanda de material para la construcción por parte de los poblados cercanos, se está utilizando la arena de este depósito, destruyéndose un escenario geológico único (herencia geológica), así como el hábitat de especies que todavía no se han estudiado a detalle.

El Espinal

Es un afloramiento de unos 30 m de espesor, conformada por dolomía y calizas estratificadas laminarmente en posición horizontal, que posiblemente estén insertas en la Formación Sierra Madre (Vega *et alii*, 2006). Este geosito está ubicado al poniente del poblado Espinal de Morelos, municipio de Ocozacoautla de Espinosa y las lajas se explotan de manera artesanal para uso constructivo. La edad del depósito ha sido referida al Albiano y Cenomaniano con base en la asociación de invertebrados y peces presentes (Vega *et alii*, 2006; Alvarado-Ortega y Ovalles-Damián, 2008; Alvarado-Ortega *et alii*, 2009).

Se han descrito varios taxones de invertebrados y vertebrados marinos, que en su mayoría representan géneros y espe-

cies nuevas para la ciencia (Figura 3). Entre ellos se pueden contar una larva de odonato, el tanaidáceo *Protoapseudoidus espinalensis*, los isópodos *Plakolana chiapaneca*, *Cirolana aptiana*, *C. bretoni*, *C. longirostra* y *Chiapasphaera cretacea*, la langosta *Palinurus palaciosi*, el cangrejo *Roemerus robustus* y los peces *Saurorhamphus* sp. y *Triplomystus applegatei* (Vega *et alii*, 2006; Alvarado-Ortega y Ovalles-Damián, 2008; Alvarado-Ortega *et alii*, 2009; Heard *et alii*, 2020; Bruce *et alii*, 2021; Vega *et alii*, 2022). Debido a la conservación excepcional que presentan los fósiles, este sitio es considerado un *Lagerstätte* (Vega *et alii*, 2003; Vega *et alii*, 2006). Es importante mencionar que la localidad El Espinal ya se encuentra registrado en el catálogo del Sistema Único de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas (SUR), del Instituto Nacional de Antropología e Historia, con el número de folio 2PSP00000135.

El Chango

En esta localidad afloran dolomías estratificadas horizontalmente de edad cenomaniana (Moreno-Bedmar *et alii*, 2014) las cuales contienen abundantes restos fósiles de plantas, invertebrados y peces (Figura 4). A la fecha se han rescatado cerca de 500 ejemplares, de los cuales sólo unos pocos se han estudiado a detalle, derivando en géneros y especies nuevas para la ciencia (holotipos), entre los que se incluyen el cangrejo *Archaeochiapasa mardoqueoi* (Guinot *et alii*, 2019), los camarones *Mexicania grijalvaensis*, *Mokaya changoensis*, *Tzeltalpenaenus exilichelatus* y *Zoquepenaenus spinirostratus* (Garassino *et alii*, 2013), los peces *Choichix alvaradoi*, *Enchodus* sp., *Pepemkay maya*, *Sapperichthys chiapanensis*, *Saurorhamphus* sp., *Scombroclupea javieri*, *Unicachichtys multidentata*, *Vegrandichthys coitecus*, *Veridagon avendanoi* y *Zoqueichthys carolinae* (Alvarado-Ortega *et alii*, 2009; Alvarado-Ortega y Than-Marchese 2012, 2013; Amaral *et alii*, 2013; Díaz-Cruz *et alii*, 2016, 2019; Díaz-Cruz *et alii*, 2020; Than-Marchese *et alii*, 2020; Cantalice *et alii*, 2021), así como restos de plantas, que al parecer representan especies nuevas, pero están en proceso de ser reportados formalmente (González-Ramírez, 2017; Rubalcava-Knoth, 2019).

Este geosito, al igual que El Espinal, es considerado un *Lagerstätte* por su conservación excepcional y también está inscrita en el SUR, con el folio 2PSP00000137.

Moluscos Fósiles, Laguna Bélgica

Se trata de un área de conservación biológica y educación ambiental decretada en 1996 por el Gobierno del Estado de

Chiapas como Zona Sujeta a Conservación Ecológica, actualmente administrada por la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, aunque también es considerada zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (Hernández *et alii*, 2009). Este geosítio se ubica aproximadamente a 15 km al norte de la cabecera municipal de Ocozocoautla de Espinosa. Geomorfológicamente es un área montañosa con alturas que no sobrepasan los 800 m.s.n.m. Su litología está compuesta de caliza, arenisca y limolita. El afloramiento fósil se encuentra en la parte nor-poniente de la reserva, a un lado del corte del camino que se dirige al vaso de la presa conocida popularmente como “Mal Paso”. Los fósiles que se encuentran en este geosítio son principalmente de invertebrados marinos de edad Cretácico tardío (Avendaño y Coutiño, 2009), sobresaliendo los moluscos rudistas e inocerámidos por su tamaño y diversidad (Alencáster 1995; Alencáster y Omaña, 2006).

DISCUSIÓN

La identificación, catalogación y valoración de geosítios es una tarea compleja que se sitúa a medio camino entre el análisis científico y la valoración del patrimonio histórico, artístico o cultural (Bruschi y Cendrero, 2005). Para ello es necesario combinar criterios y enfoques desde diferentes disciplinas, como el científico y el cultural (Panizza y Piacente, 1999). Las etapas para seleccionar geosítios consisten en 1) describir adecuadamente sus características, 2) inventariarlos y clasificarlos, 3) evaluarlos, 4) protegerlos y 5) definir su uso (Bruschi y Cendrero, 2005). Los inventarios de geosítios en general y geomorfosítios en particular, deben ser satisfactorios desde una variedad de puntos de vista. Estos incluyen, obviamente, la calidad de los sitios, pero también la utilidad para definir niveles de protección, realizar actividades educativas o recreativas, o potencial para generar actividades económicas (Martini, 2000).

Los fósiles representan antiguas formas de vida, por lo que se convierten en una ventana para conocer la biodiversidad pasada en la Tierra. Dada la naturaleza misma de la fosilización, un fósil, es por definición, un objeto único o un producto natural irrepetible y, como tal, se convierte en un bien patrimonial de alto valor (Henriques y Pena dos Reis, 2015). La importancia de los fósiles para la selección de geosítios y, subsecuentemente la propuesta para la creación de geoparques, ha sido ampliamente utilizado. Existen numerosos ejemplos, como el de la región de Uberaba, en Minas Gerais, Brasil (Ribeiro *et alii*, 2015); la Isla Santa María, Azores, en el Atlántico Norte (Ávila *et alii*, 2016); la República de Tatarstan, Russia (Vdotes *et alii*,

2010), el Geoparque Naturtejo, en la Meseta Meridional, Portugal (Neto de Carvalho *et alii*, 2014), o el *Guanling Fossil Group National GeoPark*, en China (Wang *et alii*, 2009), por contar algunos. En este sentido, los fósiles presentes en los geosítios “Microfósiles”, “Arrecife de Coral”, “El Espinal” y “El Chango”, le dan a cada uno de ellos su valor intrínseco, sobre todo, porque se cumplen una o más de las categorías propuestas por Page (2003), así como las establecidas en los “Lineamientos para la investigación de vestigios o restos fósiles de interés paleontológico en México” publicados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (Coordinación Nacional de Arqueología, 2022), para la toma de decisiones en los procesos de protección del patrimonio paleontológico (ver Cuadro 1). Por su parte, los geosítios “Cañada La Chacona”, “Pliegue geológico”, “Riviera las Flechas”, “Embarcadero Cahuaré” y “El Cerebro” cumplen con las características para ser definidos como geomorfosítios, siguiendo la definición de Reynard (2004).

La caracterización paleontológica y geológica realizada a las nueve propuestas de geosítios, se considera parte fundamental del proyecto “Geoparque, entre cañones: Depresión Central de Chiapas”, por lo que deben ser incluidas y con ello se da cumplimiento plenamente el aspecto geológico, atributo central de los geoparques. Otro elemento importante de este trabajo es revelar la existencia, ubicación y su importancia para que sean tomados en cuenta por diferentes sectores (propietarios, ejidatarios, autoridades de los diferentes niveles de gobierno, académicos, estudiantes) para integrarlos a actividades de desarrollo sustentable, aspecto de considerable importancia para la validación de la Red de Geoparques de América Latina y el Caribe y la UNESCO.

Aunque la parte social no ha sido satisfactoriamente cubierta, el trabajo de divulgación realizado con distintos sectores de la sociedad, con relación a los geosítios, ha derivado en resultados parciales. Por ejemplo, en relación al geosítio “Microfósiles”, se ha tenido un cambio positivo sobre la apreciación e importancia de los fósiles por parte del propietario del predio donde se ubican estos, quien a raíz de que fue cambiado el uso del suelo de su propiedad (de ganadería a fraccionamiento para la construcción de casas), asignó un área para conservar uno de los cortes en donde se pueden observar los diferentes estratos y su contenido fósil. De la misma manera, el trabajo realizado para impulsar a los geosítios y, en consecuencia, el geoparque dentro de la Depresión Central de Chiapas, interesó a un empresario dueño de un sitio conocido como “Rancho Santa Lucía”, donde se están realizando evaluaciones geológicas, paleontológicas, biológicas, arqueológicas e

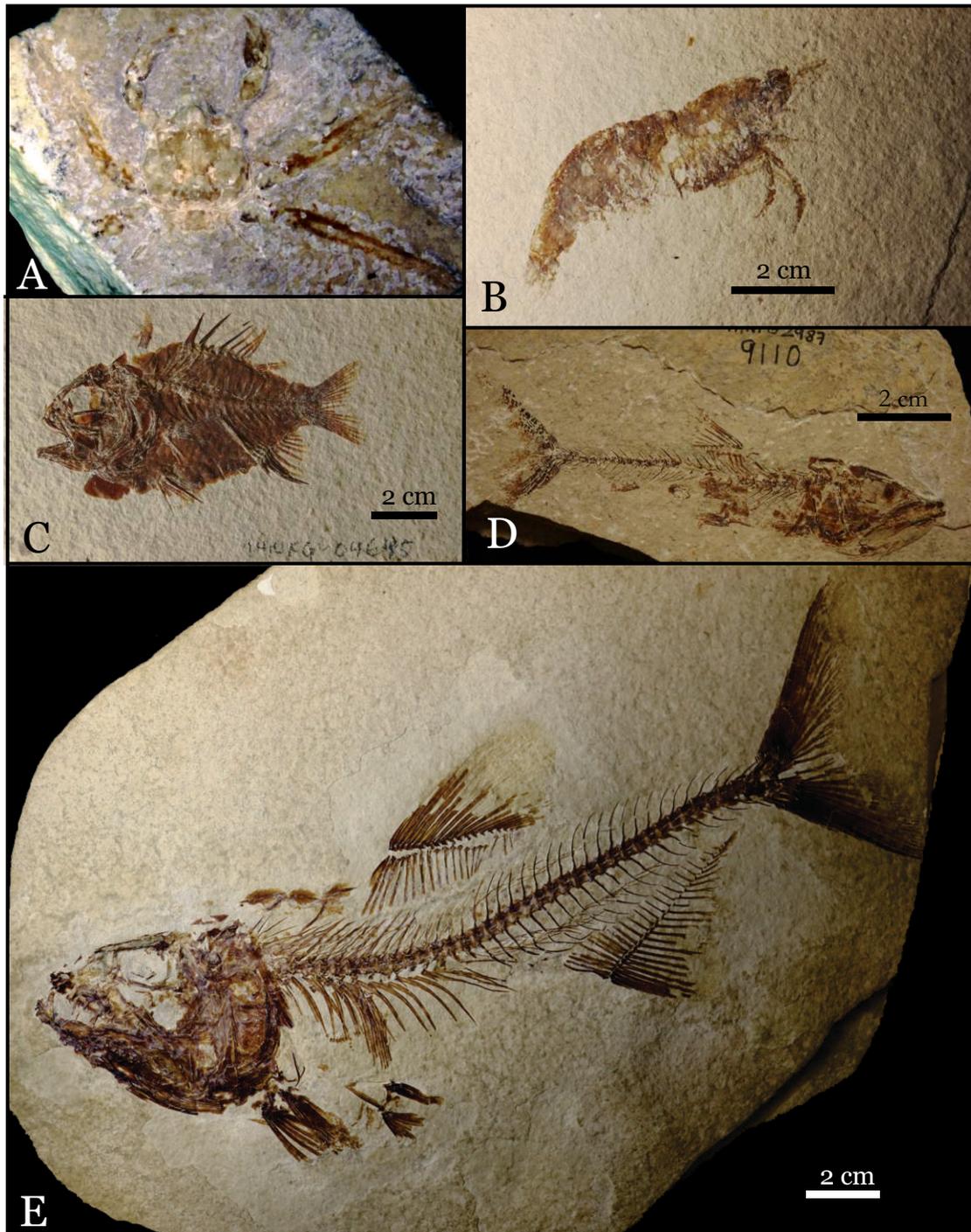


Figura 4. Holotipos del geosítio El Chango que corresponden con la Categoría 1 de Page (2003). A) *Archaeochiapasa mardoqueoi*, B) *Zoquepenaeus spirostratus*, C) *Pepemkay maya*, D) *Unicachichthys multidentata* y E) *Veridagon avendanoi*.

Cuadro 1. Categorías propuestas para la clasificación de especímenes fósiles como guía para la toma de decisiones en los procesos de protección del patrimonio paleontológico. Categorías tomadas de Page (2003) y Tipos tomados de los Lineamientos para la investigación de vestigios o restos fósiles de interés paleontológico en México (<https://arqueologia.inah.gob.mx/?p=3314>).

Categoría 1	<p>Especímenes de importancia tipológica para la definición de especies fósiles según lo regulado por la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica, incluidos holotipos, paratipos, lectotipos, neotipos y sintipos.</p> <p>Los fósiles dentro de esta categoría deben depositarse y protegerse en instituciones científicas y culturales reconocidas a nivel nacional, y los sistemas legales deben apuntar a lograr tales fines.</p>	Tipo A	<p>Ejemplares hallados y/o recolectados en territorio mexicano de importancia científica, incluye a todos aquellos que son denominados tipos biológicos con base en los códigos de nomenclatura taxonómica vigentes. Este tipo de fósiles reviste un valor científico que tributa en el mejor entendimiento de la vida en la Tierra, por lo que su protección y conservación en espacios adecuados es esencial, sea que se preserven en el sitio o, preferentemente, en una colección científica acreditada que garantice su perpetuidad y su acceso para estudio y reconocimiento.</p>
Categoría 2	<p>Especímenes ilustrados o citados en artículos científicos, o especímenes únicos, raros o excepcionalmente completos, o conjuntos de especímenes de importancia fundamental para estudios científicos en curso o futuros.</p> <p>Al igual que en la Categoría 1, las leyes de protección deberían garantizar, incluso mediante el uso de asesores o evaluadores expertos, que dichos especímenes se depositen y protejan en instituciones reconocidas a nivel nacional.</p>	Tipo B	<p>Corresponde a ejemplares hallados y/o recolectados en México que sean únicos, raros o excepcionalmente completos y que revistan potencial para estudios o que estén mencionados o ilustrados en publicaciones científicas. Estos ejemplares deben estar depositados en alguna colección científica acreditada que garantice su perpetuidad, así como el acceso para su estudio y reconocimiento.</p>
Categoría 3	<p>Especímenes de importancia estratigráfica o paleobiológica, material complementario a los estudios científicos en curso, especímenes bien preservados para exhibición en museos o uso educativo, en virtud de su integridad u otras características de valor instructivo.</p>	Tipo C	<p>Corresponde a ejemplares hallados y/o recolectados en territorio mexicano cuyo estudio aporta, aplica o complementa las investigaciones de otras disciplinas científicas, así como ejemplares especialmente preciados en museografía o usos educativos y ejemplares de colecciones de museos de sitio. Para garantizar la preservación de dichos ejemplares, deberán contar con planes de conservación, inventario y registro local en el Centro INAH correspondiente. El depósito de dichos ejemplares debe realizarse en colecciones públicas que permitan su posible estudio científico o uso educativo.</p>
Categoría 4	<p>Especímenes y especies comunes y representativas, bien representados en museos nacionales y otras instituciones, o lo suficientemente abundantes como para que cualquier recolección o remoción no científica perjudique el trabajo científico futuro; especímenes recolectados sueltos, por ejemplo, de pedregal, escombros o material de playa, donde la falta de información estratigráfica reduce significativamente el uso científico.</p>	Tipo D	<p>Corresponde a ejemplares hallados y/o recolectados en México muy abundantes y que corresponden a especies reconocidas y estudiadas, bien representadas en colecciones públicas o privadas. Ejemplares abundantes, cuya remoción no implica pérdida irrecuperable del patrimonio paleontológico en trabajos científicos futuros. El depósito de dichos ejemplares, preferentemente, debe estar en colecciones públicas o privadas que permitan su estudio o uso educativo a corto o largo plazo.</p>

históricas, con el fin de evaluar si presenta los elementos para ser considerado geosito y realizar actividades geoturísticas. Al mismo tiempo y por iniciativa del propietario de este rancho, el Sr. Roberto Araujo, se están realizando las mismas evaluaciones en el área del ejido Lázaro Cárdenas, el cual colinda con el "Rancho Santa Lucía". Al presente, se han realizado visitas de trabajo con diversos especialistas en botánica, zoología, geología, paleontología, geografía, arquitectura, topografía, educación, psicología y arqueología para evaluar su potencial. Asimismo, se han realizado prácticas docentes de campo con estudiantes de arqueología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

CONCLUSIONES

Chiapas ha sido reconocido a nivel nacional por sus diversas estrategias de conservación, basadas en el conocimiento científico producto de investigaciones realizadas por el otrora Instituto de Historia Natural. Así mismo, la vinculación y cooperación con organismos nacionales e internacionales, sentó bases para la construcción de políticas y estrategias de conservación y manejo sustentable, que a su vez aterrizaron en propuestas de ecoregiones y elementos de conectividad por cuencas, que a su vez sustentan los procesos que han erigido Reservas de la Biósfera, Zonas Sujetas a Conservación Ecológica y a formar parte de la Unión Mundial por la Naturaleza. Siguiendo esta línea, consideramos que la importancia escénica y científica de las estructuras geológicas-paleontológicas en los nueve geositos descritos en este trabajo son suficientes para sustentar la propuesta del desarrollo e instauración de un nuevo geoparque, nombrado "Geoparque, entre cañones: Depresión Central de Chiapas".

Por otro lado, el estudio del patrimonio geológico-paleontológico guarda una estrecha relación con los espacios naturales protegidos. Esta relación se basa en que el patrimonio paleontológico y geológico forma parte del patrimonio natural y, por lo tanto, es susceptible de ser protegido mediante las leyes y mecanismos de conservación de la naturaleza. Parte, además, el reconocimiento por parte de la UICN de que la mayor parte del patrimonio geológico está en los paisajes más amplios fuera de las áreas protegidas y que es fundamental salvar, estudiar y utilizar de manera sostenible. Lo anterior supone un importante paso adelante para que este tipo de estudio sea considerado al mismo nivel que otras ciencias naturales en los programas de conservación del patrimonio natural de Chiapas. Además, algunos elementos geológicos poseen un valor paisajístico y escénico que atrae a un

gran número de visitantes a los espacios naturales, abriendo la posibilidad de realizar actividades sustentables, como el geoturismo.

Por último, es importante resaltar que la conservación del patrimonio geológico-paleontológico constituye una responsabilidad y una obligación por parte de las administraciones públicas y de la sociedad en general, debido a su valor intrínseco y a su posible potencial de uso. Es evidente la necesidad de articular estrategias de manejo y conservación del patrimonio natural, así como la articulación del patrimonio cultural que ha sido construido desde la cultura zoque hasta las evidencias de los hallazgos arqueológicos y la presencia del arte novohispano y colonial en fincas y construcciones desde el siglo XVI, que así retoman un cauce que evidencia la experiencia de pasajes geológicos a través de los geositos. Lo anterior permite brindar un nuevo modelo de gestión del territorio y ofrecer formas claras y precisas de reconstruir pasajes y paisajes, desde la paleontología y la historia, del paisaje, sus usos, manejos diferenciados y de la esencia de la conjunción de todos estos elementos que hacen patente que el patrimonio natural y cultural son la razón y destino de Chiapas. Por todo ello el "Geoparque, entre cañones: Depresión Central de Chiapas" pretende ser detonador de la investigación, de la vinculación y el fortalecimiento de instrumentos de alto impacto económico y bajo impacto ambiental, así como un elemento articulador del desarrollo sustentable.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los proyectos "Rescate del patrimonio paleontológico y fortalecimiento del Museo de Paleontología", "Prospección y resguardo de la paleobiodiversidad de Chiapas" y "Rescate de la paleobiodiversidad de Chiapas", así como al personal adscrito a ellos, por el apoyo en la obtención de datos en campo. Agradecemos también a Luis Enrique Gómez Pérez por la fotografía de la langosta *Palinurus palaciosi* y a Francisco J. Vega por las fotografías del tanaidaceo y los isópodos de El Espinal. Asimismo, a Rosalía Guerrero Arenas y un revisor anónimo, por los atinados comentarios que ayudaron a mejorar el presente manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Aguilar Piña M., 1993. Bioestratigrafía general del Terciario (Paleoceno) de la localidad del Jobo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.: 59 pp.
- Aguilar Piña M. & García Barrera P., 1991. Estudio de algunos microfósiles del Eoceno medio de la región del Jobo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, *en*:

- Memoria del III Congreso Nacional de Paleontología. México D.F., Sociedad Mexicana de Paleontología: 85.
- Alencáster G., 1995. Moluscos extintos (Rudistas) del Cretácico del estado de Chiapas. *Revista ICACH nueva época*, 1(1): 68-94.
- Alencáster G., & Omaña L., 2006. Maastrichtian inoceramid bivalves from Central Chiapas, southeastern México. *Journal of Paleontology*, 80(5): 946-957.
- Alvarado-Ortega J. & Ovalles-Damián E., 2008. *Triplomystus applegatei*, sp. nov. (Teleostei: Ellimmichthyiformes), a rare "triple armored herring" from el Espinal quarry (Early Cretaceous), Chiapas, southeastern Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 28(1): 53-60.
- Alvarado-Ortega J. & Than-Marchese B.A., 2012. A Cenomanian aipichthyoid fish (Teleostei, Acanthomorpha) from America, *Zoqueichthys caroliniae* gen. and sp. nov. from El Chango quarry (Cintalapa Member, Sierra Madre Formation), Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29(3): 735-748.
- Alvarado-Ortega J. & Than-Marchese B.A., 2013. The first record of a North American Cenomanian Trachichthyidae fish (Acanthomorpha, Acanthopterygii), *Pepemkay maya*, gen. et sp. nov., from El Chango quarry (Sierra Madre Formation), Chiapas, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 33(1): 48-57.
- Alvarado-Ortega J., Ovalles-Damián E. & Blanco-Piñón A., 2009. The fossil fishes from the Sierra Madre Formation, Ocozocoautla, Chiapas, southern Mexico. *Paleontologia Electronica*, 12(2): 1-22.
- Amaral C.R.L., Alvarado-Ortega J. & Brito P.M., 2013. *Sapperichthys* gen. nov., a new gonorynchid from the Cenomanian of Chiapas, Mexico, en: Arratia G., Schultze H.-P. & Wilson M.V.H. (eds.), *Mesozoic Fishes 5 – Global Diversity and Evolution*. München, Alemania, Verlag Dr. Friedrich Pfeil: 305-323.
- Avendaño Gil M.J., López S., Carbot-Chanona G. & Morales Iglesias H., 2020. Geosites of paleontological and social importance in the Central region of Chiapas, Mexico: a first step to conserve the paleontological heritage of Chiapas. *Paleontologia Mexicana*, 6(1): 11-20.
- Avendaño Gil M.J. & Coutiño José M.A., 2009. Capítulo dos: Fósiles, en: Riechers Pérez A., Morales-Pérez J.E., Hernández-García E. (eds.), *Laguna Bélgica: Patrimonio natural e interpretación ambiental*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Instituto de Historia Natural: 23-31.
- Ávila S.P., Cachão M., Ramalho R.S., Botelho A.Z., Madeira P., Rebelo A.C. Cordeiro R., Melo C., Hipólito A., Ventura M.A. & Lipps J.H., 2016. The palaeontological heritage of Santa Maria Island (Azores: NE Atlantic): a re-evaluation of geosites in GeoPark Azores and their use in geotourism. *Geoheritage*, 8: 155-171. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0148-x>
- Bruschi V.M. & Cendrero A., 2005. Geosite evaluation; Can we measure intangible values? *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 18(1): 291-304.
- Bruce N.L., Serrano-Sánchez M.L., Carbot-Chanona G. & Vega F.J., 2021. New species of fossil Cirolanidae (Isopoda, Cymothoidea) from the Lower Cretaceous (Aptian) Sierra Madre Formation plattenkalk dolomites of El Espinal quarries, Chiapas, SE Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 109: 103285.
- Cantalice K.M., Than-Marchese B.A. & Villalobos-Segura E., 2021. A new Cenomanian acanthomorph fish from the El Chango quarry (Chiapas, south-eastern Mexico) and its implications for the early diversification and evolutionary trends of Acanthopterygians. *Papers in Palaeontology*, 7(3): 1699-1726. DOI: <https://doi.org/10.1002/spp2.1359>
- Coordinación Nacional de Arqueología, 2022. Lineamientos para la Investigación de Vestigios o Restos Fósiles de Interés Paleontológico en México, publicación: 15 de diciembre de 2020, <<https://arqueologia.inah.gob.mx/?p=3314>>, consulta: 19 de mayo de 2022.
- De la Peña S.P., 2007. Geoparques. Hacia un nuevo modelo de conservación. *El Faro: Boletín informativo de la Coordinación de Investigación Científica*, 6(70): 8-9.
- Díaz-Cruz J.A., Alvarado-Ortega J. & Giles S., 2020. A long snout enchodontid fish (Aulopiformes: Enchodontidae) from the Early Cretaceous deposits at the El Chango quarry, Chiapas, southeastern Mexico: A multi-approach study. *Palaeontologia Electronica*, 23(2): a30.
- Díaz-Cruz J.A., Alvarado-Ortega J. & Carbot-Chanona G., 2016. The Cenomanian short snout enchodontid fishes (Aulopiformes, Enchodontidae) from Sierra Madre Formation, Chiapas, southeastern Mexico. *Cretaceous Research*, 61: 136-150.
- Díaz-Cruz J.A., Alvarado-Ortega J. & Carbot-Chanona G., 2019. *Dagon avendanoi* gen. and sp. nov., an Early Cenomanian Enchodontidae (Aulopiformes) fish from the El Chango quarry, Chiapas, southeastern Mexico. *Journal of South American Earth Science*, 9: 272-284.
- Díaz-Cruz J.A., Sandoval Gómez D., Ramírez Sánchez C.J., Pérez Sánchez J.E., García López M.M., 2011. Inventario florístico de una formación de areniscas del Cretácico en el estado de Chiapas, México. *Lacandonia*, 5(2): 7-19.
- Durham J.W., Arellano V.R.A. & Peck H.J., 1995. Evidence for no Cenozoic Isthmus of Tehuantepec seaways. *Geological Society of America Bulletin*, 66: 977-992.
- Ferrusquía-Villafranca I., Applegate S.A. & Espinosa-Arrubarrera L., 1999. First Paleogene selachifuna of the middle American-Caribbean-Antillean region, La Mesa de Copoya, west-central Chiapas, Mexico—systematic and paleontological significance. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 16(2): 155-174.
- Ferrusquía-Villafranca I., Applegate S.A. & Espinosa-Arrubarrera L., 2000. First Paleogene selachifuna of the middle American-Caribbean-Antillean region, La Mesa de Copoya, west-central Chiapas_Geologic setting. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 17(1): 1-23.
- Garassino A., Vega F.J., Calvillo-Canadell L., Cevallos-Ferriz S.R.S. & Coutiño M.A., 2013. New decapod crustacean assemblage from the Upper Cretaceous (Cenomanian) of Chiapas, Mexico. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen*, 269(3): 261-270.
- González-Barba G., Coutiño M.A. & Ovalles-Damián E., 2004. Adiciones a la fauna de selacios (tiburones y rayas) del Eoceno medio de la Formación San Juan, Chiapas, México, en: IX Congreso Nacional de Paleontología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: 39.
- González-Ramírez I.S., 2017. Diversidad de coníferas fósiles del Cretácico medio de la localidad "El Chango", en el estado de Chiapas, México. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. Tesis de Maestría: 103 pp.
- Guinot D., Carbot-Chanona G. & Vega F.J., 2019. Archaeochiapsidae n. fam., a new early Cenomanian brachyuran family from Chiapas, Mexico, new hypothesis on Lecythocaridae Schweitzer & Feldmann, 2019, and phylogenetic implications (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Eubrachyura). *Geodiversitas*, 41(7): 285-322.
- Heard R.W., Morales-Núñez A.G., Serrano-Sánchez M.L., Coutiño M.A., Barragán R. & Vega F.J., 2020. A new family, genus and species of Tanaidacea (Crustacea; Apseudomorpha) from the Lower Cretaceous (Aptian) of Chiapas, Mexico: Systematic revisions, including designation of two new Paleozoic families, and paleoenvironmental observations. *Journal of South American Earth Sciences*, 102: 102609.
- Henriques M.H. & Pena dos Reis R., 2015. Framing the palaeontological heritage within the geological heritage: An integrative vision. *Geoheritage*, 7: 249-259. DOI: [10.1007/s12371-014-0141-9](https://doi.org/10.1007/s12371-014-0141-9)

- Hernández E., Escobar Ocampo Ma.C. & Morales-Pérez J.E., 2009. Capítulo uno: Generalidades, en: Riechers Pérez A., Morales-Pérez J.E., Hernández-García E. (eds.), *Laguna Bélgica: Patrimonio natural e interpretación ambiental*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Instituto de Historia Natural: 9-20.
- IUCN, 2008. El Congreso Mundial de la Naturaleza de la IUCN, Barcelona. Actualizado el 5 de octubre de 2008, <http://www.iucn.org/es/congreso_08/>, consulta: 22 de octubre de 2014.
- Jiménez González J.J., 2006. Corales del Cretácico tardío de La Mesa de Copoya (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Formación La Angostura): Taxonomía, paleobiogeografía y paleoecología. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tesis de Licenciatura: 111 pp.
- Kruckow T. & Thies D., 1990. Die Neoselachier der Paläokaribik (Pisces: Elasmobranchii). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 119: 1-102.
- Martín Medrano L., 2006. Análisis paleontológico de los Ofiuroideos fósiles de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. Tesis de licenciatura: 140 pp.
- Martini G., 2000. Patrimonio geológico y geoturismo, en: Baretino D., Wimbledon W.A.P. & Gallego E. (eds.). *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. Instituto Geológico y Minero de España, España: 161-170.
- Moreno-Bedmar J.A., Latil J.-L., Villanueva-Amadoz U., Calvillo-Canadell L. & Cevallos-Ferriz S.R.S., 2014. Ammonite age-calibration of the EL Chango Fossil-Lagerstätte, Chiapas state (SE Mexico). *Journal of South American Earth Sciences*, 56: 447-453.
- Müllerried F.K.G., 1957. *Geología de Chiapas*. Editorial Cultura T. G., S. A., México D.F.: 173 pp.
- Müllerried F.K.G., 1982. *Geología de Chiapas*. Colección Libros de Chiapas. Serie Básica. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Publicaciones del Gobierno del Estado, segunda edición: 180 pp.
- Neto de Carvalho C., Rodrigues J.C. & Baucon A., 2014. "Fossil Art": the importance and value of the palaeobiodiversity in the Naturtejo Global Geopark, under UNESCO (Portugal). *Comunicações Geológicas*, 101(1): 91-99.
- Page K., 2003. The protection of Jurassic sites and fossils: challenges for global Jurassic science (including a proposed statement on the conservation of palaeontological heritage and stratotypes). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 110(1): 373-379.
- Panizza M. & Piacente S., 1999. Il concetto di "bene" nel paesaggio fisico, en: Bertacchini M., Giusti C., Marchetti M., Panizza M. & Pellegrini M. (eds.). *I Beni Geologici della Provincia di Modena*. Artioli Editore, Modena: 8-9.
- Reynard E., 2004. Geosites, en: Goudie A.S. (ed.). *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge, London: 440.
- Ribeiro L.C.B., Carvalho I.S. & Neto F.M., 2015. Geopark Uberaba: Relevance of the geological heritage. *Geoheritage*, 7(3): 261-273.
- Rubalcava Knoth M.A., 2019. *Sapindopsis* (Platanacea Lestib.) en el Cretácico de Chiapas (Cenomaniano), México: descripción e identificación de improntas fósiles a partir de un modelo comparativo basado en arquitectura foliar. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. Tesis de Maestría: 163 pp.
- Than-Marchese B.A., Alvarado-Ortega J., Matamoros W.A. & Velázquez-Velázquez E., 2020. *Scombroclupea javieri* sp. nov., an enigmatic Cenomanian clupeomorph fish (Teleostei, Clupeomorpha) from the marine deposits of the Cintalapa Formation, Ocozocoautla, Chiapas, southeastern Mexico. *Cretaceous Research*, 112: 104448.
- UNESCO, 2008. Guidelines and criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join The Global Geoparks Network, actualizado en junio de 2008, <<http://www.globalgeopark.org/portals/documents/guidelines.pdf>>, consulta: 27 de octubre de 2014.
- UNESCO, 2010. Directrices y criterios para Parques Nacionales interesados en recibir asistencia de la UNESCO para integrar la Red Mundial de Geoparques (GGN), actualizado junio de 2010, <http://www.unesco.org/uy/ci/fileadmin/ciencias%20naturales/ciencias_de_la_tierra/Directrices_y_Criterios_Geoparques.pdf> consulta: 06 de noviembre de 2014.
- Vdovets M.S., Silantiev V.V. & Mozherin V.V., 2010. A national geopark in the Republic of Tatarstan (Russia): a feasibility study. *Geoheritage*, 2: 25-37. DOI: 10.1007/s12371-010-0010-0
- Vega F.J., Bruce N.L., Serrano-Sánchez M.L. & Coutiño M.A., 2022. A new genus and species of sphaerotid (Crustacea: Isopoda) from the Lower Cretaceous (Aptian) Sierra Madre Formation, Chiapas, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 114: 103720.
- Vega F.J., Cosma T., Coutiño M.A., Feldman R.M., Nyborg T.G., Schweitzer C.E. & Waugh D.A., 2001. New middle Eocene decapods (Crustacea) from Chiapas, México. *Journal of Paleontology*, 75(5): 929-946.
- Vega, F.J., García-Barrera P., Coutiño M., Nyborg T., Cifuentes-Ruiz O., González-Rodríguez K., Martens A., Delgado C.R. & Carbot G., 2003. Early Cretaceous arthropods from plattenkalk facies in México. *Contributions to Zoology*, 72(2-3): 187-189.
- Vega F.J., García-Barrera P., Perrilliat M.C., Coutiño M.A. & Mariño-Pérez R., 2006. El Espinal, a new plattenkalk facies locality from the Lower Cretaceous Sierra Madre Formation, Chiapas, southeastern México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 23(3): 323-333.
- Vega F.J., Nyborg T. Coutiño M.A. & Hernández-Monzón O., 2008. Review and additions to the Eocene decapod Crustacea from Chiapas, Mexico. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, 34: 51-71.
- Wang X., Chen X., Wang C. & Cheng L., 2009. The Triassic Guanling fossil Group - A key GeoPark from a barren mountain, Guizhou Province, China, en: Lipps J.H. & Granier B.R.C. (eds.). *PaleoParks - The protection and conservation of fossil sites worldwide*. Carnets de Géologie /Notebooks on Geology, Brest, Book 2009/03: 11-28.

Recibido: 31 de marzo de 2022
 Aceptado: 27 de mayo de 2022