

La biodiversidad en

 **Oaxaca** 

Estudio de Estado
Volumen 1

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Primera edición, 2022

Versión digital

Obra completa: ISBN 978-607-8570-60-7

Volumen I: ISBN 978-607-8570-61-4

Coordinación y seguimiento general:

CONABIO

Andrea Cruz Angón¹

Karla Carolina Nájera Cordero¹

Jorge Cruz Medina¹

Erika Daniela Melgarejo¹

SEMAEDES

Helena Iturribarría Rojas²

Manelik Olivera Martínez²

Cuidado de la edición:

Claudia Verónica Gómez Hernández

Karla Carolina Nájera Cordero¹

Jorge Cruz Medina¹

Corrección de estilo:

Vector Diseño

Karla Carolina Nájera Cordero¹

Jorge Cruz Medina¹

Diseño y formación:

Claudia Verónica Gómez Hernández/Vector Diseño

Cartografía:

Brenda Lizeth Islas Trejo

Jorge Cruz Medina¹

Derechos patrimoniales y editoriales

D.R. © Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Liga Periférico – Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan, C.P. 14010, Ciudad de México

www.gob.mx/conabio

¹Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

²Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable

Salvo en aquellas contribuciones que reflejan el trabajo y quehacer de las instituciones y organizaciones participantes, el contenido de las contribuciones es de exclusiva responsabilidad de los autores.

Impreso en México/Printed in Mexico

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Floración en un pastizal de *Bouteloua*. Foto: Carlos Martorell.

Pastizales de la región Chocholteca: un despreciado récord mundial de diversidad vegetal

Carlos Martorell Delgado, Diego García Meza, Alejandra Martínez Blancas, Verónica Noemí Zepeda Martínez y Carmen Vázquez Ribera

Introducción

Por el centro de Norteamérica corre una franja semiárida dominada por la hierba donde los árboles están naturalmente ausentes. Estos extensos pastizales comienzan en Canadá y cruzan los Estados Unidos de frontera a frontera. A pesar de estar ausentes del imaginario popular, los pastizales continúan en Chihuahua, cruzan el territorio que fue de los zacatecos (nombre que significa gente del pasto) y a partir de allí se fragmentan en un archipiélago cada vez más disperso. Estos pastizales encuentran sus confines más sureños en la región Chocholteca, en Oaxaca.

Martorell, C., D. García-Meza, A. Martínez-Blancas, V. Zepeda y C. Vázquez-Ribera. 2022. Pastizales de la región Chocholteca: un despreciado récord mundial de diversidad vegetal. En: *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de Estado*. Vol. I. CONABIO, México, pp. 290-301.

Gran parte de esta zona descansa sobre una plancha de toba volcánica o cantera, con suelos que apenas alcanzan 10 cm de profundidad. Lo anterior tiene como resultado que la vida que se desarrolla ahí es diminuta, con apenas unos cuantos encinos y enebros que salpican el paisaje, el resto son hierbas y unos pocos arbustos.

Por estos pastizales pastaron durante la era del hielo manadas de mamuts (*Mammuthus* sp.), mastodontes (*Cuvieronius hyodon*), bisontes (*Bison antiquus*), caballos (*Equus mexicanus*) y burros (*Equus conversidens*) americanos, camellos (*Camelops* spp.), llamas (*Hemiauchenia macrocephala*), armadillos gigantes (*Glyptotherium* sp.) y dos especies de perezosos gigantes (*Paramylodon* sp. y *Nothrotheriops* sp.). Estos animales se alimentaban principalmente de pasto, y por lo tanto se puede suponer que los bosques nunca cubrieron la región (Guerrero-Arenas y Jiménez-Hidalgo 2015). La Chocholteca debió lucir como los pastizales africanos de hoy en día, con sus grandes manadas de elefantes y ungulados.

Hay otros testigos de la antigüedad de los pastizales chocholtecos, allí, a lo largo de miles de años, evolucionaron especies que no se encuentran en ningún otro lugar del mundo.

Una de ellas es la cactácea *Mammillaria hernandezii*, que rara vez mide más de 2 cm de diámetro (figura 1a); otra es *Echinocereus acanthosetus*, cactácea recientemente descrita por la ciencia; y *Sedum oteroi* pariente de las siemprevivas que crece sobre la cantera (figura 1b). La existencia de estas tres especies indica que los suelos de la zona siempre han sido delgados, dejando expuestos afloramientos rocosos; además, ninguna de ellas tolera la sombra de los árboles.

Tipos de pastizal

En la región se distinguen tres tipos de pastizal, los cuales se describen a continuación:

Pastizal de *Bouteloua*

Se desarrolla sobre la cantera, en suelos ácidos y poco profundos (Cruz-Cisneros y Rzedowski 1980). Tiene poca altura (2 a 4 cm) y gran antigüedad, como lo atestiguan



Figura 1. Especies endémicas de los pastizales chocholtecos: a) *Mammillaria hernandezii*; b) *Sedum oteroi*. Fotos: Carlos Martorell.

sus endemismos; y sus remanentes suman 16.7 km². La mayor parte de esta comunidad se encuentra en Concepción Buenavista y en las zonas adyacentes de Ihuitlán, Tlacotepec y Tepelmeme; no obstante, al sur hay una variante de esta comunidad en Jicotlán y Teopan (figura 2a). Las especies dominantes son: *Bouteloua chondrosioides*, *B. polymorpha*, *Microchloa kunthii*, *Plantago nivea*, *Thymophylla aurantiaca*, *Stevia ephemera*, *Crusea diversifolia* y *Tagetes micrantha*.

Pastizal de *Aristida*

Es el de mayor extensión en la zona, con alrededor de 50 km². Crece sobre suelos alcalinos derivados de calizas, y probablemente por las diferencias edáficas, los pastizales de *Aristida* y *Bouteloua* comparten pocas especies. Esta cobertura vegetal se encuentra en las lomas de Tepelmeme, Ihuitlán, Tlapiltepec y Tequixtepec, aunque también se desarrolla en Tlacotepec, Concepción Buenavista y Jicotlán. Al sur hay una comunidad semejante pero poco estudiada en Tamazulapan (figura 2b).

Las plantas dominantes son comparativamente grandes (de 20 a 30 cm de altura), como *Aristida pansa*, *A. havardii*, *A. curvifolia*, *Bothriochloa saccharoides* y *Schizachyrium sanguineum*. Por debajo de este estrato dominante se encuentran especies de unos 2 a 4 cm de altura. La comunidad no es uniforme como resultado de las actividades humanas y de variaciones en las condiciones climáticas y de suelos.

En territorio Tepelmeme, hacia el este, la cobertura vegetal es baja y dominada casi exclusivamente por *Aristida*; mientras que hacia el oeste más húmedo se suman al conjunto de las especies dominantes varias del género *Bouteloua* (*B. hirsuta*, *B. triaena* y *B. scorpioides*; Cruz-Cisneros y Rzedowski 1980). Otras especies abundantes son *Crusea diversifolia*, *Dyssodia papposa*, *Erioneuron pilosum*, *Euphorbia villifera*, *Aristida adscensionis* y *Krameria pauciflora*. Esta comunidad biológica ha sido alterada desde hace miles de años por la agricultura, por lo que, en opinión de Cruz-Cisneros y Rzedowski (1980), ya no es igual al pastizal que le dio origen y tiene una mayor cobertura arbustiva.

Sabanas de encino

En las porciones altas de las sierras que cierran la región por el oeste hay un pastizal parecido al de *Bouteloua*,

pero que está entre 300 y 500 msnm. Su superficie es reducida con apenas 5.5 km², donde se encuentran varias especies endémicas de la región Mixteca o protegidas por las leyes mexicanas (figura 2c). Aunque esta comunidad no ha sido casi estudiada, entre las especies predominantes se puede citar a: *Bouteloua chondrosioides*, *Microchloa kunthii*, *Aristida divaricata*, *Tridax coronopifolia* y *Echeandia vestita*.

Esta cobertura se caracteriza por la presencia de numerosos individuos del encino chaparro (*Quercus deserticola*) que, al estar separados entre sí, permiten el desarrollo de la hierba en extensos claros; la roca madre es toba volcánica. Esta comunidad se encuentra predominantemente en tierras de Ihuitlán, Tlacotepec y Teopan, en sitios fríos. Por ello, es posible que esta sabana sea un relictos de las comunidades que se desarrollaron en la región durante las glaciaciones.

Diversidad

Para el visitante casual los pastizales son una alfombra verde sin ningún interés; sin embargo, una realidad muy diferente se revela ante quien se recuesta para verlos de cerca, donde lo que parecía uniforme es en realidad muy diverso. Al medir la diversidad como número de especies se hace referencia a un área específica. De tal manera, que se puede conocer el país o el estado con mayor diversidad, o bien calcular un número promedio de especies por kilómetro cuadrado o hectárea.

Cuando se refiere a sistemas con una alta diversidad biológica, siempre se menciona a los bosques tropicales lluviosos. De hecho, al considerar áreas con una superficie mayor a 100 m², resalta la diversidad de dichos ecosistemas. Por el contrario, al considerar superficies menores, quienes tienen la mayor diversidad son los pastizales (cuadro 1; Wilson *et al.* 2012).

Entre los pocos lugares que detentan récords mundiales de diversidad vegetal figuran los pastizales de la región Chocholteca. Específicamente, en el pastizal de *Bouteloua* de Concepción Buenavista se registró un decímetro cuadrado con 25 especies de plantas vasculares (Martorell *et al.* 2017), lo cual representa un empate en el primer lugar mundial de diversidad en esta escala con las sabanas de Estonia (cuadro 1; Wilson *et al.* 2012).

A pesar de que la palabra pastizal puede sugerir que está compuesto exclusivamente de gramíneas o pastos, apenas 15% de las especies de plantas de los pastizales



Figura 2. Tipos de pastizales en la región Chocholteca: a) pastizal de *Bouteloua*; b) pastizal de *Aristida*; c) sabanas de encino. Fotos: Verónica Zepeda (a), Diego García-Meza (b), Alejandra Martínez-Blancas (c).

Cuadro 1. Diversidad de tipos de vegetación en unidades de área diferentes.

Área (m ²)	Número de especies	Vegetación	Lugar
10000.0000000	942	Bosque tropical lluvioso	Ecuador
1000.0000000	313	Bosque tropical lluvioso	Colombia
100.0000000	233	Bosque tropical lluvioso	Costa Rica
10.0000000	98	Pastizal semiárido	Rumania
1.0000000	89	Pastizal montano	Argentina
0.1000000	43	Pastizal semiárido	Rumania
0.0100000	25	Pastizal semiárido	Concepción Buenavista, Oaxaca
0.0100000	25	Sabana templada	Estonia
0.0010000	12	Pastizal calcícola	Suecia
0.0001000	3	Pastizal seco	Alemania
0.0000001	3	Pastizal seco	Alemania

Fuente: modificado de Wilson *et al.* 2012.

de la región Chocholteca son pastos (figura 3). Otras familias presentes y que son de gran importancia son las compuestas (parientes del girasol), leguminosas (parientes del frijol), euforbiáceas (parientes de la nochebuena), asparagáceas (parientes del maguey) y cactáceas (nopales y biznagas; figura 4).

De los tres tipos de pastizal, sólo el de *Bouteloua* ha sido estudiado con detalle en los terrenos de Concepción Buenavista. Por lo tanto, es prematuro tener cifras totales para todos los pastizales chocholtecos. Por ello, los datos que se presentan a continuación son sin duda una fuerte subestimación del total real. Sin embargo, puede señalarse que hay más de 558 especies de plantas vasculares (524 identificadas, apéndice 6), de las cuales cerca de 40% son endémicas de Megaméxico; de éstas, 12 especies son endémicas a Oaxaca, y 27 a la región Mixteca-Chocholteca o del valle de Tehuacán-Cuicatlán. En este sentido, la sabana de encino (aunque aún poco estudiada) presenta la mayor proporción de especies endémicas del estado y de dicho valle, mientras que el pastizal de *Aristida* tiene la menor (figura 5).

Entre los mamíferos, los más abundantes son las liebres (*Lepus callotis*), los conejos (*Sylvilagus floridanus*) y diversas especies de ratones, entre las cuales predomina el género *Peromyscus* (Cruz-Cisneros y Rzedowski 1980).

Estos roedores son la base de la alimentación de los carnívoros como coyotes (*Canis latrans*) y zorras grises (*Urocyon cinereoargenteus*), así como diferentes serpientes de cascabel (*Crotalus* sp., *C. ravus*, *C. intermedius*) que mantienen una población sustancial alrededor del pastizal. Se encuentran otros mamíferos como zorrillos (*Mephitis* sp.) y armadillos de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*); y reptiles como las tortugas casquito (*Kinosternon integrum*).

Hay también una gran variedad de aves rapaces, de las cuales destaca el águila real (*Aquila chrysaetos*; Anónimo 2018). Esta especie sólo puede cazar en espacios abiertos debido a que sus alas extendidas miden más de 2 m (Watson 2010); por ello, su supervivencia depende en gran medida de la persistencia del pastizal (Watson 1992). Otras aves conspicuas incluyen a los cuervos (*Corvus corax*), el aguililla de cola roja (*Buteo jamaicensis*), los quebrantahuesos (*Caracara cheriway*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), los cardenalitos (*Pyrocephalus rubinus*) y la chara de collar (*Aphelocoma woodhouseii*).

Por otra parte, se registran al menos 20 especies bajo algún tipo de protección dentro de la NOM-059 (cuadro 2; SEMARNAT 2010). Además de dichas especies, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza incluye en su Lista Roja, al maguey *Agave macroacantha*, a la pata de elefante *Beaucarnea purpusii* y a la biznaga *Mammillaria hernandezii* como especies en peligro, además de otras seis especies como vulnerables (apéndice 6).

Manejo histórico

Los pastizales de *Bouteloua* tienen suelos demasiado delgados como para permitir la agricultura. Por ello, el cultivo en la zona se desarrolló en barrancas estrechas mediante la construcción de terrazas conocidas como lama-bordos, los cuales atajan y retienen el suelo que acarrea el agua que va rellenando la terraza. Se especula que en tiempos precolombinos se aceleraba el llenado aflojando el suelo ladera arriba para provocar su erosión (Spores 1969), práctica documentada en la actualidad en San Francisco Teopan. Es quizá debido a esta práctica que en el pastizal de *Bouteloua* se observan grandes áreas de roca desnuda donde hay lama-bordos, lo que sugiere una fuerte destrucción de suelos que comenzó con los primeros pobladores del pastizal.

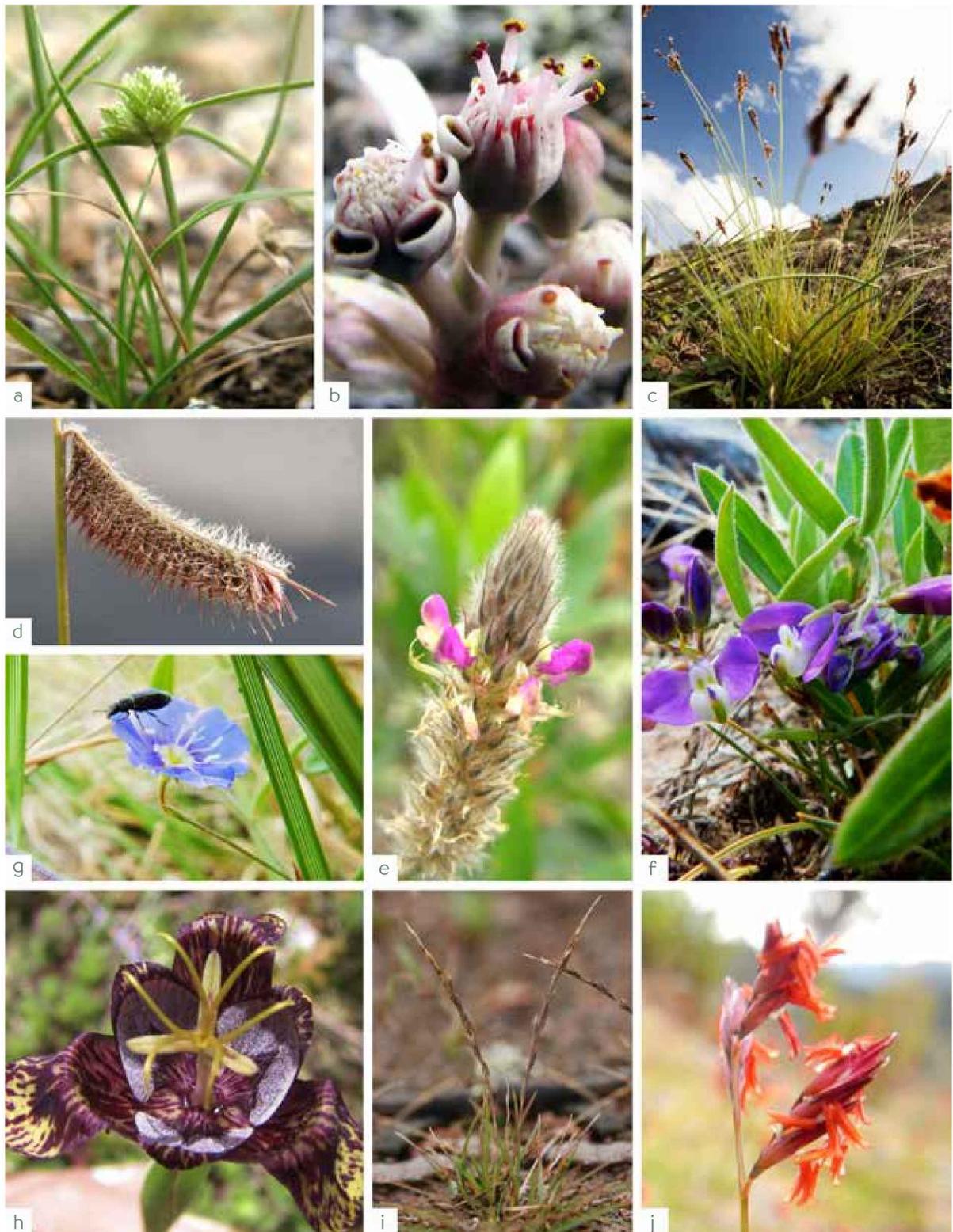


Figura 3. Algunas especies del pastizal de *Bouteloua*: a) *Cyperus seslerioides*; b) *Euphorbia radians*; c) *Bulbostylis tenuifolia*; d) *Bouteloua hirsuta*; e) *Dalea sericea*; f) *Hebecarpa obscura*; g) *Evolvulus alsinoides*; h) *Tigridia bicolor*; i) *Tripogon spicatus*; j) *Bouteloua chondrosioides*. Fotos: Carlos Martorell (a, b, d, e, f, g, h, i, j), Luis Boullosa (c).

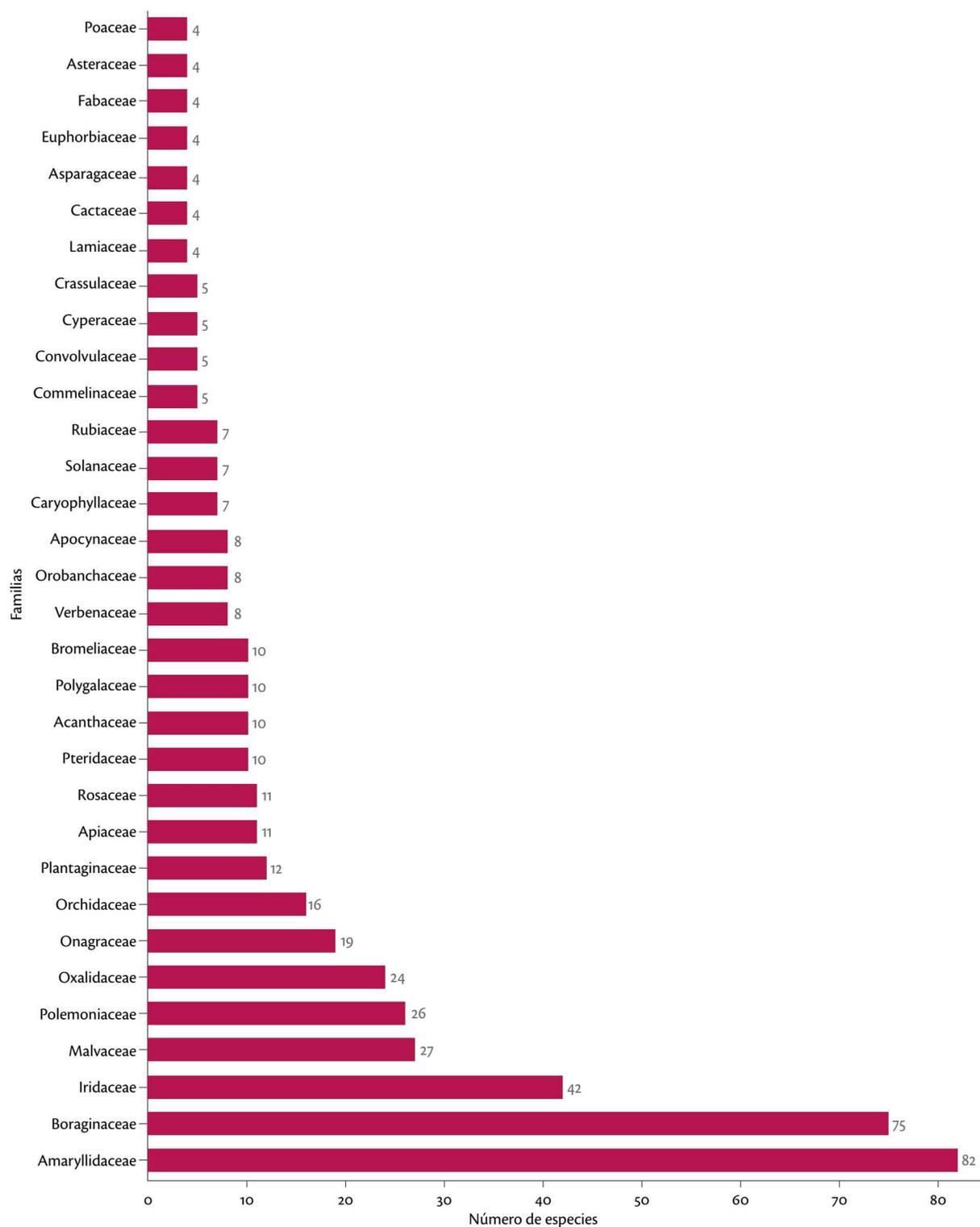


Figura 4. Riqueza de especies en las familias más diversas en el pastizal. Fuente: elaboración propia.

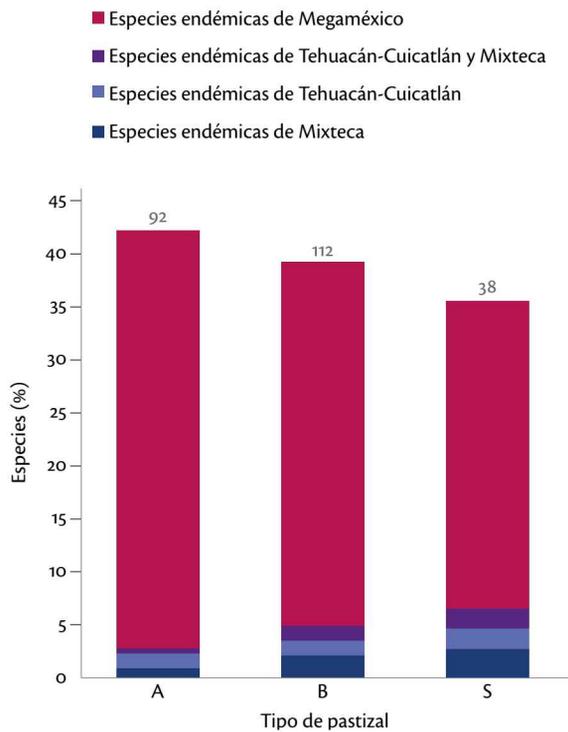


Figura 5. Proporción de especies endémicas en los pastizales de *Aristida* (A), de *Bouteloua* (B), o sabana de encino (S). Se indica el número total de especies endémicas sobre la barra. No se incluyen 30 especies endémicas reportadas por Weller (2010 a, b) para las que no se indica el tipo de pastizal. Fuente: elaboración propia.

Por el contrario, en los pastizales de *Aristida* los suelos son más profundos, con más materia orgánica, donde es posible desarrollar la agricultura. Es difícil establecer hasta qué punto la vegetación de una zona dentro del pastizal de *Aristida* ha sido alterada por la agricultura, y es probable que los 50 km² reportados incluyan campos abandonados. Asimismo, puede ser que la agricultura también sea responsable, al menos en parte, de la presencia de grandes cárcavas erosionadas en este tipo de pastizal.

Con los europeos llegó el ganado, y los pastizales cobraron un valor sin precedentes. La región Mixteca-Chocholteca adoptó la ganadería rápidamente (Romero Frizzi 1996). El cacique de Tepelmeme solicitó en 1617 una estancia para criar ganado al virrey, y en el mapa acompañante se dibujaron las briznas de pasto que cubrían el terreno solicitado (figura 6). De pronto, la gente descubrió la importancia económica del pastizal para la crianza del ganado.

Cuadro 2. Especies de flora y fauna en los pastizales chocholtecos en alguna categoría de la NOM-059.

Nombre científico	Nombre local	Categoría
Plantas		
<i>Brahea dulcis</i> *	Palma	Pr
<i>Callochortus nigrescens</i> *		Pr
<i>Coryphantha retusa</i> *	Biznaga	Pr
<i>Dasyllirion acrotrichum</i> *	Machiche o cucharita	A
<i>Echeveria longissima</i>	Farolito	A
<i>E. setosa</i>	Siemprevivas	P
<i>Mammillaria dixanthocentron</i> *	Biznaga	Pr
<i>M. hernandezii</i> *	Biznaga	Pr
<i>M. kraehenbuehlii</i> *	Biznaga	Pr
<i>M. zephyranthoides</i> *	Biznaga	A
<i>Tigridia bicolor</i> *		Pr
Animales		
<i>Aquila chrysaetos</i>	Águila real o aguilón	A
<i>Crotalus ravus</i> *	Cascabel	A
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Pr
<i>Kinosternon integrum</i> *	Tortuga casquito	Pr
<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón de campo	A
<i>Phrynosoma orbiculare</i> *	Camaleón	A
<i>Salvadora intermedia</i> *	Corredora	Pr
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija	Pr
<i>Sceloporus megalepidurus</i> *	Lagartija	Pr

*Endémica. Pr: sujeta a protección especial; A: amenazada; P: en peligro de extinción. Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010.

La ganadería probablemente trajo consigo un fuerte impacto ambiental. En la región de Coixtlahuaca hay depósitos de suelos antiguos que evidencian fuertes procesos erosivos ocurridos en el siglo XVI (Rincón Mautner 1999). Lo anterior puede ser el resultado de la enorme cantidad de animales domésticos en la región (Romero Frizzi 1996). Sin embargo, es posible que el descuido y derrumbe de las terrazas de cultivo, ligados al dramático descenso poblacional causado por las epidemias del siglo XVI y la consecuente falta de mano de obra para darles mantenimiento, fuese también una de las fuentes de esos viejos depósitos de suelo (Mueller *et al.* 2012).

A partir del siglo XVII, la subsistencia de los chocholtecos dependió en gran medida de la ganadería (Romero Frizzi 1996), aunque ésta fue menos intensiva que en el siglo anterior. Sin embargo, los pastizales siguieron recibiendo anualmente a las haciendas volantes, que traían desde la costa a decenas de miles de cabras en su camino hacia la matanza en Tehuacán. Estas haciendas rentaban

cifra que disminuyó dramáticamente en 2007 a 14 mil; específicamente, la cantidad de vacas disminuyó a la mitad y la de cabras cayó 63% (cuadro 3; INEGI 1994, 2012). La reducción generalizada en la cantidad de ganado se refleja en la vegetación (observación personal), y quizá se acerca a una cifra más sostenible que provoca menos erosión; sin embargo, hacen falta datos sólidos.

Mitos modernos y destrucción acelerada

A pesar de su extraordinario valor biológico, los pastizales chocholtecos se están destruyendo por la percepción errónea de que no son sistemas naturales, sino que provienen de la degradación de bosques antiguos. Lo anterior ha llevado a una fuerte campaña de siembra de árboles: tan sólo en Tepelmeme se sembraron más de 1 500 ha de pinos en la última década, que representa 30% de la superficie remanente del pastizal de *Aristida*. También fueron aforestadas¹ áreas grandes de éste en otros municipios, por lo que probablemente se ha perdido al menos la mitad del área de este pastizal; de igual forma en los últimos años se ha perdido ~12% del pastizal de *Bouteloua*. El único beneficio de esta actividad es que representa ingresos a los pobladores; sin embargo, la aforestación indiscriminada ocasiona problemas en:

- Agua. Las autoridades federales y los pobladores están convencidos de que los árboles significarán más agua para la gente. Sin embargo, la disponibilidad de dicho líquido se reduce en promedio en 40 mm por cada 10% de superficie aforestada (Bosch y Hewlett

1982). Esto equivale a una reducción entre 5 y 10% en el agua disponible considerando la precipitación histórica en la región Chocholteca. La conclusión es clara: la aforestación es uno de los procesos que ponen en mayor riesgo la seguridad de los recursos hídricos (Bosch y Hewlett 1982).

- Plantas nativas y fauna. Con esta práctica se elimina casi en su totalidad a las plantas nativas de la región, que no pueden crecer bajo la sombra, lo que implicaría la extinción de las especies endémicas; además impide a las aves rapaces conseguir su alimento (Watson 1992).
- Suelo. Esta actividad promueve el proceso de roturado del suelo, lo que implica una pérdida de entre 100 y 200 t/ha de suelo (Cotler *et al.* 2015). La gente de la zona reporta que tras las aforestaciones los ríos se volvieron temporalmente negros por el suelo que arrastran. Finalmente, los pinos introducen cambios importantes en la química del suelo, siendo el más notable su acidificación y la pérdida de fertilidad (Berthrong *et al.* 2009).

Como se señaló anteriormente, es probable que la ganadería sea responsable, en parte, de la grave erosión que hay en la región, pero también mantiene su diversidad biológica. No obstante, en la última década el ganado se ha excluido de grandes extensiones del pastizal para proteger a las aforestaciones, lo que acarrea dos problemas. Primero, la eliminación del ganado significa la pérdida de especies y provoca una disminución de diversidad en los pastizales, especialmente cuando

Cuadro 3. Cabezas de ganado por municipio de acuerdo con los censos agrícolas y ganaderos de 1991 y 2007.

Municipio	1991			2007		
	Bovino	Ovino	Caprino	Bovino	Ovino	Caprino
Concepción Buenavista	1 057	1 158	3 414	454	1 018	1 118
Magdalena Jicotlán	41	144	269	25	132	165
San Francisco Teopan	385	404	1 224	223	688	296
San Mateo Tlapiltepec	76	265	602	22	130	276
San Miguel Tequixtepec	427	352	1 864	149	675	1 172
Ihuitlán Plumas	43	373	225	127	971	86
Tepelmeme	680	2 084	8 606	285	2 590	3 020
Tlacotepec Plumas	188	326	435	157	323	98
Total	2 897	5 106	16 639	1 442	6 527	6 231

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1994, 2012.

¹ La aforestación se refiere a sembrar árboles donde nunca hubo un bosque.

hay pastos altos que compiten con las demás especies por luz y espacio (Milchunas *et al.* 1988, Cingolani *et al.* 2005). Los pastizales chocholtecos, donde se eliminó el ganado, se encuentran invadidos por dos pastos exóticos: *Muhlenbergia rigida* y *Melinis repens*, que son plantas de talla grande que producen sombra densa e impiden a las nativas el acceso a la luz, eliminándolas del pastizal. Lo anterior no sucede cuando el ganado está presente, debido a que controla las especies exóticas.

Segundo, al excluir al ganado de buena parte de los pastizales, éste debe concentrarse en áreas más pequeñas, lo que resultaría en una densificación del pastoreo que puede ser nociva, iniciando ciclos de erosión semejantes a los ocurridos en el pasado. Además, al dejar sin pastura al ganado se elimina la fuente de ingresos de muchos habitantes de la región.

Acciones para la conservación

Si se mantiene el ritmo actual de destrucción, para 2030 prácticamente toda la superficie ocupada por los pastizales chocholtecos habrá desaparecido. Por lo tanto, urge hacer un inventario detallado de la biota que se encuentra en estos ecosistemas. Las sabanas de encino requieren especial atención dado su porcentaje aparen-

temente alto de especies endémicas y amenazadas. La acción de manejo más apremiante es el cese inmediato de las aforestaciones que no sólo ponen en riesgo a la diversidad, sino también al abasto de agua para los asentamientos humanos.

La conservación de los suelos y el manejo apropiado del agua dependen mucho más de la cobertura vegetal que de obras como zanjas, bordos o tinas ciegas (UNEP 2002). En el pastizal de *Bouteloua*, una mayor cobertura vegetal implica la conservación de agua en el suelo por mayor tiempo (Villarreal-Barajas y Martorell 2009). Algunas experiencias en otras regiones sugieren que los pastos del género *Bouteloua* son excelentes para controlar la erosión (Anderson 2003, Shearman *et al.* 2004, Michaelides *et al.* 2009); por lo tanto, aumentar y mantener la cobertura del pastizal pueden ser prometedoras para revertir el daño ambiental provocado en la región.

La conservación del pastizal no está en conflicto con las actividades productivas, por el contrario, las requiere, sin embargo, es necesario determinar la cantidad de cabezas de ganado que pueden mantenerse por hectárea de pastizal sin provocar su deterioro. El manejo adecuado del pastizal conserva la diversidad y ofrece además sustento a los pueblos chocholtecos.

Referencias

- Anderson, M.D. 2003. *Bouteloua gracilis*. Fire effects information system. En: <<https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/bouteloua/all.html>>, última consulta: 6 de junio de 2020.
- Anónimo. 2018. Avistan águila real en la Reserva de la Biosfera. En: <<http://www.milenio.com/estados/avistan-aguila-real-en-la-reserva-de-la-biosfera>>, última consulta: 6 de noviembre de 2018.
- Berthrong, S.T., E.G. Jobbágy y R.B. Jackson. 2009. A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications* 19:2228-2241.
- Bosch, J.M. y J. Hewlett. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 55:3-23.
- Cingolani, A.M., I. Noy-Meir y S. Díaz. 2005. Grazing effects on rangeland diversity: a synthesis of contemporary models. *Ecological Applications* 15:757-773.
- Cotler, H., S. Cram, S.M. Trinidad y V. Bunge. 2015. Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trincheras. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía-UNAM* 2015:6-18.
- Cruz-Cisneros, R. y J. Rzedowski. 1980. Vegetación de la Cuenca del río Tepelmeme, Alta Mixteca, Estado de Oaxaca, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México* 22:19-84.
- Dehouve, D., R. Cervantes-Delgado y U. Hvilshøj. 2004. *La vida volante: pastoreo trashumante en la Sierra Madre del Sur, ayer y hoy*. Jorale/ Universidad Autónoma de Guerrero, México.
- Guerrero-Arenas, R. y E. Jiménez-Hidalgo. 2015. Las comunidades del pleistoceno tardío de la Mixteca Alta oaxaqueña: cómo el pasado nos permite conservar el presente. En: *El pasado lejano de la Mixteca*. R. Ortiz-Escamilla (ed.). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, pp. 25-38.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1994. *Resultados definitivos VII censo agrícola-ganadero*. INEGI, Aguascalientes.

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2012. *Censo agrícola, ganadero y forestal 2007*. En: <<https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/>>, última consulta: 15 de junio de 2020.
- Martorell, C., V. Zepeda, A. Martínez-Blancas *et al.* 2017. A diversity world record in a grassland at Oaxaca, Mexico. *Botanical Sciences* 95:1-7.
- Michaelides, K., D. Lister, J. Wainwright y A.J. Parsons. 2009. Vegetation controls on small-scale runoff and erosion dynamics in a degrading dryland environment. *Hydrological Processes: An International Journal* 23:1617-1630.
- Milchunas, D., O. Sala y W.K. Lauenroth. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist* 132:87-106.
- Mueller, R.G., A.A. Joyce y A. Borejsza. 2012. Alluvial archives of the Nochixtlan valley, Oaxaca, Mexico: age and significance for reconstructions of environmental change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 321:121-136.
- Pedraza, F. 2016. *Efecto del estrés y el disturbio sobre la distribución de especies herbáceas del pastizal semiárido de Concepción Buenavista, Oaxaca, México: los límites del triángulo de Grime*. Tesis de licenciatura. UNAM, México.
- Rincón Mautner, C. 1999. *Man and the environment in the Coixtlahuaca basin of northwestern Oaxaca, Mexico*. Tesis de doctorado. University of Texas, Austin.
- Romero Frizzi, M.Á. 1996. *El sol y la cruz: los pueblos indios de Oaxaca colonial*. CIESAS/INPI, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Shearman, R.B.C., T.P. Riordan y P.G. Johnson. 2004. Buffalograss. *Crop Science Society of America Agronomy Monograph* 45:1003-1026.
- Spores, R. 1969. Settlement, farming technology, and environment in the Nochixtlan Valley. *Science* 166:557-569.
- UNEP. United Nations Environmental Program. 2002. *Global environment outlook 3. Past, present and future perspectives*. Earthscan, Londres.
- Ureta, C. y C. Martorell. 2009. Identifying the impacts of chronic anthropogenic disturbance on two threatened cacti to provide guidelines for population-dynamics restoration. *Biological Conservation* 142:1992-2001.
- Ureta, C., C. Martorell, J. Hortal y J. Fornoni. 2012. Assessing extinction risks under the combined effects of climate change and human disturbance through the analysis of life-history plasticity. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 14:393-401.
- Villarreal-Barajas, T. y C. Martorell. 2009. Species-specific disturbance tolerance, competition and positive interactions along an anthropogenic disturbance gradient. *Journal of Vegetation Science* 20:1027-1040.
- Watson, J. 1992. Golden Eagle *Aquila chrysaetos* breeding success and afforestation in Argyll. *Bird Study* 39:203-206.
- . 2010. *The golden eagle*. T&AD Poyser, Londres.
- Weller, S.A. 2010a. *Plantas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Vol. I: especies de Puebla*. Peace Corps México/USAID, México.
- . 2010b. *Plantas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Vol. II: Oaxaca y otras especies de Puebla*. Peace Corps México/USAID, México.
- Wilson, J.B., R.K. Peet, J. Dengler y M. Pärtel. 2012. Plant species richness: the world records. *Journal of Vegetation Science* 23:796-802.