

La conservación del patrimonio geológico de sitios selectos en la Mixteca Alta oaxaqueña

Rosalía Guerrero-Arenas¹ y Eduardo Jiménez-Hidalgo¹

Resumen

Una de las consecuencias de la pérdida de los recursos naturales es la destrucción de la geodiversidad. Este patrimonio constituye una fuente de diversos servicios geosistémicos que abarcan desde el mantenimiento de procesos naturales, hasta cultura y sitios de recreación. Como estrategia para su conservación, se han creado diversos geositos, en los que se preservan rasgos particulares. El sur de México, por su historia geológica, cuenta con una geodiversidad abundante. Con el objetivo de ejemplificar dos zonas con un patrimonio geológico notable, analizamos la geodiversidad presente en localidades del Distrito de Teposcolula, noroeste de Oaxaca. Ambas localidades se catalogan como sitios finitos (por sus recursos fosilíferos limitados) y contienen fósiles cuya importancia abarca diversos rangos.

Palabras clave: Geoconservación, geodiversidad, patrimonio geológico, patrimonio paleontológico.

Abstract

Geodiversity destruction is one of the consequences of loss of natural resources. Geodiversity is a source of several geosystemic services, which comprise from natural processes maintenance to culture and recreation sites. As a strategy for the conservation of geodiversity, several geosites have been created with the aim to preserve particular characteristics. Southern Mexico has an abundant geodiversity because of its geological story. We analyze the geodiversity in two localities within Teposcolula District, northwestern Oaxaca, with the purpose of reporting zones with a remarkable geological heritage. Both localities are finite sites (given their fossiliferous resources), and contain specimens included in several categories.

Key words: Geoconservation, geodiversity, geoheritage, paleontological heritage.

Introducción

La acelerada pérdida de los recursos naturales ha generado la propuesta de iniciativas que permitan su efectiva conservación. En los últimos años, se ha reconocido que la biodiversidad no solamente debe de conservarse, sino también el entorno en que se desarrolla. La biodiversidad, por sí misma, no puede sostenerse si no cuenta con un entorno físico que

garantice su permanencia. De esta manera, se ha reconocido la importancia de la conservación de estos recursos abióticos.

La geodiversidad es la diversidad de características geológicas (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicas (formas y procesos terrestres) y del suelo (Gray 2004). El registro fósil representa parte del patrimonio geológico de la Tierra, por ser la mayor evidencia

¹ Laboratorio de Paleobiología, Instituto de Recursos, campus Puerto Escondido Universidad del Mar, Oaxaca. Km 1.5 Carretera Sola de Vega-Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México. C.P. 71980

Autor para correspondencia: rosaliaga@zicatel.umar.mx

de la historia de su diversidad paleobiológica (Henriques & Pena dos Reis 2015). Sin la geodiversidad, los ecosistemas y las poblaciones no podrían existir. La gran variedad de suelos, rocas, minerales y rasgos geomorfológicos condicionan -en buena medida- el establecimiento y la permanencia de las comunidades vegetales, las cuales sostienen a poblaciones de animales, hongos y microorganismos. En términos de espacio y tiempo, la geodiversidad ha jugado un papel importante en la distribución de las comunidades y el establecimiento de los seres vivos a lo largo del tiempo. Por lo anterior, es vital reconocer la importancia de conservar este patrimonio geológico y su relación con la biodiversidad.

Desafortunadamente, el patrimonio geológico está protegido de forma irregular en las diferentes regiones del planeta (Pena dos Reis & Henriques 2009). En México, recién se comienza a considerar la protección del patrimonio geológico, así como la formulación de

propuestas adecuadas a nuestras necesidades.

El objetivo de este artículo es revisar la importancia de la geodiversidad y las diversas iniciativas para su protección a nivel global. Con base en estos antecedentes, realizamos una propuesta para la geoconservación de dos zonas en la Mixteca Alta de Oaxaca, de acuerdo a sus características paleontológicas.

Porqué debemos conservar a la geodiversidad

Como se mencionó en un párrafo anterior, la biodiversidad está ligada a la geodiversidad. La biodiversidad (representada por especies y comunidades) y los servicios que los ecosistemas proveen a la sociedad en forma de bienes tangibles y valiosos comprenden al capital natural (CONABIO 2008). Los bienes y funciones de los ecosistemas utilizados para el beneficio de la humanidad son conocidos como servicios ecosistémicos (Gray 2011) (Figura 1).



Figura 1. Variedad de servicios geosistémicos (modificado de Gray 2011).

De forma similar, la geodiversidad también proporciona diversos servicios a las sociedades humanas. Estos bienes y funciones constituyen los servicios geosistémicos (Gray 2011, Gray 2012). Sin la geodiversidad, muchos ciclos biogeoquímicos no tendrían lugar, así como el reciclamiento de diversos elementos. La variedad de suelos y sustratos provee diversos hábitats a varios organismos, así como soporte a varias comunidades de plantas y animales. Los elementos de la geodiversidad proporcionan material para construcción de casas, objetos para nuestro uso y adorno, materiales combustibles y consumo. Más aún, la geodiversidad permite el entendimiento de la historia de nuestro planeta, e incluso nos permite gozar de paisajes y escenarios naturales.

Cómo se conserva a la geodiversidad

Una de las propuestas con mayor éxito a lo largo del mundo ha sido la creación de sitios selectos, los cuales son protegidos y regulados por diversas instancias, a nivel nacional o internacional.

Los geositios son localidades o áreas particulares de interés geológico para el conocimiento de la historia de la Tierra (Zorina & Silantiev 2014). Es frecuente que estos sitios tengan rasgos estéticos únicos y atractivos, por lo que además pueden tener interés para la educación, e incluso para el turismo.

Los geositios permiten desarrollar la sensibilización de la sociedad para su aprecio y protección. En varios países, la legislación garantiza la protección de estos sitios, así como su perpetuidad.

La conservación de geositios no es un fenómeno reciente. Uno de los primeros casos fue la protección de una cueva en las montañas Harz, en la parte norte de Alemania, durante 1668 (Grube 1994 in Henriques *et al.* 2011). Desde la década de 1990 se han promovido diversas iniciativas para la geoconservación en varios países, como Tasmania, Australia, Estados Unidos y varias ciudades europeas. En el recuadro 1 se enuncia la clasificación de Prosser *et al.* (2006), la cual se utiliza

ampliamente en Europa, principalmente en Reino Unido.

Recuadro 1. Existen varias propuestas para la clasificación de estos geositios. Los atributos más utilizados para las clasificaciones son la naturaleza de los rasgos, pero también se usa su extensión, vulnerabilidad o interés económico. Entre los autores podemos citar a Prosser *et al.* (2006), Ruban (2010), Ruban & Kuo (2010), aunque no son las únicas propuestas de clasificación de geositios.

Una de las primeras clasificaciones es la propuesta por Prosser *et al.* (2006), la cual engloba a los sitios de interés en tres categorías principales. Los sitios expuestos o extensivos contienen categorías geológicas que se encuentran extendidas en la superficie terrestre. La remoción del material contenido no causa un daño al recurso, mientras haya nuevo material que lo reemplace. Los sitios íntegros son más sensibles que los expuestos, ya que requieren un manejo holístico para conservar su integridad. Los sitios finitos, por su parte, contienen características geológicas limitadas en extensión, por lo que la remoción del material puede dañar o destruir los recursos (Prosser *et al.* 2006).

Categoría	Tipo de sitio
Sitios expuestos o extensivos	Canteras y pozos activos Canteras y pozos en desuso Acantilados costeros y de playa Secciones en ríos Yacimientos al interior del continente Minas y túneles expuestos bajo tierra Cortes en caminos, rieles y canales
Sitios íntegros	Sitios con geomorfología estática Sitios con procesos activos geomorfológicos Cuevas Paisajes kársticos
Sitios finitos	Minerales, fósiles u objetos geológicos finitos Deshechos de minas Minas bajo tierra y túneles finitos Objetos enterrados finitos

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), a través del reconocimiento de Sitios del Patrimonio Mundial (*World Heritage Sites*) y Geoparques (*Global Geoparks*), promueve la geoconservación de sitios significativos.

Los sitios del patrimonio mundial son lugares especiales de “valor universal excepcional”, es decir, sus valores superlativos en términos paisajísticos, fenómenos naturales, geología, ecosistemas y/o biodiversidad (UNESCO 2014). En México, las cuevas prehistóricas de Yagul y Mitla, en los Valles Centrales de Oaxaca son reconocidas desde 2010 como un sitio de patrimonio mundial, dada la importancia de sus vestigios arqueológicos prehispánicos, así como la geografía singular caracterizada por una serie de cuevas y refugios rocosos (UNESCO sin año).

Por otro lado, los geoparques son áreas geográficas unificadas, en las que los sitios y paisajes con significado geológico internacional son manejados con un concepto holístico para su protección, educación y desarrollo sustentable. Estas áreas utilizan el patrimonio geológico ligado a otros aspectos del patrimonio natural y cultural (UNESCO 2016).

En México no existe un geoparque formalmente reconocido por la UNESCO, aunque existen varias propuestas, como la creación del Geoparque del Bosque de la Primavera (en Jalisco), el Geoparque de la Comarca Lagunera (en Hidalgo), el Geoparque Entre Cañones, en Chiapas y el Geoparque Mixteca Alta, en Oaxaca (Avendaño *et al.* 2014, Universidad de Guadalajara 2015, CONACyT 2016).

Geoconservación en la Mixteca Alta de Oaxaca

La Mixteca Alta de Oaxaca contiene varias zonas catalogadas como áridas o semiáridas. Sus paisajes, carentes de cobertura vegetal, han sido interpretados de manera repetida como reflejo de su decadencia ecológica.

A nivel mundial, las zonas áridas abarcan el 41% de la superficie del planeta (Safriel & Adeel 2005). Sus ecosistemas y poblaciones son las más vulnerables por la pérdida de servicios ecosistémicos. La sensibilidad de los ecosistemas áridos y el impacto humano contribuyen a la degradación de la tierra e incrementan la aridez (Safriel & Adeel 2005). En la Mixteca Alta, la historia natural del área, así como los asentamientos humanos a lo largo del tiempo, han contribuido a la pérdida de su

biodiversidad (Guerrero-Arenas *et al.* 2010).

Hasta el momento, la única propuesta para la protección de la geodiversidad en esta área abarca la zona de Yanhuitlán, población ubicada al noreste de la capital del estado. En esta propuesta, los atractivos del geoparque son la geomorfología de la zona, así como su geología y restos fósiles (Palacio-Prieto *et al.* 2016).

Material y métodos

La Mixteca de Oaxaca tiene un patrimonio geológico y paleontológico notable. Como resultado de investigaciones realizadas, hemos detectado varios lugares con potencial para su geoconservación. Las zonas de estudio seleccionadas se encuentran al noroeste de Oaxaca, en el Distrito de Teposcolula. Los dos sitios, Santiago Yolomécatl (Figura 2) y San Antonio Acutla (Figura 3), poseen una paleobiota diversa y rasgos geológicos singulares. Desde 2009 hasta la fecha, hemos realizado quince salidas al campo con el fin de recolectar material paleontológico, describir su paleobiota, y reconocer los rasgos geológicos y geomorfológicos de cada sitio.



Figura 2. Panorámica de los estratos fosilíferos en las afueras de Santiago Yolomécatl, Oaxaca.



Figura 3. Panorámica de San Antonio Acutla, Oaxaca.

Los sitios se clasificaron siguiendo a Prosser *et al.* (2006) (Recuadro 1). Para la valoración de los patrimonios geológico y paleontológico, utilizamos las propuestas de Page (2004) (Recuadro 2) y Pena dos Reis & Henriques (2009) (Recuadro 3). La inclusión de cada

sitio en una categoría determinada se justifica siguiendo las clasificaciones y criterios antes mencionados, y se discuten algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta para la preservación a largo plazo de la geodiversidad para cada localidad.

Recuadro 2. Page (2004) planteó una clasificación para evaluar la importancia de los fósiles y con ello, las medidas de su protección. En ella propone cuatro categorías (tabla 1). Las tres primeras tienen importancia científica significativa dentro del contexto del manejo del patrimonio paleontológico, mientras que la cuarta categoría no se considera con importancia significativa.

Categorías	Definición
1	Ejemplares de importancia tipológica para la definición de especies fósiles. Incluyen holotipos, lectotipos, neotipos y sintipos. Por ser una referencia global, son irremplazables.
2	Ejemplares dibujado o citado en artículos científicos. Ejemplares raros o excepcionalmente completos, conjuntos de ejemplares de importancia fundamental para estudios científicos actuales o futuros.
3	Ejemplares clave con significado estratigráfico o paleobiológico. Material complementario de estudios científicos continuos. Ejemplares de especial conveniencia para su exhibición en museos o uso educativo, o con otro valor instructivo.
4	Ejemplares y especies comunes, bien representados en museos nacionales u otras instituciones. Son comunes, y la colecta no científica o su remoción no perjudica el trabajo científico. Ejemplares colectados de manera aislada, sin información estratigráfica.

Recuadro 3. Pena dos Reis y Henriques (2009) propusieron una clasificación de los objetos geológicos con valor patrimonial en cuatro categorías. El valor de los objetos se establece desde una perspectiva socio-cultural. Éstas se propusieron con base en el grado de relevancia que tengan los objetos (a escala local, regional o global), y la percepción de los fósiles por su importancia. El rango I considera a los fósiles como indicios de vida, el rango II con importancia documental, iconográfica o simbólica y el rango III con importancia conceptual o escénica. Esta clasificación ha sido aplicada para valorar el patrimonio científico de varios sitios (p. ej. Henriques & Neto 2014, Haag & Henriques 2015).

Grado de relevancia	Global			Conceptual (III)	Universal (IV)
	Regional		Documental (II)		Escénico (III)
	Local	Indicio (I)		Iconográfico (II)	Simbólico (II)
		Material	Demostrativo	Cognitivo	Social
		Percepción abstracta			

Geodiversidad en sitios selectos de Santiago Yolomécatl

Yolomécatl se ubica en la parte noroeste de Oaxaca; forma parte de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur y de la subprovincia fisiográfica Montañas y Valles de Occidente de Oaxaca (Ortíz-Pérez *et al.* 2004). Políticamente, las áreas de interés se encuentran en los alrededores del municipio de Santiago Yolomécatl.

En la zona existen lomeríos con cañadas y un valle de laderas tendidas con lomerío, con una altitud desde los 1950 hasta los 2500 msnm. Los tipos de suelo registrados son luvisoles, leptosoles y en menor extensión vertisoles y fluvisoles (H. Ayuntamiento de Santiago Yolomécatl 2011). El clima es templado, con áreas forestales perturbadas y zonas agrícolas (Leyva-López 2009). La precipitación media anual oscila entre los 800 y los 1200 mm (subhúmedo C[w1]) y los tipos de vegetación del área incluyen bosque de coníferas y latifoliadas, y de acuerdo con nuestras observaciones, también hay zonas con matorral xerófilo y vegetación secundaria.

En los alrededores de Santiago Yolomécatl aflora una diversidad de tipos de roca que incluyen arenisca, limolita y arcillita, algunos conglomerados, tobas, calizas y andesitas de edad cenozoica, así como sedimentos aluviales del Cuaternario, los cuales resguardan parte de la historia geológica de la biota de la región. Esta zona cuenta con gran importancia paleontológica, debido a que sus sedimentos y rocas contienen evidencias de la vida cenozoica: la era de los mamíferos.

El registro más antiguo de fósiles de mamíferos en la zona es el de Doult y Black (1962), quienes reportaron la presencia del caballo pleistocénico mexicano *Equus cf. E. mexicanus*, un kilómetro al suroeste de Santiago Yolomécatl. Es el registro más sureño de esta especie de caballo gigante publicada formalmente. Recientemente en una reunión académica, se dio a conocer el hallazgo de fósiles de esta especie de équido en Chiapas, lo cual amplía su distribución geográfica desde el noroeste de Oaxaca hasta la región central de Chiapas (Carbot-Chanona & Gómez-Pérez 2014).

Durante 2010, uno de los pobladores de Yolomécatl nos mostró una defensa de mamut en uno de los lomeríos aledaños, por lo que además de los caballos, también se registra *Mammuthus* en el Pleistoceno de la zona.

Otro conjunto faunístico de Yolomécatl es la fauna local Iniyoo, del Eoceno tardío (Jiménez-Hidalgo *et al.* 2015). Esta fauna local es importante porque es la única ventana para conocer cómo era la vida en el sur de México hace aproximadamente 35 millones de años. Antes de su descubrimiento, la única fauna local de México conocida para el Eoceno tardío estaba ubicada en Chihuahua (Montellano-Ballesteros y Jiménez-Hidalgo 2006).

Varios de los taxones representados en Yolomécatl son los primeros registros para el Eoceno tardío de México, además de que permiten ampliar su distribución geográfica desde Texas o las Grandes Llanuras de Estados Unidos, hasta el noroeste de Oaxaca. Algunos ejemplos de esto son la tortuga *Stylemys*, la lagartija excavadora *Rhineura*, el pecarí *Perchoerus*, o el rinoceronte *Trigonias* (Jiménez-Hidalgo & Guerrero-Arenas 2015).

La icnodiversidad del sitio contiene numerosas galerías de ratones (Figura 4), así como cámaras pupales de escarabajos y celdillas de abejas mineras (Jiménez-Hidalgo *et al.* 2015).

Además de los fósiles, en los afloramientos de la zona hemos hallado material lítico, compuesto de lascas, hojas y láminas retocadas de sílice y calcedonia (Figura 5). Este material es evidencia de asentamientos humanos primitivos en la zona.

Los afloramientos de Yolomécatl son sitios finitos (Prosser *et al.* 2006). Sus fósiles se categorizan en varios tipos. De acuerdo con Page (2004), algunos, como los fósiles pleistocénicos, son categoría 4, ya que su hallazgo carece de datos de la procedencia estratigráfica; además, están bien representados en varias colecciones nacionales, como la del Instituto de Geología de la UNAM.

Por otro lado, los fósiles eocénicos son categoría 3, ya que aunque varios de ellos se encuentran representados en localidades de



Figura 4. Galerías de ratones in situ, Santiago Yolomécatl, Oaxaca. Se aprecian en los paredones, a lo largo de varios niveles estratigráficos.



Figura 5. Diversos objetos primitivos de sílice y calcedonia, procedentes de Santiago Yolomécatl, Oaxaca.

Estados Unidos, los ejemplares de Yolomécatl representan los registros más sureños del continente. Los ejemplares descritos en Jiménez-Hidalgo *et al.* (2015) se consideran dentro de la categoría 2, al igual que los túneles de los ratones (Figura 4), ya que son difíciles de preservar y su registro se limita a localidades del Mioceno en Nebraska (Gobetz & Martin 2006). Actualmente se está trabajando con algunos ejemplares de roedores que poseen algunas características únicas, por lo que pudieran ser nuevas entidades taxonómicas, y por tanto, categoría 1.

De acuerdo con Pena dos Reis & Henriques (2009), la mayoría de los fósiles del Eoceno y

del Pleistoceno, tienen importancia documental (categoría II) ya que representan la fauna terrestre más sureña de América del Norte durante el Eoceno tardío (Jiménez-Hidalgo *et al.* 2015). Los fósiles pleistocénicos son indicios (categoría I) de fauna cuya distribución en el sur de México fue amplia.

Geodiversidad en sitios selectos de San Antonio Acutla

San Antonio Acutla se encuentra dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, considerado en el sistema de topofor-mas Sierra Baja compleja con cañadas (INEGI 2016).

Los tipos de suelo registrados son litosoles, rendzina y feozem. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 600 a 700 mm, mientras que el rango de temperatura es de 16 a 18°C (INEGI 2016).

En las afueras del pueblo de San Antonio Acutla, hay una serie de barrancas a lo largo del río Salado. Estas barrancas contienen varios organismos del Pleistoceno tardío, como *Mammuthus columbi*, *Equus conversidens*, *E. mexicanus*, *Nothroteriops* sp., *Glyptotherium* sp., *Tapirus* sp., *Bison antiquus*, *Cuvieronius hyodon*, así como roedores de los géneros *Reithrodontomys*, *Microtus* y *Peromyscus*. Además de los vertebrados, existen diversos moluscos terrestres y dulceacuícolas como *Helicina* spp., *Coelocentrum* sp., Succinidae indet. y Physidae indet. (Jiménez-Hidalgo *et al.* 2011).

Al igual que Santiago Yolomécatl, los yacimientos fosilíferos de Acutla son sitios finitos, de acuerdo con Prosser *et al.* (2006). Varias especies documentadas para el Pleistoceno tardío están bien representadas en otras localidades de zonas templadas de Estados Unidos, como los caballos, mamutes, camellos y perezosos. Por ello, estos fósiles se considerarían dentro de la categoría I de Pena dos Reis & Henriques (2009). Sin embargo, de acuerdo con dos fechamientos radiométricos con Uranio-Torio, la edad de estos afloramientos se encuentra entre $27\ 000 \pm 1391$ y $26\ 000$

± 1305 años (Ordoñez-Regil *et al.* en prensa). Por ello, Acutla es la localidad del Pleistoceno tardío más vieja del sur de México. El conjunto de organismos que constituyen la palaeobiota de Acutla tienen una importancia documental (categoría II de Pena dos Reis & Henriques 2009 y categoría 2 de Page 2004) ya que todas las especies (excepto *E. mexicanus*, *E. conversidens*, *M. columbi* y *C. hyodon*) representan los registros más sureños en su distribución geográfica. Los ejemplares referidos en Jiménez-Hidalgo *et al.* (2011) también se consideran dentro de la categoría II de Pena dos Reis & Henriques (2009).

Conservación de la geodiversidad mixteca

Los riesgos que amenazan la destrucción de la geodiversidad en los sitios de estudio son varios. Ambos sitios coinciden en la falta de cobertura vegetal en gran parte de su área; esto conlleva a problemas de erosión y escorrentía, procesos que destruyen los fósiles contenidos en las barrancas y cárcavas.

Otro problema es la conversión de tierras de cultivo, especialmente en Santiago Yolomécatl. La introducción de máquinas para aplanar la tierra en cárcavas con contenido fosilífero ha destruido, al menos, un área de 200 metros cuadrados de la cual ya se habían extraídos diversos fósiles de roedores. El pastoreo con ganado menor provoca resultados semejantes, ya que destruyen los fósiles expuestos conforme van desplazándose.

Aunque no es una problemática como tal, el desconocimiento de los lugareños de su patrimonio geológico no contribuye a mejorar su conservación. En varios foros celebrados con los pobladores locales, al explicar la importancia de la geodiversidad de su entorno, la mayoría coincide en que se desconocía completamente. Con el fin de concientizar a la población, hemos organizado diversas actividades de divulgación científica, tanto con personas adultas como con los estudiantes de las escuelas primarias de Yolomécatl y Acutla.

Uno de los objetivos inmediatos para asegurar la conservación de ambos sitios, es combatir los procesos de erosión y destrucción de

los cuerpos rocosos. Las técnicas que se elijan, deben ser asequibles económicamente para la población, al mismo tiempo que no deben destruir los fósiles, icnofósiles, ni restos arqueológicos. Tampoco deben modificar mayormente a la geomorfología característica de los sitios. Una alternativa es desarrollar una cobertura que impida la erosión del suelo y sedimentos, con herbáceas y pastos nativos, así como el desarrollo de costras biológicas, ampliamente desarrolladas en el sitio.

Los servicios geosistémicos (Figura 1) en ambos lugares son diversos. Los servicios de regulación incluyen procesos terrestres. Gran parte del material lítico de la zona se utiliza como provisión para la explotación de material de construcción. La geodiversidad ofrece soporte para procesos del suelo, plataformas de agricultura y pastoreo, así como de almacenamiento de restos de las cosechas y rellenos municipales. Los servicios de conocimiento y cultural todavía no se explotan. En ambos sitios, a mediano plazo, es posible desarrollar áreas enfocadas al geoturismo, las cuales permitan desarrollar el aprecio y la sensibilización a estos recursos, al mismo tiempo de asegurar una entrada económica a la gente lugareña, e incluso una fuente de empleo. La geodiversidad en ambos lugares es esencial para entender la evolución de la vida en la mixteca en tiempos pasados, así como para el entendimiento de los procesos físicos que modelan esta área. Aunque el paisaje de estos sitios sea en apariencia insulso y sin mayor interés, la Mixteca Alta de Oaxaca es una zona con una geodiversidad que merece ser estudiada, apreciada y conservada en mayor medida.

Agradecimientos

A las autoridades municipales de Santiago Yolomécatl y San Antonio Acutla, por el estudio y la prospección de sus tierras. El financiamiento de las salidas al campo durante 2015 y 2016 se obtuvo por los proyectos internos UMAR 2IR1502 y UMAR 2IR1606, así como CB-2015-01 Num. 255883. Agradecemos al M. en C. Gerardo Carbot Chanona y M. en C. Carlos Castañeda Posadas por sus revisiones

para la mejora de este trabajo, así como a la Mtra. Noemí López Santiago, por su apoyo para su publicación.

Bibliografía

- Avendaño Gil, M.J., Esquinca Cano, F., Coutiño José, M.A. & Carbot-Chanona, G., 2014. Geoparque: entre cañones, depresión central de Chiapas. Pp 150-153. *In: Memorias de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*. Toluca, México.
- Carbot-Chanona, G. & L.E. Gómez-Pérez. 2014. Adición al registro de megamamíferos del Pleistoceno tardío de Chiapas, México, p. 24. *In: Memorias del II Simposio de Paleontología en el Sureste de México*. Puerto Escondido, Oaxaca.
- CONABIO. 2008. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONACyT. 2016. ¿Qué son los Geoparques? Consultado el 14 de julio de 2016: <http://conacytprensa.mx/index.php/ciencia/la-tierra/7354-que-son-los-geoparques-nota>
- Doutt, J. K. & C. Black. 1962. A new Pleistocene locality in the state of Oaxaca, México. *Journal of Mammalogy* 43(3):414-415.
- Gobetz, K.E. & L.D. Martin. 2006. Burrows of a gopher-like rodent, possibly *Gregorymys* (Geomyoidea: Geomyidae: Entoptychtinae), from the early Miocene Harrison Formation, Nebraska. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 237: 305-314.
- Gray, M. 2004. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Wiley, Chichester, 448 pp.
- Gray, M. 2011. Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation* 38(03): 271-274. Doi: 10.1017/s0376892911000117.
- Gray, M. 2012. Valuing geodiversity in an "ecosystem services" context. *Scottish Geographical Journal* 128(3-4): 177-194. Doi: 10.1080/14702541.2012.725858
- Guerrero-Arenas, R., E. Jiménez-Hidalgo & H. Santiago-Romero. 2010. La transformación de los ecosistemas de la Mixteca Alta Oaxaqueña desde el Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno. *Ciencia y Mar* 14(40): 61-68.
- Haag, N. & M.H. Henriques. 2015. The paleontological heritage of the Acre (Amazonia, Brazil): Contributions Towards a National Paleontological Database. *Geoheritage*. Doi:10.1007/s12371-015-0163-y
- Henriques, M.H. & K. Neto, 2014. Geoheritage at the Equator: Selected geosites of São Tomé Island (Cameron Line, Central Africa). *Sustainability* 7: 648-667.
- Henriques, M.H. & R. Pena dos Reis. 2015. Framing the palaeontological heritage within the geological heritage: an integrative vision. *Geoheritage* 7: 249-259. Doi: 10.1007/s12371-014-0141-9.
- Henriques, M.H., R. Pena dos Reis, J. Brilha & T. Mota. 2011. Geoconservation as an emerging geoscience. *Geoheritage* 3: 117-128. Doi: 10.1007/s12371-011-0039-8.
- Honorable Ayuntamiento de Santiago Yolomécatl. 2011. Plan municipal de desarrollo 2011-2013, Santiago Yolomécatl, Villa de la Reforma, Oaxaca. Consultado el 20 de abril del 2016: https://finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/499.pdf.
- INEGI. 2016. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Consultado el 14 de julio de 2016: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/20/20106.pdf>
- Jiménez-Hidalgo, E., R. Guerrero-Arenas, B. MacFadden & L. Cabrera-Pérez. 2011. The late Pleistocene (Rancholabrean) Viko vijn local fauna from the mixteca alta, north western Oaxaca, southern Mexico. *Revista Brasileira de Paleontologia* 14(1): 15-28. Doi: 10.4072/rbp.2011.1.02
- Jiménez-Hidalgo, E. & R. Guerrero-Arenas. 2015. La Fauna Local Iniyoo, el primer conjunto faunístico del Paleógeno continental en el sur de México y Norteamérica. Pp. 15-24. *In: Ortiz-Escamilla, R. (Comp.) El pasado lejano de la Mixteca*. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Jiménez-Hidalgo, E., K.T. Smith, R. Guerrero-Arenas J. Alvarado-Ortega. 2015. The first Late Eocene continental faunal assemblage from tropical North America. *Journal of South American Earth Sciences* 57: 39-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2014.12.001>
- Leyva-López, J.C. (Coord). 2009. Estudio regional forestal de la unidad de manejo forestal "Mixteca norte" 2010-2030. Gobierno del estado de Oaxaca, SEMARNAT, CONAFOR. Colegio de Profesionales forestales de Oaxaca A.C. y Profesionales de servicios técnicos forestales de Oaxaca A.C. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. 541 pp.
- Montellano-Ballesteros, M. & E. Jiménez-Hidalgo. 2006. Mexican fossil mammals, who, where and when? Pp. 249-273. *In: Vega-Vera, F., Torrey, G.N., Perrillat, M.C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S.R.S. & S.A. Quiroz-Barroso (eds), Studies on Mexican Paleontology*. Topics in Geobiology 24. Springer, The Netherlands.
- Ordoñez-Regil, E., M.G. Almazán-Torres, E. Jiménez-Hidalgo & D. Tenorio-Castilleros. En prensa. Radiometric dating of late Pleistocene mammal bones from the Mixteca Alta of Oaxaca. *Journal of Archaeological Sciences: Reports*.
- Ortiz-Perez, M.A., J.R. Hernández-Santana & J.M.

- Figueroa-Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. Pp. 43-54. *In*: García-Mendoza, A.J., Ordoñez, M.J & M. Briones-Salas (Eds). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología- Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.
- Page, K. 2004. The protection of Jurassic sites and fossils: Challenges for global Jurassic science (including a proposed statement on the conservation of paleontological heritage and stratotype). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 110(1): 373-379.
- Palacio-Prieto, J.L., E. Rosado-González. E., X. Ramírez-Miguel, O. Oropeza-Orozco, S. Cram-Heydrich, M.A. Ortiz-Pérez, J.M. Figueroa-Mah-Eng & G. Fernández de Castro-Martínez. 2016. Erosion, culture and geoheritage; the case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, México. *Geoheritage*. Doi: 10.1007/s12371-016-0175-2.
- Pena dos Reis, R.P. & M.H Henriques. 2009. Approaching an integrated qualification and evaluation system for geological heritage. *Geoheritage* 1(1): 1-10. Doi:10.1007/s12371-009-0002-0
- Prosser, C., M. Murphy & J.G. Larwood. 2006. Geological conservation: a guide to good practice. English Nature Report ST 118, United Kingdom, 145 pp.
- Ruban, D.A. 2010. Quantification of geodiversity and its loss. *Proceedings of Geological Association* 121: 326-333. doi:10.1016/j.pgeola.2010.07.002
- Ruban, D.A. & I-L. Kuo. 2010. Essentials of geological heritage site (geosite) management: a conceptual assesment of interests and conflicts. *Natura Nascosta*, 41: 16-31.
- Safriel, U.N. & Z. Adeel. 2005. Dryland systems. Pp: 623-662. *In*: Hassan R., Scholes R. & N. Ash (eds.), *Ecosystems and human well being: current state and trends*. Island Press, Washington.
- UNESCO. 2014. Gestión del Patrimonio Mundial Natural. Francia. 105 pp.
- UNESCO. 2016. UNESCO Global Geoparks. Celebrating Earth Heritage, Sustaining local Communities, Francia, 17 pp.
- UNESCO. Sin año. Cuevas prehistóricas de Yagul y Mitla en los Valles Centrales de Oaxaca. Consultado el 10 de junio de 2016: <http://whc.unesco.org/es/list/1352>
- Universidad de Guadalajara. 2015. Proponen reconocer a la primavera como Geoparque. Consultado el 14 de julio de 2016: <http://www.udg.mx/es/noticia/proponen-reconocer-la-primavera-como-geoparque>
- Zorina, S.O. & V.V. Silantiev. 2014. Encyclopedia of mineral and energy policy. Pp.1-4. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-40871-7>.

Recibido: 09 de septiembre de 2016

Aceptado: 15 de marzo de 2017