

La transformación de los ecosistemas de la Mixteca Alta oaxaqueña desde el Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno

Rosalía Guerrero-Arenas*, Eduardo Jiménez Hidalgo*
& Héctor Santiago Romero**

Resumen

La transformación de los ecosistemas de la Mixteca Alta oaxaqueña desde el Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno. *En este trabajo se describe el cambio de los ecosistemas en la Mixteca Alta Oaxaqueña y sus comunidades, desde el Pleistoceno tardío hasta el presente. Las comunidades bióticas de esta zona no siempre han sido las mismas. Basándonos en el estudio de fósiles de vertebrados e invertebrados en tres localidades de esta zona, se deduce que los ecosistemas con que contaba eran bosques abiertos, con cuerpos de agua y una estacionalidad marcada, durante el Pleistoceno tardío. Es probable que hasta el Holoceno temprano subsistieran cuerpos de agua semi-permanentes, con una vegetación y materia orgánica abundante. En la época previa a la conquista española, hay evidencias de que las comunidades indígenas utilizaron de manera racional los recursos naturales de sus bosques. Después de la conquista, la Mixteca sufrió procesos intensivos de deforestación, el sobrepastoreo del ganado caprino y la expansión de la frontera ecológica. Hoy en día, la erosión en la zona de la Mixteca Alta se ha extendido rápidamente, por lo que se considera como Área de Desastre Ecológico.*

Palabras clave: Deforestación, fósiles, erosión, Oaxaca, sobrepastoreo.

Abstract

The transformation of the ecosystems of the Mixteca Alta of Oaxaca since the Late Pleistocene to Holocene. *This paper describes the change in the ecosystems and communities from the Mixteca Alta oaxaqueña since the late Pleistocene to the Recent. The biotic communities of this area have not been the same along the geologic time. Based on the study of vertebrate and invertebrate fossils from three localities in the Mixteca, we infer that the ecosystem during the late Pleistocene was an open forest with semi-permanent water bodies and an intense seasonality. It is possible that the semi-permanent water bodies with vegetation and abundant organic matter were still present during the early Holocene. There is evidence that the indigenous communities made a rational use of their forest natural resources previous to the Spanish conquest, but after it, the Mixteca suffered an intense deforestation due to overgrazing by goats and by the expansion of the ecological border. Today, the erosion in the Mixteca Alta is very widespread, so, it is considered an area of ecological disaster.*

Key words: Deforestation, fossils, erosion, Oaxaca, overgrazing.

Resumé

La transformation des écosystèmes de l'Alta Mixteca de Oaxaca depuis le Pléistocène à l'Holocène. *Dans ce travail on décrit les changements des écosystèmes et des communautés de la Haute Mixtèque de l'état d'Oaxaca, depuis le Pléistocène jusqu'au présent. Les communautés biotiques de cette zone ils n'ont pas toujours été les mêmes. En nous basant sur l'étude de fossiles de vertébrés et d'invertébrés sur trois localités de cette zone, on déduit que durant le Pléistocène tardif, les écosystèmes dont elles disposaient étaient de forêts ouverts, avec des corps d'eau et des saisons bien marqué. Il est même probable que jusqu'au Holocène précoce des corps semi-permanents d'eau subsistaient, avec une végétation et matière organique abondante. Dans l'époque préalable à la conquête espagnole, il y a des évidences que les communautés indigènes ils ont utilisé d'une manière rationnelle les ressources naturelles de ses bois après la conquête, la Mixtèque a subi des processus intensifs de déforestation, le surpâturage par du bétail caprin et l'expansion de la frontière écologique. De nos jours, l'érosion des sols dans la zone de la Haute Mixtèque c'est rapidement étendue, pour que l'on considère comme Aire de Désastre Écologique.*

Mots clefs: Déforestation, fossiles, érosion, Oaxaca, surpâturage.

* Laboratorio de Paleobiología, Instituto de Recursos, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, km 2.5 carretera Puerto Escondido-Sola de Vega, San Pedro Mixtepec, 71980, Oaxaca

** Instituto de Ecología, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, km 2.5 carretera Puerto Escondido-Sola de Vega, San Pedro Mixtepec, 71980, Oaxaca

Introducción

La región Mixteca es una zona enclavada en el sur de México, rica en diversidad biológica y cultural. Curiosamente, varios autores coinciden en que es una unidad cuyos límites geográficos no han sido definidos de manera consensuada (v.g. Díaz-Núñez 2006, González-Leyva 2007). En general, se reconoce que la Mixteca se encuentra localizada en la parte oeste de Oaxaca, sur de Puebla y este de Guerrero; su extensión es de 37,229 km² aproximadamente y comprende 1,752 localidades pertenecientes a 217 municipios, de los cuales 194 son de Oaxaca, 16 de Guerrero y siete de Puebla (Martínez 2006).

La Mixteca se ha dividido en dos zonas, la Alta y la Baja; el límite que se ha impuesto entre ambas zonas son los 1,500 msnm, por lo que la Mixteca Baja comprende los territorios debajo de esta altitud, mientras que dentro de la Alta encontramos al área por arriba de este límite.

La Mixteca Alta, a la cual nos referiremos particularmente en este trabajo, comprende el noroeste de Guerrero y el oeste de Oaxaca. Se halla dentro de un sistema montañoso en el que convergen la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Oriental o de Oaxaca; dicha unión recibe el nombre de Complejo Oaxaqueño o Nudo Mixteco (González-Leyva 2007). Debido a su orografía, la Mixteca Alta padece serios problemas por a la escasez de agua y la erosión, los cuales se agravan debido a las actividades antropocéntricas, provocando el deterioro de los ecosistemas.

La Mixteca Alta oaxaqueña posee diversos yacimientos fosilíferos continentales, principalmente del Pleistoceno (hace 2.5 millones-11,500 años). A pesar de ello, son pocos los estudios paleontológicos que se han realizado en esta zona, los cuales se han enfocado a listados de la megafauna (Ferrusquía-Villafranca 1970, Arroyo-Cabrales *et al.* 2002, Ferrusquía-Villafranca *et al.* 2010).

El estudio de la paleofauna puede aportar información importante relacionada con los ecosistemas actuales. Las comunidades del pasado, al no haber sido perturbadas por el ser humano, ofrecen un parámetro de comparación para evaluar el estado de las actuales.

El objetivo principal de este trabajo es analizar el cambio de los ecosistemas, desde el Pleistoceno tardío hasta el Holoceno, en el área de Villa de Tamazulapam del Progreso-Concepción Buenavista, Oaxaca (Fig. 1), en la Mixteca Alta. A partir de este análisis se realizará una serie de comentarios que debe tomarse en cuenta en las futuras estrategias de manejo en esta región del estado.

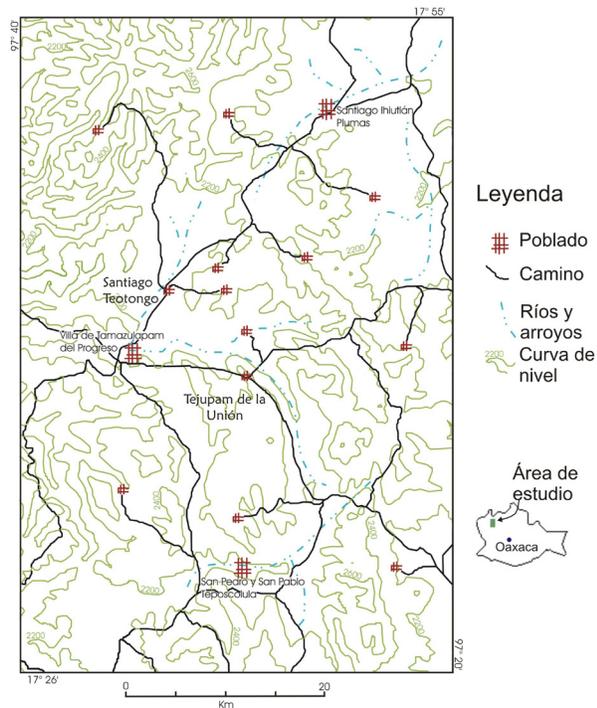


Figura 1. Zona de estudio en la Mixteca Alta de Oaxaca, México.

La Mixteca Alta durante el Pleistoceno y Holoceno

Las comunidades bióticas de la Mixteca no siempre han sido las mismas a lo largo del tiempo geológico. Como resultado de diversas prospecciones paleontológicas que hemos realizado en el área de estudio durante tres años, hemos recolectado material fósil de vertebrados e invertebrados. Con base en la identificación de los organismos fósiles y el principio del actualismo biológico, hemos realizado una interpretación preliminar de las condiciones ambientales en que se desarrollaban tales comunidades. Cabe aclarar que el principio en que se basa el actualismo señala que los organismos fósiles son comparables

con los organismos actuales; es decir, su metabolismo, ecología e historia de vida se regían por las mismas leyes biológicas. De manera preferente, se compara la especie filogenéticamente más cercana actual con la fósil para inferir como vivían.

La presencia de *Bison* indica una edad para las localidades de entre 300 mil a 11,430 años antes del presente, lo cual corresponde a la edad de la cronología relativa de mamíferos de Norteamérica conocida como Rancholabreano. En la cronología relativa, uno de los métodos para fechar estratos rocosos se basa en la aparición (FAD, First Appearance Datum) o desaparición (LAD, Last Appearance Datum) de ciertas especies en el registro fósil. Esta datación ofrece edades relativas, es decir, lapsos de tiempo. En la cronología relativa de mamíferos de Norteamérica se utilizan los FAD o LAD de las especies de esta zona geográfica.



Figura 2. Moluscos dulceacuícolas y terrestres pleistocénicos. De izquierda a derecha: ejemplar de la familia Lymnaeidae, ejemplar de la familia Pupillidae, ejemplar no identificado y bivalvo de la familia Pisidiidae. La escala= 1 mm.

La fauna de invertebrados estudiada comprende gasterópodos y bivalvos dulceacuícolas y gasterópodos terrestres (Guerrero-Arenas *et al.* 2009) (Fig. 2); por otro lado, los vertebrados son mayormente mamíferos grandes (Jiménez-Hidalgo *et al.* 2009), así como pequeños mamíferos y reptiles.

En la zona circundante a Concepción Buenavista (17°53'N, 97°24'O) hemos encontrado abundantes gasterópodos de las familias Planorbidae, Lymnaeidae y bivalvos de la familia Pisidiidae (Guerrero-Arenas *et al.* 2010). Estos organismos son dulceacuícolas,



Figura 3. Recolecta de un colmillo de mamut.

lo que indica que durante el Rancholabreano estas localidades contenían cuerpos de agua, con vegetación y materia orgánica abundante. También encontramos gasterópodos terrestres de la familia Pupillidae, propios de zonas boscosas y húmedas. Entre los vertebrados se encuentran proboscídeos (*Mammuthus* y *Cuvieronius*) (Fig. 3), bisontes (*Bison*) (Fig. 4), caballos (*Equus*) y camélidos (*Camelops*) (Jiménez-Hidalgo *et al.* 2009), mamíferos herbívoros de hábitos alimenticios pacedores, de hábitos mixtos y ramoneadores. Es notable que en los sedimentos asociados a la paleobiota haya caliche, indicativo de periodos de sequía y temperatura elevada.

En la localidad cercana a Santiago Teotongo (17°43'N, 97°32'O), la presencia de las familias de gasterópodos Physidae, Planorbidae y Lymnaeidae indica la existencia de cuerpos de agua semipermanentes, con una vegetación y materia orgánica abundante. Entre los vertebrados fósiles hemos encontrado bisontes



Figura 4. Recolecta en campo de un cuerno de bisonte (*Bison sp.*)



Figura 5. Cola de un gliptodonte (*Glyptotherium* sp.).

(*Bison*), dos especies de équidos, mamutes (*Mammuthus*) y camélidos (*Hemiauchenia*), además de gliptodontes (*Glyptotherium*) (Fig. 5), cuyos hábitos alimenticios son similares a los anteriormente mencionados (Jiménez-Hidalgo *et al.* 2009).

Por otro lado, en la zona cercana a San Antonio Acutla (17°44'N, 97°30'O) se encontraron abundantes gasterópodos identificados como *Hendersonia occulta* (Say, 1831), especie propia de zonas boscosas con cuerpos de agua cercanos, los cuales aseguren condiciones de humedad permanentes. Esta especie, al igual que otras más como *Anisospira* spp., presentes en este sitio, son gasterópodos terrestres confinados a sustratos calizos, por lo que es probable que este tipo de suelo imperara durante esta época geológica, contrastando con el suelo tipo luvisol actual. Además de los anteriores, también encontramos gasterópodos

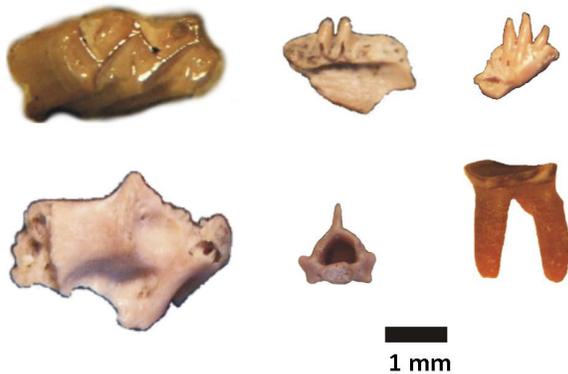


Figura 6. Restos de diversos microvertebrados pleistocénicos.

de la familia Polygyridae, los cuales son propios de condiciones húmedas y sombreadas propios de bosques templados de frondosas. Entre los vertebrados que se han recolectado están perezosos terrestres, venados, dos especies de équidos y mamutes. Asimismo, se han encontrado restos de lagartijas, roedores y probablemente una serpiente (Fig. 6).

Entre los sedimentos asociados a los fósiles, se han encontrado numerosos rizolitos de diversos tamaños (Fig. 7), lo cual indica una comunidad con una vegetación abundante. El tamaño de grano del cual están formados los rizolitos es muy fino, similar al limo o la arcilla, lo cual sugiere la presencia de cuerpos de agua de baja energía.



Figura 7. Rizolitos asociados a sedimentos portadores de microfósiles. Cada división equivale a un milímetro.

En los niveles estratigráficos superiores de esta localidad, se encontraron varios caracoles dulceacuícolas de la familia Lymnaeidae, probablemente del Holoceno temprano, lo cual sugiere que para esta época todavía persistían cuerpos de agua.

En resumen, durante el Pleistoceno tardío, la zona de estudio presentaba un mosaico de vegetación, constituida por zonas arboladas y pastizales, con numerosos cuerpos de agua y una marcada estacionalidad.

Los pueblos prehispánicos de la Mixteca Alta

Durante el Holoceno tardío, en la época previa a la conquista española, las comunidades indígenas utilizaron de manera racional los recursos naturales de sus bosques. El hombre mesoamericano se distinguió por que

la explotación animal se limitaba a perros y aves (García 1996); los antiguos mixtecos no eran la excepción.

La cultura mixteca siempre ha tenido un especial vínculo con el agua, al grado que este elemento está implícito en el nombre Ñu'ú Savi o "Pueblo de la lluvia". Desde sus inicios, las sociedades mixtecas han utilizado como principales fuentes de agua la lluvia y los depósitos superficiales, debido a que la principal actividad económica era la agricultura.

Desafortunadamente, las exploraciones arqueológicas en la Mixteca Alta son pocas, por lo que no tenemos mucha información acerca de la vida de los pueblos prehispánicos. A partir de los estudios que se han realizado, se concluye que los sitios posclásicos de la Mixteca Alta se establecieron en los cerros, junto a los pequeños valles o inmersos en ellos, debido a las mejores condiciones de vida que proporcionaban a sus habitantes. Por un lado, los valles eran cultivados, mientras las montañas que los rodeaban y en las que estaba los centros urbanos y ceremoniales tuvieron una función defensiva (González-Leyva 2007).

Aunque existía una explotación de los recursos naturales, no hay indicios de que ésta afectara al entorno, sino que se hacía de manera sustentable. Desafortunadamente para el entorno, el panorama cambió drásticamente después de la conquista española.

La Mixteca Alta después de la conquista

Después de la conquista española, los cronistas se encargaron de describir la riqueza natural de nuestro país en diversos textos. Precisamente en estos escritos, encontramos una de las primeras distinciones entre la Mixteca Alta y Baja por Juan López de Velasco en 1571; este español declaró "... la alta es tierra más fresca y más sana, pero la una y la otra son... abundantes de maíz y muy dispuestas para trigo... hay muchas aguas y mucha madera, leña, piedra y cal..." (González-Leyva 2007).

La Mixteca Alta fue una de las provincias más atractivas para los españoles debido a

que poseía dos elementos claves para el asentamiento de los colonizadores: valles fértiles de una gran productividad agrícola en potencia y una abundante mano de obra indígena. Los predicadores se extendieron por este territorio e iniciaron el cultivo de la seda y grana cochinilla, además de introducir a gran escala el ganado menor (Díaz-Núñez 2006).

En este tiempo, la Mixteca Alta comenzó a sufrir procesos intensivos de deforestación debido al sobrepastoreo del ganado caprino. Mendoza-García (2002) menciona que la ganadería se había difundido con éxito en el centro de la Nueva España a mediados del siglo XVI. Particularmente, entre 1560 y 1620, se dieron en merced numerosas estancias a los pueblos y caciques, y en menor proporción, a los españoles. Debido a que en ese periodo las epidemias habían mermado la población, existían numerosas tierras baldías susceptibles de explotarse por la caprinocultura. En algunas comunidades, como Teposcolula y Tlaxiaco, se sabe que llegaron a tener entre ocho y nueve mil cabezas de ganado (García 1996). Como la ganadería requería de buenos pastos y poca fuerza de trabajo, el éxito de esta actividad estaba asegurado. De hecho, a fines del siglo XVI y principios del XVII, los pueblos de indios y sus caciques se beneficiaron de las ganancias económicas de las ganaderías, ya que con el dinero podían pagar el diezmo, fiestas religiosas y la compra de productos europeos (Mendoza-García 2002). Como lo explica García (1996), el arraigo de esta actividad se debe también a que existía una cierta representación de prestigio social, además del mercado.

Adicionalmente a las cabras, los dominicos introdujeron gallinas, puercos y ovejas. Asimismo, promovieron nuevos cultivos y técnicas agrícolas, aún en los pueblos más alejados (Díaz-Núñez 2006). Desafortunadamente, la presión de pastoreo, es decir la presión que el animal ejerce sobre la cantidad de forraje (Avendaño 2003), durante cinco siglos ha conducido al empobrecimiento del campo, aumentando la erosión y disminuyendo la cobertura vegetal.

La Mixteca Alta en la actualidad

Hoy en día, la vegetación natural que caracteriza a las entidades ecológicas de la Mixteca Alta está determinada por la altitud y la precipitación: bosques de pinos y pinos-encinos en tierras altas, con altitudes superiores a los 2,000 m y una precipitación anual entre 700 y 1,000 mm; matorral xerófilo en los valles y cañadas con altitudes superiores a los 1,500 m, bajo sombras orográficas donde la precipitación anual es inferior a 700 mm y bosques mesófilos en las zonas con altitudes entre 1,000 y 2,000 m y con una precipitación anual superior a los 1,000 mm (Anónimo 2002a-c).

En gran parte de la Mixteca Alta subsiste una escasa cubierta vegetal natural debido a la deforestación, al sobrepastoreo y al mal manejo y/o sobreexplotación de los recursos bióticos y abióticos en los últimos 500 años, tal y como se explicó anteriormente. Es posible calcular la cantidad de suelo que se ha perdido a partir de la profundidad de las grandes y largas cárcavas que se observan alrededor de los pueblos de esta región; en algunas partes, como Magdalena Peñasco, en las cercanías de Tlaxiaco, uno de los autores (HSR) ha calculado que se han erosionado hasta 7 m de suelo y sedimentos.

La Mixteca Alta que había encantado a los viajeros y colonizadores de los siglos pasados, actualmente es un paisaje desolador: montañas casi sin árboles, con abundantes barrancas y cárcavas profundas (Fig. 8), donde el color verde de la vegetación fue sustituido por el



Figura 8. Cárcavas y barrancas en la Mixteca Alta oaxaqueña.



Figura 9. Ganado menor en la Mixteca Alta oaxaqueña.

color ocre de los suelos erosionados; valles con tierras incultivables, a veces polvosas y otras pedregosas, sin agua y sin cultivos, donde sus propios habitantes le atribuyen el calificativo de tierras malas y feas, pueblos fantasmas donde sólo quedan mujeres y personas de la tercera edad.

Durante el siglo pasado, la Mixteca Alta quedó marginada en relación con el resto del país, ya que el gobierno invirtió poco dinero en esta zona, estableció poca infraestructura y escasos proyectos de desarrollo. Sin embargo, a partir de la década de 1960, se esforzó en construir carreteras, instalar servicios como luz eléctrica y agua corriente, escuelas, centros de salud y programas de recuperación de suelos (Katz 1993). Sin embargo, hasta hoy no ha sido suficiente para sacar la región de su marginalidad económica y evitar el actual desastre ecológico de sus ecosistemas.

Actualmente, la erosión de los suelos de la Mixteca Alta es uno de los problemas ecológicos más graves en México, porque el 80% de sus suelos se encuentra afectado por la erosión hídrica y la tasa de pérdida de suelo (200 t/ha) es una de las más elevadas a nivel mundial (Martínez 2006, Valencia-Manzo *et al.* 2006, Contreras 2007, León-Santos 2007). Además, las principales actividades económicas de la Mixteca Alta siguen siendo la agricultura de subsistencia y la producción de ganado menor (Fig. 9). Por ello, es urgente redoblar los esfuerzos para la rehabilitación, recuperación, conservación y preservación de los recursos bióticos y abióticos de esta región,

para disminuir el proceso de desertificación iniciado en algunas zonas.

La desertificación es el grado máximo de un desastre ecológico, ya que amenaza la integridad de los ecosistemas, estropea las tierras, desaparecen los hábitat originales y los modos de vida de fauna, flora y del hombre mismo, creando movimientos migratorios, y por ende presión sobre los recursos naturales en otros ecosistemas.

Entre las alternativas que se han empleado para evitar la desertificación de esta región se encuentra la recuperación de la cobertura vegetal, mediante la plantación de especies arbóreas aptas para cada tipo de ecosistema, así como diversas estrategias enfocadas a la recuperación de los suelos como la roturación de las capas litológicas todavía presentes, el laboreo de suelos siguiendo las curvas de nivel, la captación de agua mediante la construcción de zanjas de laderas y el almacenamiento del agua con la construcción de pequeños embalses en los ríos y arroyos.

Durante las últimas décadas, se han probado diversos programas cuya intención ha sido rescatar los ecosistemas mixtecos. En el proceso de restauración ecológica de esta zona, es decir, en la rehabilitación biótica y abiótica de los sistemas naturales, con la idea de restituir su estructura y procesos funcionales (Meli 2003), debe tomarse en cuenta que el deterioro de los ecosistemas se realizó en 500 años aproximadamente, a partir de la conquista española.

La depauperación de los ecosistemas no sólo incluye la desaparición o sustitución de especies de flora y fauna, sino que involucra la modificación de los ciclos biogeoquímicos, el cambio en la composición o la desaparición del suelo, así como cambios climáticos. Los intentos por restituir las comunidades boscosas que antaño caracterizaban a la Mixteca deben de tomar en cuenta estos factores. Entre las estrategias enfocadas a revertir los daños a los ecosistemas mixtecos está la recuperación de la cobertura vegetal, mediante la plantación de especies arbóreas aptas para clima templado (v.g. Valencia-Manzo *et al.* 2006). Ello ha resultado efectivo, pero depende en

gran medida de la correcta selección de especies que se puedan adaptar a las condiciones de la Mixteca.

Otro problema que no se ha abordado es la introducción de especies invasoras en la Mixteca Alta. En diferentes prospecciones en la zona de estudio, hemos observado y recolectado malacofauna actual, la cual comprende varias especies invasoras, como *Helix* spp., *Euglandina rosae* y *Rumina decollata* en campos de cultivo y áreas silvestres (Guerrero-Arenas *et al.* 2009). Esta intromisión puede afectar otras poblaciones de gasterópodos nativos, como *Holospira* spp. Curiosamente, no hemos detectado especies invasoras de vertebrados, como gatos, perros o ciertas especies de aves, en el área.

Conclusiones

La transformación de los ecosistemas en la Mixteca Alta ha sufrido un acelerado deterioro. Basándonos en la paleofauna hallada, al menos hace 12 mil años imperaba un ecosistema heterogéneo, con bosques abiertos, numerosos cuerpos de agua semipermanentes y una fauna variada. Debido a las actividades antropogénicas imperantes después de la conquista, el depauperamiento de estos ecosistemas se acrecentó. Desafortunadamente para el entorno, la caprinocultura continúa siendo una actividad predominante en la zona, afectando el suelo y la vegetación como desde hace 500 años.

Es necesario realizar más estudios y trabajos interdisciplinarios para mitigar el desastre ecológico de esta porción de Oaxaca, lo cual depende de la acción conjunta y un compromiso continuo de la sociedad, la comunidad científica, las autoridades políticas y administrativas.

Agradecimientos

Agradecemos a Eliud Flores Morales y Mario Valerio Velasco García (UMAR, Puerto Escondido) por las consultas bibliográficas, así como a Lucía Cabrera-Pérez (UMAR, Puerto Escondido), Caín Filogonio López-Pacheco

(UMAR, Puerto Escondido) y Mario Alberto Campos-Camacho (Universidad de Guadalajara) por su apoyo en las actividades de campo y laboratorio. Se agradece el financiamiento de los proyectos CONACyT Ciencia Básica 78793, Sistemática, paleoecología y biogeografía de la fauna pleistocénica de la Mixteca alta oaxaqueña, y 101626, Caracterización ecomorfológica y patrones biogeográficos de los vertebrados del Rancholabreano de la Mixteca alta oaxaqueña, así como a las autoridades académicas y administrativas de la UMAR por el apoyo logístico.

Referencias

- Anónimo. 2002a. Carta estatal: vegetación y uso actual. Escala 1:700 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca, Anexo Cartográfico, México.
- Anónimo. 2002b. Carta estatal: topográfica Escala 1:700,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca, Anexo Cartográfico, México.
- Anónimo. 2002c. Carta estatal: climas. Escala 1:700,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca, Anexo Cartográfico, México.
- Arroyo Cabrales, J., O.J. Polaco & E. Johnson. 2002. La mastofauna del Cuaternario tardío de Mexico. Pp: 103-123, *In*: Montellano-Ballesteros, M. & J. Arroyo-Cabrales (eds.), Avances en los estudios paleomastozoológicos en México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Avenidaño, J.C. 2003. Memorias del curso "Lechería tropical tecnificada". Banco de México-FIRA, Agencia Pánuco.
- Contreras, L. 2007. Rescate de la región Mixteca, considerada desastre ecológico por la falta de agua. Consultado el 1° de septiembre de 2010 en: sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2007/04/asun_2341876_20070426_1179777763.pdf
- Díaz-Núñez, L.G. 2006. La presencia itinerante de los dominicos en Oaxaca y la Mixteca durante los siglos XVI al XVII. Pp: 87-156, *In*: Ortiz-Escamilla, R. & I. Ortiz-Castro (eds.), Ñuu Savi, la Patria Mixteca. Universidad Autónoma de la Mixteca, México.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1970. Geología del área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca. Pp: 97-119, *In*: Libro-guía excursión México-Oaxaca. Sociedad Geológica Mexicana, México.
- Ferrusquía-Villafranca, I., J. Arroyo-Cabrales, E. Martínez-Hernández, J. Gama-Castro, J. Ruiz-González, O. J. Polaco & E. Johnson. 2010. Pleistocene mammals of Mexico: A critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality. *Quaternary International* 217(1-2): 53-104.
- García, A. 1996. La caprinocultura en la Mixteca oaxaqueña. *Orígenes. Ciencias* 44: 28-31.
- González-Leyva, A. 2007. Geografía, lingüística, arqueología e historia de la Mixteca Alta antes de la conquista española. Pp: 45-66, *In*: Knauth, L. (ed.), Un saber histórico para el futuro. Anuario de Historia. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guerrero-Arenas, R., E. Jiménez-Hidalgo, B. MacFadden & L. Cabrera-Pérez. 2009. Paleobiología de moluscos dulceacuícolas y terrestres del Pleistoceno Tardío de la Mixteca Alta oaxaqueña. *Geos* 29(1): 91.
- Jiménez-Hidalgo, E., R. Guerrero-Arenas, B. MacFadden & L. Cabrera-Pérez. 2009. Los mamíferos pleistocénicos de la Mixteca Alta oaxaqueña. *Geos* 29(1): 91-92.
- Katz, E. 1993. El papel de la etnobiología en el estudio de los sistemas de producción agrícola: el ejemplo de una zona cafetalera de la Mixteca Alta (México). Pp: 321-327, *In*: Navarro, H., J.P. Colin & P. Milleville (eds.), Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola. ORSTOM-CONACYT-Colegio de Postgraduados. México.
- León-Santos, J. 2007. Acciones que contribuyen a la restauración del suelo y el mejoramiento del medio ambiente. Centro de Desarrollo Integral Campesino de la Mixteca, A.C. Consultado el 2 de septiembre de 2010 en: www.biology.duke.edu/aridnet/wkshop_mixtecaAlta/pdfs/accione_r.pdf
- Martínez, J. (coord.). 2006. Manejo del agua y restauración productiva en la región indígena Mixteca de Puebla y Oaxaca. Resultados de los estudios y recomendaciones para los tomadores de decisiones de las comunidades y organizaciones de la sociedad civil. Consultado el 1° de septiembre de 2010 en: www.biology.duke.edu/aridnet/wkshop_mixtecaAlta/pdfs/martinez06_r.pdf
- Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia* 28(10): 581-589.
- Mendoza-García, E. 2002. El ganado comunal en la Mixteca Alta: de la época colonial al siglo XX. El caso de Tepelmeme. *Historia Mexicana*. 51(4): 749-785.
- Valencia-Manzo, S., M.V. Velasco-García, M. Gómez-Cárdenas, M. Ruiz-Muñoz & M.A. Capó-Arteaga. 2006. Ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca alta de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(1): 27-32.