



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD VEGETAL DE
CUATRO ZONAS DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA
SUJETAS A DISTURBIO EN EL EJIDO SAN JOSÉ
TILAPA, COXCATLÁN, PUEBLA (MÉXICO)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G A
P R E S E N T A:**

ADRIANA HERNÁNDEZ TREJO



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. ZENÓN CANO SANTANA**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Hernández
Trejo
Adriana
6277 6998
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
306112829

2. Datos del tutor

Dr.
Zenón
Cano
Santana

3. Datos del sinodal 1

Dra.
Rosa Irma
Trejo
Vázquez

4. Datos del sinodal 2

Dr.
Pedro Eloy
Mendoza
Hernández

5. Datos del sinodal 3

Biól.
Noé
Flores
Hernández

6. Datos del sinodal 4

M. en C.
Iván Israel
Castellanos
Vargas

7. Datos del trabajo escrito

Estructura de la comunidad vegetal de cuatro zonas de selva baja caducifolia sujetas a disturbio en el Ejido San José Tilapa, Coxcatlán, Puebla (México). 86 p. 2017.

*A mis padres, Ana y Adrián por darme la vida y su apoyo incondicional desde el
comienzo.*

A mis hermanos Ari e Ivan por su ejemplo y todo su amor.

*A Sofía y Miranda por todo el amor que pueden llegar a inspirar seres tan
pequeñitos.*

A Boris, por creer en mí y ser mi apoyo siempre.

Los amo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	3
I. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Los disturbios.....	5
1.2 Las comunidades vegetales ante el disturbio.....	7
1.2.1 Los disturbios y las estrategias de vida en plantas.....	7
1.2.2 Pastoreo por ganado en zonas áridas.....	8
1.3 Las Selvas Bajas Caducifolias en México.....	9
1.4 Antecedentes y justificación.....	11
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	18
III. MÉTODOS	19
3.1 Sitio de estudio.....	19
3.2 Métodos.....	20
3.2.1. Selección de sitios.....	20
3.2.2. Estructura de la comunidad vegetal, disturbio por ganado y suelo desnudo.....	22
3.2.3. Análisis de datos.....	23
IV. RESULTADOS	25
4.1. Riqueza, diversidad y dominancia.....	25
4.2. Estructura de la comunidad vegetal.....	27
4.2.1. Análisis general.....	27
4.2.2. Estructura de la comunidad en la época de lluvias.....	29
4.2.3. Estructura de la comunidad en la época de secas.....	29

4.2.4. Curvas rango-cobertura relativa.....	30
4.3. Medidas de disturbio y su relación con la vegetación.....	32
4.3.1. Variación espacial y temporal de las medidas de disturbio.....	32
4.3.2. Correlaciones disturbio vs cobertura relativa en lluvias.....	34
4.3.3. Correlaciones disturbio vs cobertura relativa en secas.....	40
4.4. Similitud.....	41
V. DISCUSIÓN.....	45
5.1. Los disturbios en la zona.....	45
5.2. Medidas de disturbio.....	46
5.2.1. Incidencia de caminos y depósito de heces de ganado c.....	46
5.2.2. Fracción de suelo desnudo.....	47
5.2.3. Disturbio global.....	47
5.3. Efecto de la ganadería caprina sobre las comunidades vegetales.....	48
5.4. El problema del ganado caprino.....	51
5.5. Variación espacial de la comunidad vegetal.....	53
5.6. Variación temporal de la comunidad vegetal.....	55
5.7. Propuesta de restauración ecológica.....	56
5.8. Implicaciones del estudio.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	61
LITERATURA CITADA.....	63
APÉNDICE 1	75
APÉNDICE 2.....	79
APÉNDICE 3.....	82

APÉNDICE 4.....85

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la vida por permitirme disfrutar de este momento.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México, por la valiosa oportunidad de cursar mis estudios en ella, fundamentalmente en la extraordinaria Facultad de Ciencias, por todo el aprendizaje tanto académico como personal que adquirí a lo largo de este tiempo. Ha sido de las experiencias más afortunadas.

Así mismo, de manera muy especial quiero agradecer el apoyo que me brindó mi querido Dr. Zenón Cano Santana, director de esta tesis, desde que llegué a su grupo de trabajo. Gracias profe por su infinita paciencia y empatía conmigo. Sus consejos, ayuda, enseñanza y, sobre todo, su motivación han contribuido en gran medida a mi formación en muchos aspectos. Me siento profundamente agradecida y afortunada de haber tenido el gusto de ser su alumna. Siempre todo mi cariño y respeto sincero.

Agradezco de manera particular al Dr. Rafael Lira Saade y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por la oportunidad de colaborar en el *MGU Useful Plants Project* en México a través del Departamento de Semillas de Kew para la Naturaleza y por el financiamiento brindado para la realización de este trabajo.

De igual manera extendiendo un sensible agradecimiento a los sinodales, la Dra. Irma Trejo Vázquez, el Dr. Pedro Eloy Mendoza Hernández, el Biól. Noé Flores y el M. en C. Iván Castellanos Vargas, que con sus comentarios y sugerencias contribuyeron ampliamente a la mejoría de este trabajo; de manera muy especial éste último por su valiosa ayuda técnica tanto en campo como en laboratorio.

Así mismo también agradezco al Biól. Héctor Cervantes y Martín López por la identificación de ejemplares en campo y laboratorio. Gracias también a mis compañeros y amigos Citlali e Isaí por su ayuda, pero también por su compañía y buen ánimo.

De igual forma, agradezco ampliamente toda la enseñanza que me brindaron los profesores del Taller de Ecología Terrestre y Manejo de Recursos Bióticos, así como todo el apoyo del grupo de trabajo del Laboratorio de Interacciones y Procesos Ecológicos de esta Facultad.

No puedo dejar de agradecer a mi familia todo el apoyo y comprensión, no sólo durante la realización de esta tesis, sino a lo largo de toda la carrera, y sobre todo por todo el amor y el cariño de siempre. Son parte esencial de mi vida. Los amo a todos, porque sin ustedes nada hubiera logrado. A mis padres gracias por el esfuerzo para que pudiera llegar a este momento. Lo valoro muchísimo. A mis hermanos Ari e Ivan les agradezco que siempre, y pese a la distancia hayan estado presentes y sean unos pilares fundamentales de mi vida. Gracias por todos sus consejos y por lo que han compartido conmigo desde siempre. La vida no será la misma sin ustedes. Les agradezco también el regalo de vivir llenos de alegría acompañados por dos angelitos: Sofi y Miri. A mi Boris le ofrezco toda mi gratitud por ser mi motor, mi mejor amigo y mi mayor cómplice en la vida. Por sus consejos y enseñanzas, por compartir conmigo cosas tan lindas. Eres un sueño hecho realidad. Te amaré por siempre.

Por último agradezco a todas las personas que sin haberlos mencionado, los conocí a lo largo de la carrera y me brindaron su amistad. También agradezco a mis amigos con los que cuento desde antes. Gracias a todos ellos por haber sido y seguir siendo parte importante de mi vida. Los quiero a todos.

Hernández-Trejo, A. 2017. Estructura de la comunidad vegetal de cuatro zonas de selva baja caducifolia sujetas a disturbio en el Ejido San José Tilapa, Coxcatlán, Puebla (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 86 pp.

RESUMEN

Las actividades antrópicas son consideradas como la causa principal de disturbios en los ecosistemas, tal como en el caso del sobrepastoreo por herbívoros domesticados, los cuales pueden causar cambios drásticos en la estructura de las comunidades vegetales, incluyendo las selvas bajas caducifolias. En este trabajo se analiza la estructura de la comunidad vegetal y los niveles de disturbio por ganado caprino en cuatro sitios de selva baja caducifolia del Ejido San José Tilapa, Puebla en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán: Guadalupe Victoria, San Rafael y dos sitios adyacentes a la Presa Purrón (un exbasurero y un sitio semiconservado de referencia). El sitio ExBasurero es un sitio muy afectado por la explotación de yeso y la acumulación y posterior retiro de desechos. Se establecieron, en cada localidad, tres parcelas de 20 m × 20 m en las cuales se registró la cobertura de cada especie vegetal en todos los estratos, los parches con depósitos de pastillas fecales y el área de los caminos, ambos originados por cabras, y se cuantificó la superficie de suelo desnudo con cinco líneas de Canfield de 20 m. El muestreo se hizo durante una temporada de lluvias (septiembre de 2012) y una temporada de secas (marzo de 2013). Se encontraron un total de 90 especies, la mayoría de las cuales se registraron en lluvias. Las parcelas variaron en riqueza vegetal de 35 a 56 especies en lluvias y 18 a 34 especies en secas. Las especies dominantes en la zona fueron, en general: *Mimosa luisana*,

Acacia cochliacantha y *Prosopis laevigata*. La principal forma de crecimiento en el Ejido, de acuerdo con la cobertura relativa promedio de las temporadas, fueron los árboles (57.1%), seguido de las hierbas (18.2%), los arbustos (15.3%) y las suculentas (9.4%), mientras que de acuerdo a la riqueza relativa de las especies dominaron las hierbas (31.1%), seguidas de los árboles (28.9%), en tercer lugar los arbustos (23.3%) y por último las suculentas (16.7%). Los valores de fracción de área con suelo desnudo y caminos de ganado variaron tanto espacial como temporalmente (1-54.6%, 0-26.9%, respectivamente), en tanto que la fracción de área cubierta por el depósito de heces sólo varió espacialmente (0-9.3%). El sitio Referencia fue el que registró el valor más bajo de cobertura de suelo desnudo (11.8 % en promedio). El sitio con mayor riqueza fue San Rafael (22.7 especies en promedio). El ExBasurero registró 14.3 especies, así como los valores más altos de suelo desnudo (48.8% en promedio). El sitio más afectado por ganado fue Guadalupe Victoria con un área relativa de caminos realizados por ganado de 18.4% y un 5.6% de terreno afectado con depósito de heces (datos promedio de las dos temporadas). Si bien el principal factor de disturbio en el Ejido San José Tilapa es el sobrepastoreo por ganado caprino, también existe la presencia de ganado vacuno y ovino, así como el paso de los pobladores por la zona en vehículos particulares, acciones que contribuyen al deterioro del paisaje natural. Para restaurar la zona se sugiere limitar el movimiento de ganado para favorecer la activación del banco de semillas y favorecer la supervivencia de plántulas en los sitios afectados para que, de manera paulatina, pueda restablecerse el proceso de sucesión ecológica y la recuperación de las comunidades vegetales.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Los disturbios

Los ecosistemas experimentan cambios constantes, algunos drásticos y otros paulatinos, esto se atribuye al hecho que los disturbios forman parte de su dinámica natural (Pickett y White, 1985; Sánchez, 2005). Un disturbio es cualquier evento discreto o continuo que trastorna la estructura de una población, comunidad o ecosistema cambiando la disponibilidad de recursos incluyendo el sustrato, así como el ambiente físico, abriendo espacios disponibles para su colonización (Pickett y White, 1985). Los disturbios presentan variación a nivel temporal y espacial, así como en su frecuencia e intensidad (Turner *et al.*, 1998; Laska, 2001). Estos dos últimos atributos suelen estar relacionados de manera inversa (White y Jentsch, 2001), lo que permite caracterizar al disturbio como crónico o agudo, siendo el primero un fenómeno con eventos frecuentes, pero de pequeña magnitud, mientras que el segundo ocurre de manera rara pero con una mayor intensidad.

Los agentes de disturbio pueden ser naturales, como los incendios provocados por rayos, las inundaciones provocadas por las tormentas, las sequías, las heladas, las tormentas, las heladas y los deslaves (Sousa, 1984); o antrópicos, éstos por su origen se clasifican a su vez en físicos, biológicos y químicos (Rapport y Whitford, 1999; Shea *et al.*, 2004). Los disturbios de origen físico, incluyen la reestructuración física del ambiente, por ejemplo, los incendios provocados, la generación energía para iluminación y el ruido (Rapport y Whitford, 1999). Los biológicos tienen que ver con la introducción de especies exóticas y las invasiones (Shea *et al.*, 2004). Y los de origen químico que incluyen los efectos de las descargas de sustancias tóxicas al ambiente (Vega y Peters, 2007).

Se ha demostrado que las alteraciones relativamente pequeñas (causadas por disturbios agudos) pero frecuentes y/o continuas pueden ser absorbidas o reparadas de manera

autónoma y eficaz por un ecosistema dado (Wu y Loucks, 1995). Éste puede reorientarse hacia una trayectoria similar a la inmediata anterior al disturbio (resiliencia), lo cual permite que los ecosistemas tengan un cierto grado de estabilidad (Wu y Loucks, 1995); pero cuando la extensión, magnitud y recurrencia de las alteraciones son mayores, se rompe la resistencia, de modo que las capacidades de resiliencia se tornan insuficientes (Sánchez, 2005). En consecuencia, el deterioro ambiental puede ser visto como la transformación de un hábitat por la reducción o pérdida total de sus propiedades físicas y biológicas, lo cual causa un empobrecimiento en los servicios ecosistémicos que provee a la sociedad (Wu y Loucks, 1995).

Para poder describir el régimen de disturbio al que se encuentra sujeto un ecosistema, Sousa (1984) toma en cuenta las siguientes características: *i)* área de extensión; *ii)* magnitud (que incluye la intensidad [i.e., la fuerza del disturbio] y la severidad [i.e., el daño que ocasiona el disturbio]); *iii)* la frecuencia, que es el número de disturbios en determinado tiempo, y que se puede expresar como recurrencia (el tiempo promedio entre dos eventos) o como frecuencia regional (el número total de eventos en cierto tiempo en un área determinada); y *iv)* predictibilidad, que es la medida de la varianza del tiempo medio entre disturbios. Las variables anteriores permiten evaluar el régimen de disturbio bajo la salvedad de que también forma parte o es un componente de la comunidad, si el evento se repite en poco tiempo y deja grandes daños, la tasa de recuperación se puede ver severamente disminuida e incluso puede decrecer su diversidad (Hobbs y Huenneke, 1992). La evaluación del régimen de disturbio, también puede arrojar que éstos eventos, naturales o antrópicos, bajo ciertas consecuencias tengan beneficios del disturbio en un ecosistema, ya que puede darse una mayor disponibilidad de nutrientes o algunas especies pueden depender de estos disturbios para su éxito reproductivo (Hobbs, 2001).

Se ha planteado también otra hipótesis sobre el disturbio intermedio (HDM) donde la idea es de que con un nivel medio de disturbio es posible que coexista un mayor número de especies en un ecosistema alcanzando un pico de diversidad, ya que un disturbio de intensidad alta causaría que pocas especies sobrevivieran, y un disturbio de intensidad baja haría que las especies más competitivas desplacen a otras (Hobbs y Huenneke, 1992).

1.2. Las comunidades vegetales ante el disturbio

Uno de los disturbios antropogénicos muy común en zonas áridas y semiáridas es el sobrepastoreo por herbívoros domesticados, que en ocasiones, junto con los herbívoros silvestres, pueden causar cambios drásticos en la estructura de la vegetación (Fleischner, 1994).

1.2.1. Los disturbios y las estrategias de vida en plantas. Los factores externos que limitan la cantidad de materia viva presente en un ambiente determinado pueden ser clasificados en dos categorías (Grime 2001). La primera, puede ser definida como estrés (o rigor ambiental), el cual consiste en cualquier fenómeno que disminuya la producción fotosintética debido a alteraciones en el suministro de materia y energía. La segunda, incluye los disturbios, los cuales están asociados a la destrucción parcial o total de la biomasa vegetal por la acción de herbívoros, agentes patógenos, erosión del suelo y fuego, entre otros.

En ambientes con disturbios de gran envergadura, los efectos del estrés son continuos y severos de modo que impiden la rápida recuperación y el restablecimiento de la vegetación. Sin embargo, éstas presiones de selección han contribuido, a través de la evolución a la aparición de las estrategias de establecimiento de las plantas; que han sido identificadas en tres tipos de grupos de plantas: *i*) competidoras, que se encuentran en

ambientes con bajo estrés y bajo disturbio; *ii*) tolerantes al estrés, que habitan en condiciones de elevado estrés y bajo disturbio; y *iii*) las ruderales, que están adaptadas a condiciones de bajo estrés y altos niveles de disturbio (Grime 2001).

1.2.2. Pastoreo por ganado en zonas áridas. La principal forma de aprovechamiento de las zonas áridas es la ganadería y esto se atribuye a las condiciones climáticas y fisiográficas que prevalece en su territorio (Hernández, 2001). Sin embargo, la ganadería representa un peligro potencial para la persistencia de las poblaciones que integran a las comunidades vegetales, ocasionando un mayor deterioro por las condiciones de sequía, favoreciendo que los suelos se compacten y disminuya drásticamente la disponibilidad de agua y otros recursos necesarios para las plantas nativas (Martorell y Peters, 2005). A esta degradación del medio, el aumento de la aridez y la erosión causadas por las actividades humanas, y por diversos cambios en el clima en zonas secas se les conoce como desertificación. Este es uno de los problemas ambientales más relevantes en el mundo moderno, pues provoca una disminución en la cobertura vegetal que a su vez disminuye la capacidad de los suelos productivos para sostener a la vegetación (CNULD, 2003). En este sentido, la degradación de la vegetación natural debida a sobrepastoreo es notoria en casi todas las zonas áridas. Por ejemplo, en el suroeste de Tamaulipas y zonas adyacentes de San Luis Potosí y Nuevo León, el libre pastoreo, principalmente con ganado caprino, afecta notoriamente la comunidad vegetal original, favoreciendo el desarrollo y la dominancia de plantas de rápido crecimiento, por lo que en poco tiempo aumentan sus densidades, pues se ven favorecidas por la disminución de la competencia de plantas que son más apreciables para el ganado, como *Larrea divaricata* (Zygophyllaceae), las cactáceas *Opuntia imbricata* y *O. tunicata*, las asteráceas *Flourensia cernua* y *F. laurifolia*; *Karwinskia humboldtiana* (Rhamnaceae), *Jatropha dioica* (Euphorbiaceae), *Zaluzania augusta* (Asteraceae) y

Koeberlinia spinosa (Capparaceae) (INEGI, 2011). Bajo esta premisa, sería esperable que en otras zonas áridas de México pudiera presentarse el mismo efecto.

1.3. Las selvas bajas caducifolias en México

La principal característica de la selva baja caducifolia (SBC) (Miranda y Hernández-X, 1963), también nombrado bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978), es que hay una estacionalidad muy marcada a lo largo del año, registrándose una temporada lluviosa y una seca (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1978; Trejo, 1998). El número de meses secos consecutivos varía de cinco a ocho, momento en el que la mayoría de los componentes de la comunidad vegetal pierden sus hojas, siendo los meses de diciembre a mayo los más áridos (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1978; Fig. 1.1).

Este ciclo anual ha favorecido la presencia de estrategias estacionales en las plantas y los animales (Bullock *et al.*, 1995) e incluso estas variaciones ambientales permiten el desarrollo de especies con distintas estrategias de vida (Diamond, 1988).

Este tipo de vegetación es característico de la vertiente pacífica de México, donde cubre grandes extensiones prácticamente ininterrumpidas desde el sur de Sonora y el suroeste de Chihuahua hasta Chiapas y continúa a Centroamérica (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1978), siendo el tercer tipo de vegetación boscoso más ampliamente distribuido en México (INEGI, 2011). La distribución potencial de la selva baja caducifolia abarca aproximadamente 14.51 millones de hectáreas del territorio nacional (INEGI, 2006), y actualmente ocupan 7.4% de la superficie (3.38 millones de ha en condición primaria y 3.99 millones de ha en condición secundaria). En conjunto contribuyen con unas 6,000 especies, lo que equivale al 20% de la flora de México.

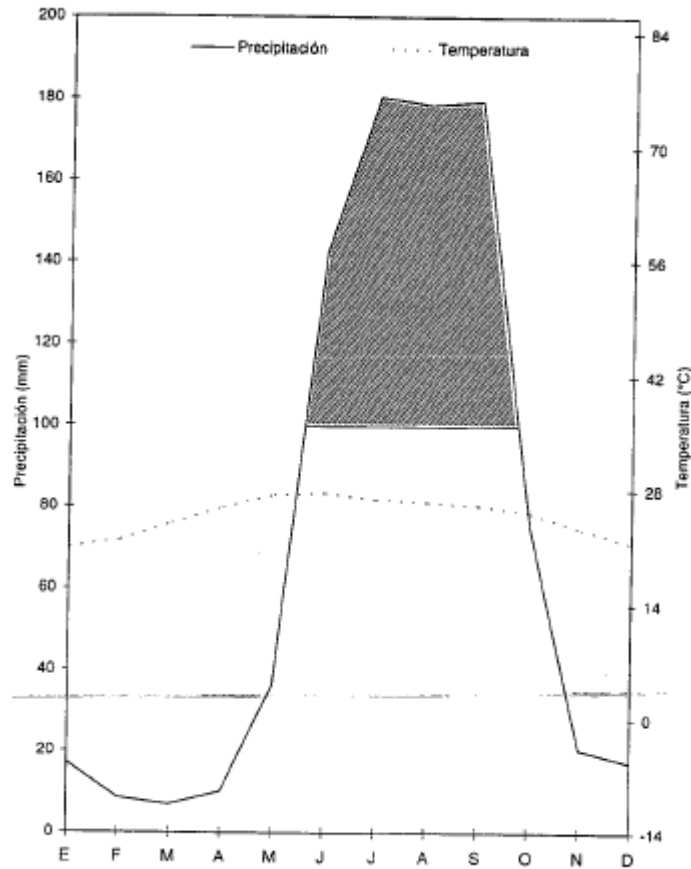


Figura 1.1. Diagrama ombrotérmico representativo de las condiciones promedio de humedad y temperatura de las selvas bajas caducifolias de México. Fuente: Trejo (1998).

Con respecto a la estructura de las comunidades vegetales, lo más frecuente en este tipo de selvas es que sólo haya un estrato arbóreo, aunque puede también haber dos (Rzedowski, 1978). La altura de los árboles varía entre los 4 y 8 m de altura y de manera ocasional se llegan a encontrar árboles de hasta 15 m (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1978; Trejo, 1998). Para la zona de Cuicatlán, Trejo (1998) reporta árboles de hasta 8 m de altura. Por otro lado, el desarrollo del estrato arbustivo varía mucho de un sitio a otro parcialmente en función de la densidad del dosel arbóreo (Rzedowski, 1978), y lo común es que la dominancia esté compartida entre pocas especies de árboles, aunque

algunas veces puede haber zonas donde haya una dominancia monoespecífica (Rzedowski, 1978).

Las SBC presentan una alta diversidad tanto florística como fisonómica, sobre todo por el considerable número de endemismos y por la presencia de especies de morfología crasa que son dominantes en este tipo de vegetación (Sobrado, 1991). Su diversidad está asociada con la serie de restricciones que ofrece el ambiente y la presencia o dominancia de plantas con adaptaciones para capturar CO₂ y fotosintetizar, crecer en la estación seca, como en el caso de las familias Burseraceae, Cactaceae y Capparidaceae (Lott *et al.*, 1987).

1.4. Antecedentes y justificación

Con el objetivo de aumentar la capacidad de las comunidades locales para almacenar y propagar especies de plantas que son útiles para el bienestar de las comunidades, en el año 2007 surge el proyecto *MGU Useful Plants Project* (Lira *et al.*, 2009). Mediante este proyecto se pretendía ayudar a las comunidades humanas a estar mejor equipadas para hacer frente a los desafíos de subsistencia mediante la mejora del uso de los recursos de los alrededores de una manera más sostenible (Lira *et al.*, 2009). La gestión de este proyecto estuvo a cargo del Departamento de Semillas de Kew para la Naturaleza (SCD) a través de la Asociación del Banco de Semillas del Milenio en Botswana, Kenya, Malí, Sudáfrica y México. Muchos habitantes de estos países dependen de la vegetación natural para las necesidades diarias tales como alimentos, medicinas, combustibles y construcción. Tan solo para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, por ejemplo, se han registrado más de 1,600 especies de plantas útiles (Casas *et al.*, 2001; Lira *et al.* 2009); sin embargo, las comunidades vegetales se enfrentan a una serie de amenazas que incluyen el cambio

climático, la sobreexplotación, la escasez de agua, la pérdida de hábitats y la invasión de especies exóticas (Gay, 2000).

En México este proyecto estuvo dirigido a implementar medidas a largo y corto plazo para la conservación de las especies de plantas de la localidad de San Rafael, Coxcatlán, y se denomina “Conservación de Plantas Útiles del Ejido de San José Tilapa, Municipio de Coxcatlán, Puebla”, y las tres comunidades que lo conforman son San Rafael, Tilapa y Guadalupe Victoria (también conocido como Pueblo Nuevo). Uno de los objetivos que surgen de este proyecto fue realizar una propuesta de restauración ecológica, con la intención de promover al Municipio de San José Tilapa como una región ecoturística.

En las tres comunidades del Ejido San José Tilapa el principal factor de disturbio en 2012-2013 es el ganado caprino, sin embargo, también se encontró ganado ovino en San Rafael, mientras que en Guadalupe Victoria hay ganado vacuno, aunque en menor proporción (Olalde-Estrada, 2015; obs. pers.). De manera general, en el Ejido los efectos de disturbio se notan por los caminos (Fig. 1.2) y heces (Fig. 1.3) que prueban las actividades del ganado. También se observa el deterioro de la vegetación provocada por el ramoneo de las cabras (Fig.1.4) y por la extracción de materiales vegetales utilizados con fines medicinales, forraje y leña, obtenidos principalmente de las leguminosas *Acacia cochliacantha*, *Parkinsonia praecox* y *Prosopis laevigata* (Mendoza, 2013).

Un exbasurero localizado entre la carretera Puebla 980 y la presa El Purrón es el sitio con mayor deterioro. En éste se aprecia el terreno altamente erosionado a lo largo del camino (Fig. 1.5) provocado por el paso de vehículos (Fig. 1.6). No obstante, los daños más profundos fueron provocados por la extracción de yeso que comenzó en el año de 1973, para lo cual el terreno era explotado con dinamita y que culminó en la década de 1980, mismo tiempo al que se destinó como vertedero de residuos urbanos que provenían

de pueblos cercanos. No fue, sino hasta 2006, cuando esta práctica llegó a su fin, para lo cual se incineró toda la basura (Mendoza, 2013). Sin embargo, a pesar del esfuerzo por retirar los residuos, todavía en 2013 se observaban remanentes de plásticos, vidrios y escombros (Fig.1.7). Según la información recabada por Mendoza (2013) mediante encuestas realizadas a siete pobladores de la zona, previamente a que el sitio se destinara como cantera de yeso y posteriormente como vertedero, se encontraban algunas especies vegetales tales como *Viguiera dentata* (Asteraceae), *Acacia cochliacantha*, *Cordia curassavica* (Boraginaceae), *Plumeria rubra* (Apocynaceae), *Parkinsonia praecox*, *Prosopis laevigata*, diversas especies del género *Opuntia* (Cactaceae) y *Jatropha neopauciflora* (Euphorbiaceae); sin embargo, ahora se aprecia la presencia de grandes extensiones de pastos como resultado del mal estado del sitio (Fig. 1.8).



Figura 1.2. Caminos formados por ganado caprino. Foto: Z. Cano-Santana.



Figura 1.3. Heces de ganado caprino. Foto: A. Hernández-Trejo.



Figura 1.4. Remoción de cubierta vegetal. Foto: A. Hernández- Trejo.



Figura 1.5. Erosión en el sitio San José-ExBasurero. Foto: A. Hernández-Trejo.

Esta región tiene importancia histórica debido a que allí se encontró la evidencia más antigua hasta entonces de prácticas agrícolas y domesticación de plantas del continente americano (Hernández y Herrerías, 2004).

Asimismo, en ésta se localizan dos zonas a las cuales se les llamó “Cueva de Abejas” y “Cueva de Purrón”, que hoy en día son conocidas como las “Cuevas del Maíz” (Hernández y Herrerías, 2004; Fig. 1.9), que fueron cavidades que sirvieron a sus pobladores

prehispánicos como basurero, por lo cual han acumulado vestigios de su modo de vida: restos de comida, herramientas, excretas humanas, utensilios diversos y huesos de animales, entre otros (Hernández y Herrerías, 2004).

Tan larga historia cultural permitió el desarrollo de importantes sistemas agrícolas y silvícolas, incluyendo el manejo y domesticación de poblaciones silvestres de plantas (Casas *et al.*, 1997).

En la zona durante la época prehispánica se crearon sistemas de manejo hidráulico, entre los que destaca la presa del Purrón que tiene una edad de 3,000 años, una de las más antiguas de Mesoamérica, lo que permitió la intensificación de la agricultura y el surgimiento de aldeas agrícolas que antecedieron a las ciudades precolombinas (Byers, 1967).

La presencia de estas evidencias arqueológicas y la vegetación y biota natural le confiere a toda esta región un alto potencial turístico.

Dado el valor histórico, cultural y científico de la zona, es importante diagnosticar el estado de la vegetación de la zona bajo el régimen de disturbio que ejerce el ganado caprino, la extracción de materiales vegetales y minerales y el uso temporal del terreno como un vertedero de basura; esto con el fin de tener datos que permitan a futuro elaborar un plan de restauración ecológica que de llevarse a cabo en las parcelas que se seleccionaron en este estudio, permita conocer el cambio que esta comunidad potencialmente experimentaría al eliminar las fuentes de disturbio mencionada. Asimismo, es importante conocer cómo está llevándose a cabo el proceso de recuperación de la

comunidad vegetal en la zona del basurero retirado, respecto a una zona aledaña no afectada por este factor.

El proyecto de Kew-FES Iztacala puede ser guiado hacia nuevos estudios sobre la recuperación de la zona mediante acciones de restauración auxiliándose con la información que brinde este trabajo.



Figura 1.6. Evidencia del paso de vehículos en el sitio San José-ExBasurero. Foto: A. Hernández-Trejo.



Figura 1.7. Restos de residuos sólidos en sitio San José-ExBasurero. Foto: M. Mendoza (arriba), A. Hernández-Trejo (abajo).



Figura 1.8. Área del sitio San José-ExBasurero cubierta por pastos. Foto: A. Hernández- Trejo.



Figura 1.9. Cueva del maíz. Foto: A. Hernández-Trejo.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de este trabajo fue conocer la estructura de la comunidad vegetal en cuatro sitios del Ejido San José Tilapa, Puebla sometidos a disturbios por actividad de ganado y por el depósito y posterior retiro de desechos al aire libre.

Se desprenden de este objetivo, los siguientes objetivos particulares:

1. Comparar la estructura de la comunidad vegetal de la zona afectada por el uso como depósito de basura respecto a un sitio de referencia (con menor incidencia de disturbio).
2. Determinar los niveles de disturbio originados por el ganado y la fracción de suelo desnudo en las cuatro localidades.
3. Conocer la variación estacional en la estructura de la comunidad vegetal y las medidas de disturbio.
4. Realizar una propuesta de restauración ecológica para el sitio que fue destinado como basurero.

Dado que cada localidad tiene una historia diferente de frecuencias y magnitudes de disturbio, se espera que: (a) la riqueza y cobertura vegetal sea distinta entre localidades y temporadas; (b) haya diferencias significativas entre la riqueza y cobertura vegetal del sitio del afectado por el basurero respecto al sitio de referencia, y (c) que los niveles de disturbio presenten diferencias entre localidades y temporadas.

3. MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

Este estudio se realizó en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, región localizada en la provincia fitogeográfica del mismo nombre (Rzedowski, 1978). Sigue una dirección sureste-noreste por la Sierra de Juárez, Zongolica y Tecamachalco, en la parte sureste de Puebla y noreste de Oaxaca (Fig. 3.1), siendo esta provincia la región árida y semiárida que se encuentra en la parte más sureña de México (Rzedowski, 1978). Este estudio se limita a la zona este del valle, en el municipio de Coxcatlán, en la parte sureste del estado de Puebla ($18^{\circ} 07'54''$ a $18^{\circ} 21'06''$ norte, $96^{\circ} 59'06''$ a $97^{\circ} 12'06''$ oeste). Dicho municipio cuenta con una superficie de 304.89 km^2 , y dentro de su extensión se localiza el Ejido San José Tilapa, el cual colinda al norte con los municipios de Ajalpan y Zoquitlán, al sur con el estado de Oaxaca, al este con el municipio de Coyomeapan y al oeste con Zinacatepec y San José Miahuatlán (Fernández *et al.*, 2009).

El Ejido está compuesto por tres comunidades, Gpe. Victoria, San Rafael y San José Tilapa, se encuentra a una altura de los 900 metros sobre el nivel del mar. El tipo de clima que predomina es semiseco semicálido con lluvias en verano [$BS_0 (h') w (w)$], según la fórmula de Köppen modificado por García, 2004], con una precipitación anual de 449.7 mm y una temperatura media anual de 24.2°C (Estación Meteorológica 21018, Calipan, Coxcatlán, Puebla). Los suelos varían, existe Cambisoles, Leptosoles y Regosoles con colores que puede variar de gris al pardo, que presentan una escasa cubierta de materia orgánica y tienen una textura granular suelta (INEGI, 2011).

El tipo de vegetación que se encuentran en el Ejido San José Tilapa es selva baja caducifolia (SBC), aunque también existen en algunas partes elementos mezclados de matorral espinoso, en donde se encuentran cactáceas como *Pachycereus weberi*,

Neobuxbaumia tetetzo, *Stenocereus stellatus* y *Escontria chiotilla*, así como vegetación arbolada, como *Mimosa luisana* y *M. polyantha*, así como *Ceiba aesculifolia* (Malvaceae).

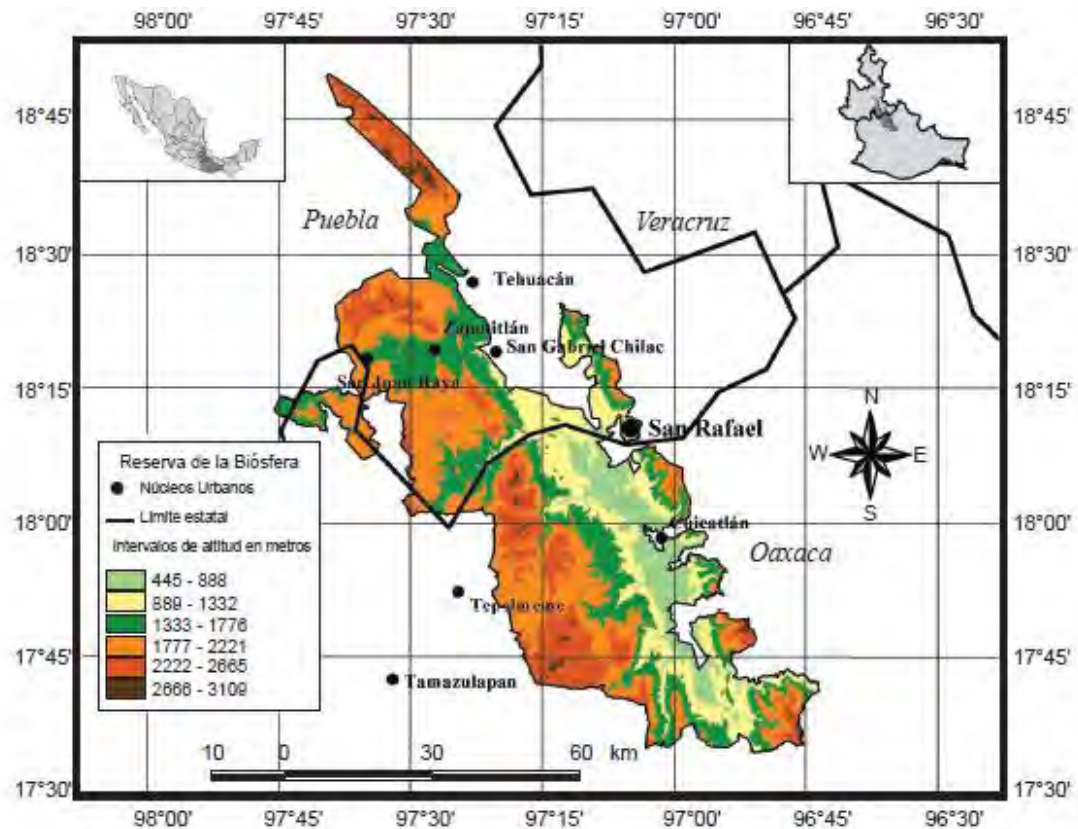


Figura.3.1. Ubicación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, entre los estados de Puebla y Oaxaca. Fuente: Canales *et al.* (2006).

3.2. Métodos

3.2.1. Selección de sitios. Con el fin de conocer la estructura de la comunidad vegetal y los niveles de disturbio previo a la ejecución de un programa de restauración ecológica en zonas de selva baja caducifolia se seleccionaron cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, San Rafael (SnRafael), Guadalupe Victoria (GpeVictoria), San José-ExBasurero (ExBasurero) y San José-Presa Purrón. Esta última funciona como zona de *referencia* del tipo de vegetación que sería predominante en el área (Referencia) (aunque no significa que

estuviera libre de disturbio). Se delimitaron tres parcelas de 20×20 m en cada localidad seleccionada (12 parcelas en total) en áreas donde no hubiera pendiente para facilitar el acceso. Las parcelas en GpeVictoria y SnRafael se ubicaron en los caminos principales que conectan a los poblados con la Cueva del Maíz, debido a que si éstas son sometidas a acciones de restauración ecológica en un futuro, dichas parcelas podrían ser potencialmente visitadas por ecoturistas que acudan a la mencionada cueva, otorgándole una plusvalía a los terrenos de estos poblados.

En contraste, y en particular para el segundo objetivo, se seleccionaron parcelas afectadas por el ExBasurero, así como parcelas de referencia adyacentes al sitio, que no fueron afectadas por el depósito de basura, para determinar el efecto del disturbio y monitorear las primeras etapas de recuperación de los sitios ubicados en el basurero retirado. Por lo anterior, las parcelas Referencia se ubicaron lo más cerca posible del basurero mencionado, ya que éstas tendrían el aspecto que se intenta recuperar en el basurero retirado. En ExBasurero se inició un proceso de regeneración, dado que la gran mayoría de los desechos fueron retirados, exponiendo sustrato no consolidado y la roca madre. En general, las parcelas seleccionadas se separaron lo más posible una de otra tanto como fue posible. En los sitios ExBasurero y Referencia las distancias fueron de 50 y 30 m, respectivamente, en tanto que en los sitios SnRafael y GpeVictoria la separación entre parcelas fue de 500 m.

Las parcelas se delimitaron con estacas de madera de color amarillo y se registró su geoposición esto a fin de utilizarlas como sitios permanentes de estudio y ejecutar allí acciones de restauración ecológica en un futuro (Fig. 3.2).



Figura 3.2. Localización de los cuatro sitios de estudio en el Ejido San José Tilapa, Municipio de Coxcatlán, Puebla (Google Earth).

3.2.2. *Estructura de la comunidad vegetal, disturbio por ganado y suelo desnudo.* En cada una de las parcelas seleccionadas, se hicieron dos muestreos en épocas contrastantes: lluvias (septiembre de 2012) y secas (marzo de 2013). En cada parcela se trazaron cinco líneas de Canfield (1941) de 20 m de longitud y 1m de ancho, separadas 4 m entre sí, dejando una distancia de 2 m del borde, registrando en total 1,200 m de línea en las 12 parcelas. Se tomaron en cuenta simultáneamente todos los estratos de la vegetación y se registró: (a) la cobertura de cada especie vegetal, (b) el área cubierta por suelo desnudo libre de una capa de tejidos vegetales de plantas en pie que crecieran en el sustrato, (c) el área cubierta por depósito de heces del ganado, y (c) área relativa que abarcaban los caminos marcados por el ganado. Un depósito de heces de cabras y ovejas se definió como aquél en el cual los comprimidos fecales estuvieran separados 10 cm entre sí. La extensión de suelo desnudo incluyó aquellos caminos provocados por el ganado y aquellas áreas

cubiertas por heces que estuviesen desprovistas de vegetación. En este sentido, las áreas cubiertas por heces podrían encontrarse bajo árboles y matorrales o sobre plantas de baja talla o rastreras, en tanto que los caminos podrían encontrarse bajo los primeros.

3.2.3. *Análisis de datos.* Se elaboró una matriz con los nombres de las especies conocidas y el resto de morfoespecies, registrando la forma de crecimiento y la cobertura en cm de cada especie presente en cada una de las 12 parcelas. Posteriormente, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') con la fórmula $H' = -\sum p_i \ln p_i$ y el índice de dominancia de Simpson (D') con la fórmula $D' = \sum p_i^2$, con base a los datos de frecuencia de cada especie, en el programa BioDiversity Pro, considerando un registro como la presencia de una especie en cada tramo de 1 m de línea de Canfield. Se calcularon las coberturas relativas por especies, así como la fracción de suelo desnudo y las medidas de disturbio en cada sitio (porcentaje de área cubierta por caminos y porcentaje de área cubierta por heces).

Se construyó un dendrograma de similitud Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957), y se hizo un Análisis de Componentes Principales (ACP), ambos con los datos de cobertura relativa promedio de cada especie en el programa PRIMER 5.

Se verificó el efecto del sitio y la temporada sobre el porcentaje de suelo desnudo, el porcentaje de área pisoteada y el porcentaje de área con depósitos de heces con ANdeVAs de dos vías. Posteriormente, con el programa GraphPad Prism 6 se aplicaron pruebas de Tukey para determinar las diferencias significativas entre celdas. También se realizaron correlaciones lineales entre los porcentajes de área pisoteada, área con depósitos de heces y área con suelo desnudo contra el valor de cobertura relativa de cada componente vegetal,

utilizando el mismo programa. Los datos de porcentaje fueron transformados con la función arcoseno (Zar, 2010).

También se hizo una descripción de la estructura de la comunidad vegetal en cada zona estudiada conjuntando los datos de las tres parcelas mediante la construcción de gráficas rango-cobertura relativa.

4. RESULTADOS

4.1. Riqueza, diversidad y dominancia

Durante los dos muestreos realizados se registró un total de 90 especies de plantas (Tabla 4.1, Apéndice 1). Las parcelas de San Rafael (SnRafael) registraron 6-45 especies de plantas (riqueza acumulada: $S_{acum}= 68$), las de Guadalupe Victoria (GpeVictoria) de 10-24 especies ($S_{acum}=48$), el ExBasurero de 7-20 especies ($S_{acum}= 43$) y el sitio Referencia 9-34 especies ($S_{acum}= 62$). El proceso de recuperación del ExBasurero está en sus primeras etapas, pues las parcelas de este sitio tienen en promedio 28 especies menos que los sitios Referencia. Sin embargo, no se encontró un efecto significativo del sitio ($F_{3,16}= 0.497$, $P= 0.690$), de la temporada ($F_{1,16}= 2.338$, $P= 0.146$) ni de la interacción sitio \times temporada ($F_{3,16}= 0.029$, $P=0.993$) sobre la riqueza de especies (Fig. 4.1).

En la época de lluvias se encontró un efecto significativo de la localidad sobre los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') ($F_{3,9}= 11.821$, $P= 0.006$) y de dominancia de Simpson (D') ($F_{3,9}= 6.434$, $P= 0.026$). SnRafael registró significativamente mayor diversidad y menor dominancia de especies que el ExBasurero, donde se encontró la menor diversidad y la mayor dominancia de especies. No se encontraron diferencias significativas entre GpeVictoria, Sn Rafael y Referencia en el valor de H' ; por otro lado, el valor de D' no difirió significativamente entre GpeVictoria, Referencia y SnRafael, ni entre los dos primeros sitios y ExBasurero.

En la época de secas también se encontraron efectos significativos de las localidades sobre H' ($F_{3,9}= 27.022$, $P=0.009$) y D' ($F_{3,9}= 28.18$, $P=0.020$). SnRafael registró también el valor de H' más alto, el cual no difirió significativamente de GpeVictoria ni de Referencia, pero sí del ExBasurero; sitio que a su vez fue en el que se registró mayor D' , difiriendo significativamente de los demás sitios.

Tabla 4.1. Riqueza acumulada de especies en cada parcela de estudio de cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. Se acumulan las especies registradas en temporada de lluvias (septiembre de 2012) y secas (marzo de 2013).

Comunidad	No. de especies
SnRafael	
1	45
2	17
3	6
Promedio	22.7
GpeVictoria	
1	24
2	14
3	10
Promedio	14.0
ExBasurero	
1	20
2	16
3	7
Promedio	14.3
Referencia	
1	34
2	19
3	9
Promedio	20.7

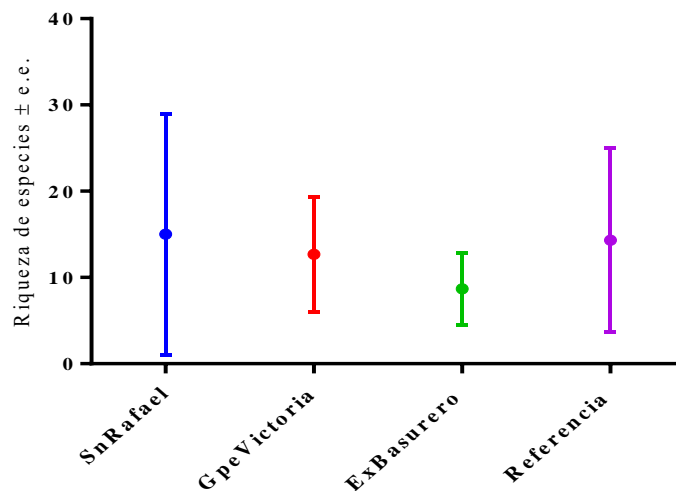


Figura 4.1. Comparación de la riqueza de especies entre las cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue.

4.2. Estructura de la comunidad vegetal

La estructura de la comunidad vegetal en términos de la contribución a la cobertura relativa varió entre localidades, parcelas y temporadas.

4.2.1. *Análisis general.* De manera general, en el Ejido se observó la dominancia de las especies *Prosopis laevigata* (6.9%), *Mimosa luisana* (6.3%), *Acacia cochliacantha* (5.9%), *Mimosa polyantha* (5.6%), *Parkinsonia praecox* (5.2%), *Ziziphus mexicana* (Rhamnaceae) (4.6%), *Indigofera konzattii* (Fabaceae) (4.0%), *Boerhavia coccinea* (Nyctaginaceae) (3.9%), *Brickellia laxiflora* (Asteraceae) (3.8%) y *Sanvitalia procumbens* (Asteraceae) (3.3%) contribuyendo en conjunto un 49.2% de la cobertura total (datos promedio de las temporadas de lluvias y secas; Fig. 4.3). En el Apéndice 1, se enlistan los valores detallados de las cobertura relativas promedio de todas las especies.

Por su cobertura relativa, se observó que la mayor parte del terreno es cubierta por árboles (57.1%), seguido de las hierbas (18.2%), en tercer lugar los arbustos (15.3%) y por último las suculentas (9.4%) (Fig. 4.2). Sin embargo, se registraron más especies de

hierbas (31.1%), seguido de los árboles (28.9%), y al último se mantienen los arbustos y las suculentas (23.3% y 16.7%, respectivamente) (Fig. 4.2; datos promedio de las dos temporadas).

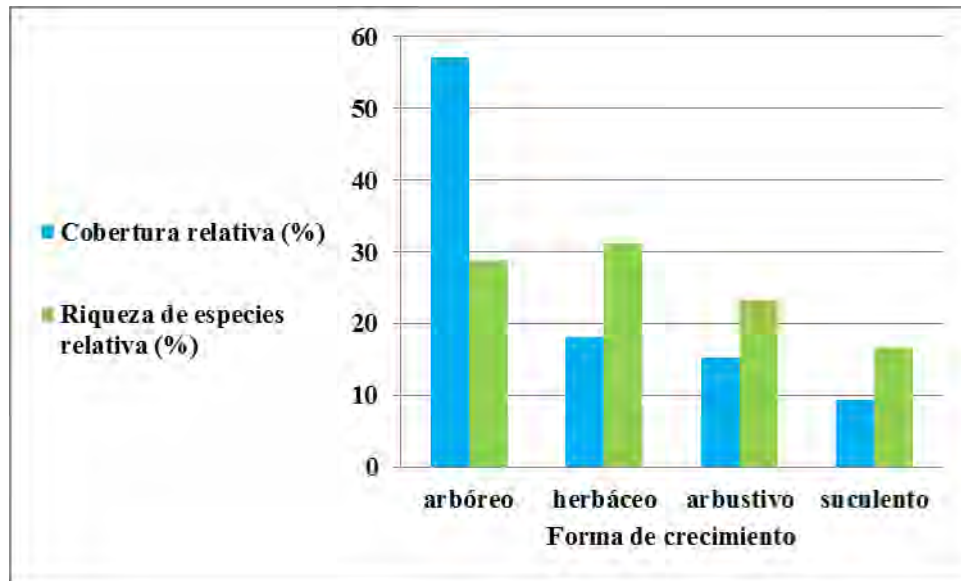


Figura 4.2. Cobertura relativa de plantas (azul) y riqueza de especies relativa (verde) con diversas formas de crecimiento en el Ejido San José Tilapa, Pue. Datos promedio de los muestreos en 12 parcelas de septiembre de 2012 y marzo de 2013. Número total de especies: 80.

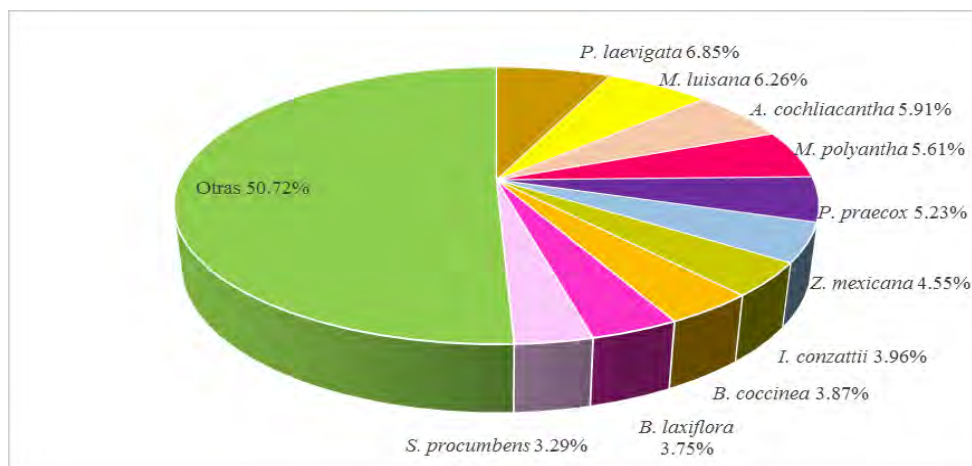


Figura 4.3. Cobertura relativa promedio por especie vegetal del Ejido San José Tilapa, Pue. Datos promedio de los muestreos en 12 parcelas de septiembre de 2012 (lluvias) y marzo de 2013 (secas).

4.2.2. *Estructura de la comunidad en la época de lluvias.* Al ver en detalle los datos de cobertura de cada especie vegetal en la época de lluvias (septiembre de 2012; Apéndice 2) se encontró lo siguiente.

El tipo de crecimiento que dominó en esta temporada en cuanto a cobertura ($> 5\%$) fue el arboreo, con especies como *Mimosa luisana*, *A. cochliacantha* y *P. laevigata*, que se encontraron en ocho y siete de las 12 parcelas muestreadas, con una cobertura de hasta el 17.2, 32.3 % y 12.8%, respectivamente (Apéndice 2).

La especie que registró mayor cobertura relativa en SnRafael fue *Indigofera conzattii* y en menor proporción *Bursera aptera* (13.2% y 8.8%, respectivamente).

En el sitio Gpe Victoria, las especies que dominaron fueron *Ziziphus mexicana* y *Sanvitalia procumbens* (con hasta 13.2% y 14.5% de cobertura relativa, respectivamente).

Por otra parte, en el ExBasurero las especies dominantes fueron *P. laevigata* y *Boerhavia coccinea* (con hasta 24.7% y 32.3% de cobertura, respectivamente).

Finalmente, en el sitio Referencia, sólo *Montanoa tomentosa* (Asteraceae) fue la especie dominante (registrando 5.3 a 6.0% de cobertura relativa). La estructura de la comunidad vegetal de la parcela 1 difirió notablemente de la registrada en las dos restantes y de todas las estudiadas en la región. En esta parcela dominaron especies como *Solanum trilobatum* (6.7% de cobertura), *Acacia cornigera* (Fabaceae) (con 6.3%), *Cenchrus incertus* (5.9%) y *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) (5.2%). En las parcelas 2 y 3, por su parte, se registra la dominancia de *Brickellia laxiflora* (con 8.1 y 13.2%, respectivamente) y *Mimosa polyantha* (con 7.8 y 13.5%, respectivamente).

4.2.3. *Estructura de la comunidad en la época de secas.* En la temporada de secas (marzo de 2013; Fig. 4.5) la especie dominante fue *Mimosa luisana* que estuvo dominando en 10 de las 12 parcelas. En las cuatro localidades las especies no dominantes (i.e., con

coberturas relativas < 5% y señaladas en las figuras del Apéndice 2 como “Otras”) registran en conjunto valores de cobertura relativa acumulada más altos durante la temporada de lluvias (8.6 a 53.6%) que en la de secas (7.0 a 31.4%).

En Sn Rafael, otras especies dominantes, aparte de *M. luisana*, fueron *Bursera aptera* y *A. cochliacantha* (con hasta 19.7% y 20.1%, respectivamente).

En GpeVictoria dominaron *Sanvitalia procumbens* y *Mimosa polyantha* (con hasta 8.5% y 10.6% de cobertura relativa).

En el ExBasurero fue *Carlowrightia neesiana* (que registró hasta 44.4% de cobertura).

En el sitio Referencia otra especie dominante fue *Montanoa tomentosa* (con hasta 19.2% de cobertura relativa). La estructura de la comunidad de la parcela 1 de este sitio, al igual que en lluvias, difirió del resto de las 11 parcelas. En las parcelas 1 y 2 dominó también *Ziziphus mexicana* (con 9.6% de cobertura relativa en ambos casos), en tanto que en las parcelas 2 y 3 dominaron *Caiba aesculifolia* y *Lysiloma microphylla* (Fabaceae) (con 11.9 y 10.2%, y 18.6 y 19.6%, repectivamente).

4.2.4. Curvas rango-cobertura relativa. De manera general, en ambas temporadas los árboles ocuparon puestos de mayor dominancia, seguidos de las hierbas y arbustos y, al final, de las suculentas. Al agrupar los datos de las tres parcelas de cada localidad se puede comparar la estructura de la comunidad vegetal con curvas de rango-cobertura relativa, tanto en la temporada de lluvias (Fig. 4.4) como de secas (Fig. 4.5). En la temporada de lluvias (Fig. 4.4) la mayor dominancia se registró en el ExBasurero, cuyas especies dominantes fueron *Boerhavia coccinea* (con 18.1%), *Prosopis laevigata* (con 15.5%) y *Parkinsonia praecox* (con 11.0%). El sitio que registra una mayor equidad entre especies fue el de Referencia; allí se registraron, como especies dominantes: *Mimosa polyantha* (con 8.8%), *Prosopis laevigata* (con 8.6%) y *Brickelia laxiflora* (con 7.9%). Los sitios

SnRafael y GpeVictoria registraron curvas más parecidas. En el primero dominaron *Indigofera conzattii* (con 12.4%), *Acacia cochliacantha* (con 8.1%) y *Bursera aptera* (con 6.0%); en tanto que en el segundo dominaron *Sanvitalia procumbens* (con 11.4%), *Parkinsonia praecox* (con 9.9%) y *Mimosa luisana* (con 8.8%).

Por otra parte, en la temporada de secas (Fig. 4.5) la mayor dominancia también se registró en el ExBasurero, donde destacaron *Carlowrightia neesiana* (con 27.6%), *Parkinsonia praecox* (con 19.1%) y *Mimosa luisana* (con 14.9%). El sitio que registró una mayor equidad entre especies fue SnRafael, pues allí codominaron *Bursera aptera* (con 12.4%), *Acacia cochliacantha* (con 11.6%) y *Mimosa luisana* (con 8.8%). Las curvas que registraron los sitios GpeVictoria y Referencia fueron similares. En el primero dominaron *Ziziphus mexicana* (con 15.1%), *Mimosa luisana* (con 11.5%) y *Prosopis laevigata* (con 11.1%); en tanto que en el segundo sobresalieron *Lysiloma microphylla* (con 15.0%), *Montanoa tomentosa* (con 11.7%) y *Prosopis laevigata* (con 10.6%).

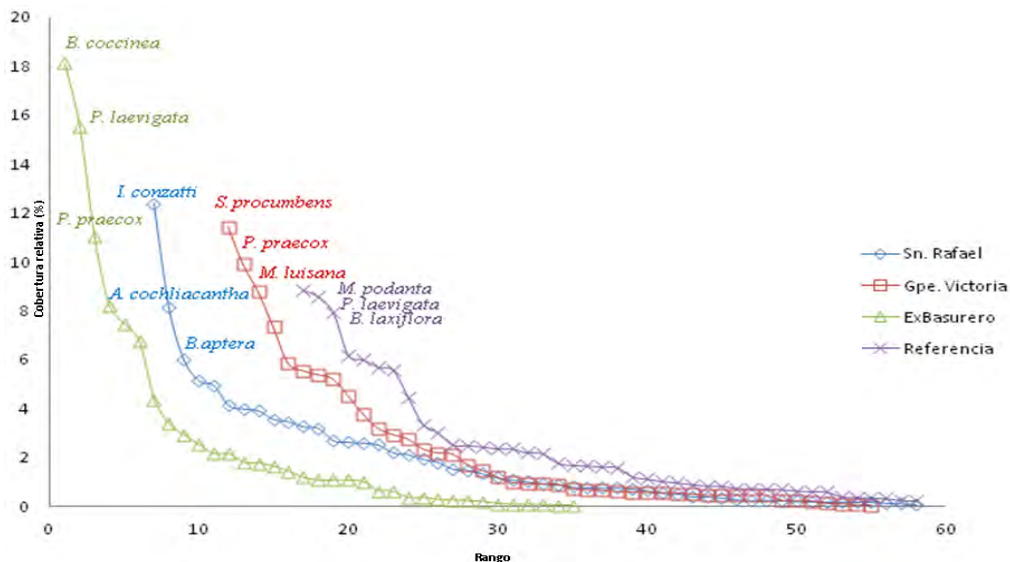


Figura 4.4. Curvas rango-cobertura relativa (%) de las especies vegetales registradas en las cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. durante la temporada de lluvias (septiembre de 2012). Datos agrupados de tres parcelas por localidad (300 m de línea de Canfield).

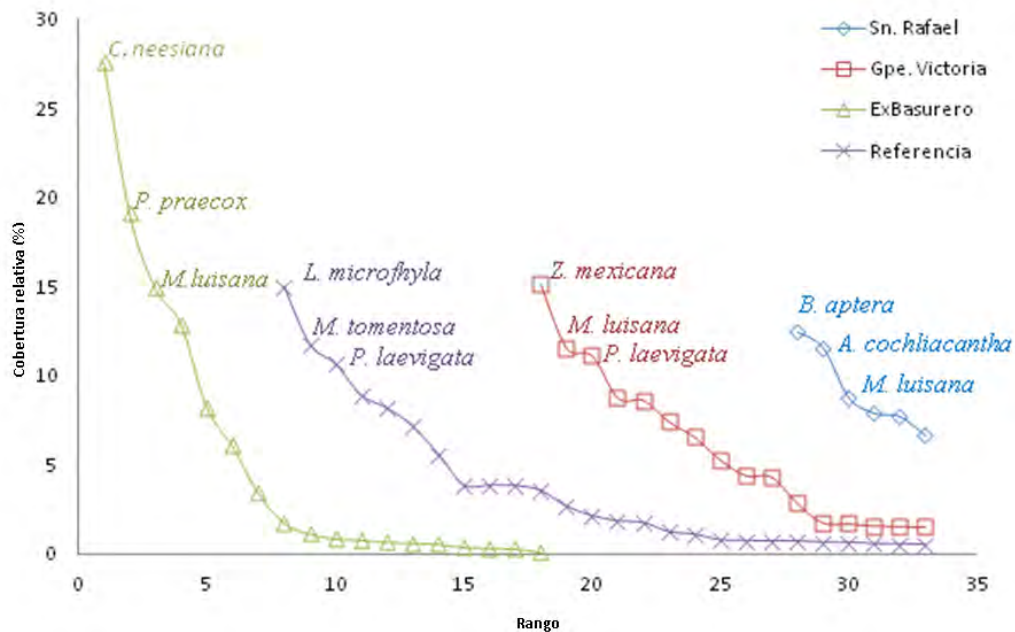


Figura 4.5. Curvas rango-cobertura relativa (%) de las especies vegetales registradas en las cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. durante la temporada de secas (marzo de 2013). Datos agrupados de tres parcelas por localidad (300 m de línea de Canfield).

4.3. Medidas de disturbio y su relación con la vegetación

4.3.1. *Variación espacial y temporal de las medidas de disturbio.* Se encontró un efecto significativo del sitio ($F_{3,16} = 56.760$, $P < 0.001$), de la temporada ($F_{1,16} = 54.630$, $P < 0.001$) y de la interacción sitio \times temporada ($F_{3,16} = 3.901$, $P = 0.029$) sobre la fracción de suelo desnudo (Fig. 4.6 y Tabla 4.2). El sitio ExBasurero registró el valor más alto de este parámetro en ambas temporadas ($42.8 \pm 5.4\%$ en lluvias y $54.6 \pm 1.7\%$ en secas). Los valores más altos de este parámetro se registraron en la época de secas, temporada en la que los sitios SnRafael ($27.6\% \pm 1.3\%$), GpeVictoria ($28.1 \pm 0.7\%$) y Referencia ($21.4 \pm 2.8\%$) no difirieron significativamente entre sí en esta variable. En la época de lluvias los sitios SnRafael ($13.8 \pm 2.0\%$) y GpeVictoria ($17.9 \pm 2.71\%$) no difirieron significativamente entre sí en la fracción de suelo desnudo, pero éstos registraron un valor

significativamente más alto que el sitio Referencia ($2.1 \pm 0.3\%$), que, a la postre, fue el sitio que registró el valor significativamente más bajo.

En el muestreo, aunque se buscó registrar el impacto del disturbio por el forrajeo de cualquier tipo de ganado, solamente se encontró actividad de cabras, registrado a través de los depósitos de heces. No se encontraron boñigas de vacas ni heces de ganado ovino. Por lo anterior, los caminos observados evidentemente fueron provocados por cabras.

También se encontró un efecto significativo del sitio ($F_{3,16} = 123.200$, $P < 0.001$), de la temporada ($F_{1,16} = 109.300$, $P < 0.001$) y de la interacción sitio \times temporada ($F_{3,16} = 12.520$, $P < 0.001$) sobre el porcentaje de área cubierta por caminos (Fig. 4.7, Tabla 4.2). El porcentaje más alto de caminos lo registró GpeVictoria en la época de secas ($29.9 \pm 1.0\%$) seguido de SnRafael en la misma temporada ($20.4\% \pm 0.3$). En contraste, en el sitio ExBasurero en ambas temporadas, así como en el sitio Referencia en lluvias no registraron caminos. En general, en lluvias se redujo el área cubierta por caminos, y este parámetro varió entre localidades en el siguiente sentido: Gpe. Victoria $>$ Sn Rafael $>$ Referencia $>$ Ex Basurero.

Por otra parte, se encontró un efecto significativo del sitio ($F_{3,16} = 6.868$, $P = 0.004$), pero no de la temporada ($F_{1,16} = 0.003$, $P = 0.960$) ni de la interacción sitio \times temporada ($F_{3,16} = 1.049$, $P = 0.398$) sobre el porcentaje de área cubierta por heces (Fig. 4.8; Tabla 4.2). El valor más elevado de este parámetro se registró en la época de lluvias en GpeVictoria ($1.9 \pm 0.6\%$), el cual no difirió significativamente de SnRafael ($1.2\% \pm 0.3$), pero sí del ExBasurero (0%) y del sitio Referencia. (0%). El ExBasurero en ambas temporadas y el sitio Referencia en lluvias no registraron incidencia de heces.

Por último, se encontró un efecto significativo del sitio ($F_{3,16} = 43.06$, $P < 0.001$), de la temporada ($F_{1,16} = 110.3$, $P < 0.001$) y de la interacción sitio \times temporada ($F_{3,16} = 4.849$,

$P=0.014$) sobre el porcentaje global de suelo desnudo y disturbios (caminos y depósito de heces) (Fig. 4.9; Tabla 4.2). El porcentaje global más elevado lo registró GpeVictoria ($64.3 \pm 5.1\%$), seguido del ExBasurero ($54.55 \pm 1.7\%$) y SnRafael ($52.3 \pm 0.8\%$) correspondientes a la época de secas; en tanto que en la temporada de lluvias el porcentaje global más alto fue para el ExBasurero ($42.8 \pm 5.4\%$), seguido de GpeVictoria ($29.7 \pm 3.4\%$) y SnRafael ($18.7 \pm 2.3\%$) En ambas temporadas el valor significativamente más bajo fueron los registrados por el sitio Referencia ($2.1 \pm 0.3\%$ en lluvias y $27.8 \pm 2.5\%$ en secas).

Durante los recorridos las únicas plantas en que pudo ser evidente el daño por remoción de tejidos por parte del ganado caprino fueron las del género *Opuntia* (ver Fig. 1.4).

4.3.2. *Correlaciones disturbio vs cobertura relativa en lluvias.* Al hacer las correlaciones entre las medidas de disturbio y la cobertura de cada especie vegetal se encontró lo siguiente (en todos los casos g.l.= 10).

El porcentaje de suelo desnudo estuvo correlacionado significativamente con la cobertura de trece especies de plantas; de las cuales cinco fueron negativas, entre las que se encuentran *Manihot pauciflora* (Euphorbiaceae) ($r= -0.692$, $P= 0.006$) y *Opuntia velutina* (Cactaceae) ($r= -0.648$, $P= 0.011$); mientras que ocho fueron correlaciones positivas, como *Bursera aptera* ($r= 0.772$, $P= 0.002$) y *Petiveria alliacea* ($r= 0.754$, $P= 0.002$; Tabla 4.3; Apéndice 3).

Por otra parte, el porcentaje de área afectada por caminos marcados por el ganado caprino estuvo correlacionado significativamente con la cobertura de 11 especies vegetales. En particular hubo una correlación negativa con las cobertura relativas de cuatro especies, entre las que se encuentran *Bursera aptera* (Burseraceae) ($r= -0.701$, $P= 0.006$) y *Cenchrus incertus* (Poaceae) ($r = -0.618$, $P= 0.016$). En contraste, hubo correlación

positiva con siete especies, entre las que se encuentran *Senna wislizeni* (Fabaceae) ($r=0.790$, $P=0.001$) y las cactáceas *Ferocactus latispinus* ($r=0.730$, $P=0.004$) y *O. velutina* ($r=0.699$, $P=0.006$) (Tabla 4.3; Apéndice 3).

Por otra parte, el área cubierta por heces estuvo correlacionada positiva y significativamente con la cobertura relativa de siete especies de plantas, entre las cuales se encuentran *Bursera fagaroides* (Burseraceae) ($r=0.857$, $P<0.001$), *Passiflora exsudans* (Passifloraceae) ($r=0.717$, $P=0.004$) y *Mimosa polyantha* (Fabaceae) ($r=0.692$, $P=0.006$) (Tabla 4.3, Apéndice 3).

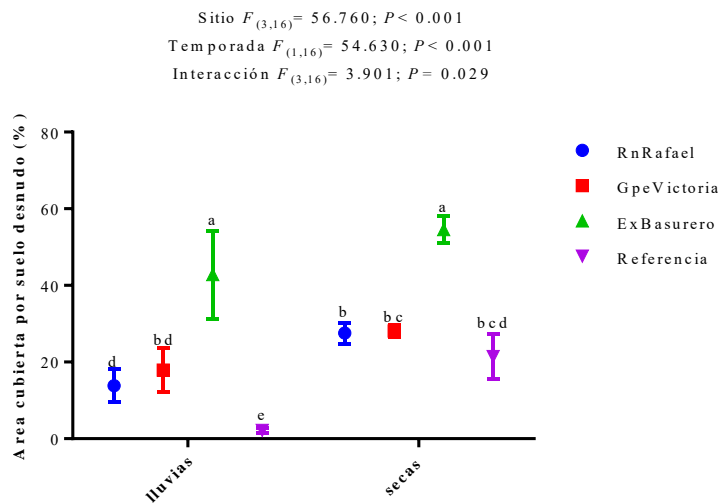


Figura 4.6. Variación espacial y temporal de la fracción de suelo desnudo en cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. Datos de la temporada de lluvias (septiembre, 2012) y secas (marzo, 2013). Letras distintas indican diferencias significativas con $P<0.05$ (prueba de Tukey).

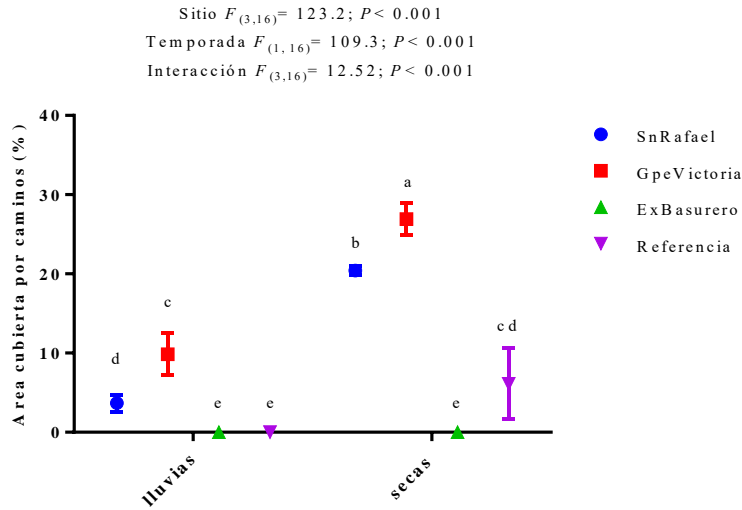


Figura 4.7. Variación espacial y temporal de los caminos en las cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. Datos de la temporada de lluvias (septiembre, 2012) y secas (marzo, 2013). Letras distintas indican diferencias significativas, $P < 0.05$, con base en la prueba de Tukey.

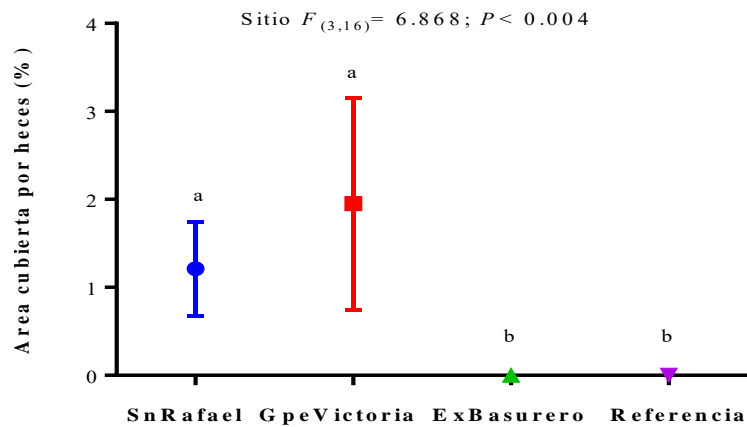


Figura 4.8. Variación espacial del depósito de heces en las cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. Letras distintas indican diferencias significativas, $P < 0.05$, con base en la prueba de Tukey.

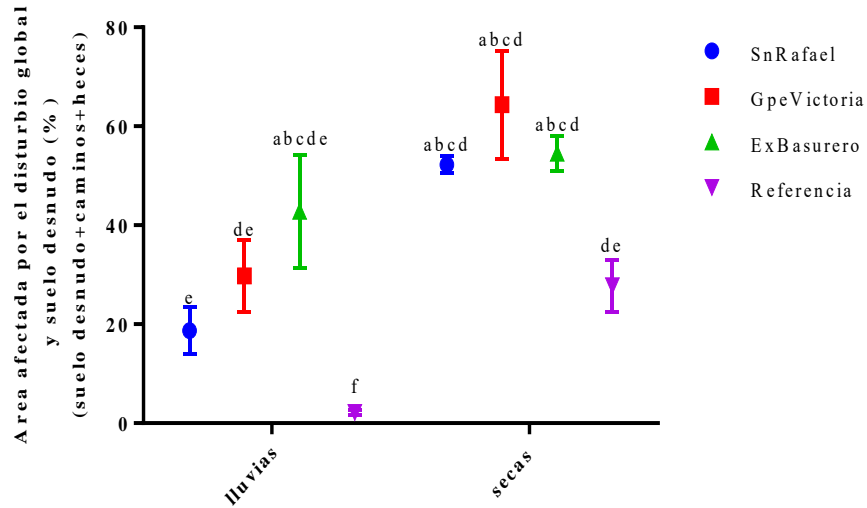


Figura 4.9. Variación espacial y temporal del disturbio global y suelo desnudo (suelo desnudo+caminos+heces) en las cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. Letras distintas indican diferencias significativas, $P < 0.05$, con base en la prueba de Tukey.

Por último, se encontró una correlación significativa entre la fracción acumulada de terreno afectada por los factores de disturbio y el suelo desnudo con la cobertura de 13 especies de plantas, de las cuales siete fueron negativas, como en el caso de *Neobuxbaumia tetetzo* ($r = -0.683$, $P = 0.007$), *Manihot pauciflora* ($r = -0.066$, $P = 0.010$) y *Caesalpinia pringlei* ($r = -0.653$, $P = 0.011$). Entre las seis especies de plantas cuyas coberturas se correlacionaron positivamente con este parámetro, se encuentran *Castela erecta* (Simaroubaceae) ($r = 0.623$, $P = 0.015$), *Acalypha monostachya* (Euphorbiaceae) ($r = 0.616$, $P = 0.021$) y *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae) ($r = 0.592$, $P = 0.021$) (Tabla 4.3; Apéndice 3).

Tabla 4.2. Medidas de disturbio por acciones de ganado caprino en términos de porcentaje de terreno cubierto por suelo desnudo, caminos o heces en tres parcelas seleccionadas de cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. Datos de temporada de lluvias (septiembre de 2012) y de secas (marzo de 2013).

Sitio	Porcentaje de terreno (%)			Global
	suelo desnudo	caminos	depósito de heces	
Temporada de lluvias (septiembre, 2012)				
1. Sn. Rafael	14.206	2.464	0.821	17.491
2. Sn. Rafael	17.884	4.285	1.822	23.991
3. Sn. Rafael	9.367	4.320	0.993	14.680
Promedio	13.819	3.690	1.212	18.721
1. Gpe. Victoria	24.525	12.684	0.762	37.971
2. Gpe. Victoria	14.014	9.519	3.173	26.706
3. Gpe. Victoria	15.238	7.374	1.918	24.530
Promedio	17.926	9.859	1.951	29.736
1. ExBasurero	56.020	0	0	56.02
2. ExBasurero	35.325	0	0	35.325
3. ExBasurero	37.123	0	0	37.123
Promedio	42.827	0	0	42.827
1. Referencia	2.318	0	0	2.318
2. Referencia	1.473	0	0	1.473
3. Referencia	2.625	0	0	2.625
Promedio	2.139	0	0	2.139
Prom. global	19.178	3.387	0.791	23.356

Tabla 4.2. *Continúa.*

Sitio	porcentaje de terreno (%)			
	suelo desnudo	caminos	depósito de heces	global
Temporada de secas (marzo, 2013)				
1. Sn. Rafael	30.345	21.114	0.412	51.871
2. Sn. Rafael	27.322	20.018	3.478	50.818
3. Sn. Rafael	24.969	20.155	8.954	54.078
Promedio	27.545	20.429	4.281	52.255
1. Gpe. Victoria	26.310	26.342	23.982	76.634
2. Gpe. Victoria	29.022	25.229	1.725	55.976
3. Gpe. Victoria	28.986	29.175	2.248	60.409
Promedio	28.106	26.915	9.318	64.339
1. ExBasurero	56.705	0	0	56.705
2. ExBasurero	56.534	0	0	56.534
3. ExBasurero	50.422	0	0	50.422
Promedio	54.554	0	0	54.554
1. Referencia	27.177	1.366	0	28.543
2. Referencia	15.459	6.680	0	22.139
3. Referencia	21.719	10.353	0.548	32.62
Promedio	21.452	6.133	0.183	27.768
Prom. global	32.914	13.369	3.446	49.729

4.3.3. *Correlaciones disturbio vs cobertura relativa en secas.* Al hacer las correlaciones entre las medidas de disturbio y la cobertura de cada especie vegetal en la temporada de secas se encontró que el número de especies cuya cobertura se correlacionó significativamente con las medidas de disturbio se redujo. Las especies cuya cobertura estuvo correlacionada significativamente con la fracción de suelo desnudo fueron nueve, de las cuales cuatro fueron negativas, entre las que se encuentra las cactáceas *O. pilifera* ($r = -0.757$, $P = 0.002$) y *Mammillaria carnea* ($r = -0.598$, $P = 0.020$); mientras que las que registraron correlaciones positivas fueron cinco especies, como *Carlowrightia neesiana* (Acanthaceae) ($r = 0.894$, $P < 0.001$) y *Bursera submoniliformis* (Burseraceae) ($r = 0.745$, $P = 0.003$) (Tabla 4.3, Apéndice 3).

La fracción de superficie afectada por caminos de ganado caprino estuvo correlacionada significativamente con la cobertura de nueve especies de las cuales dos fueron negativas: con *Viguiera deltoidea* (Asteraceae) ($r = -0.566$, $P = 0.276$) y con *Carlowrightia neesiana* ($r = -0.561$, $P = 0.029$), en tanto que las especies cuya cobertura se correlacionó positivamente con esta variable fueron siete, entre las que se encuentran *Sanvitalia procumbens* (Asteraceae) ($r = 0.801$, $P = 0.001$), *Mimosa polyantha* ($r = 0.755$, $P = 0.002$) y *Cordia globosa* (Boraginaceae) ($r = 0.733$, $P = 0.003$) (Tabla 4.3; Apéndice 3).

La fracción de superficie cubierta por heces se correlacionó positiva y significativamente con la cobertura relativa de seis especies, entre las que se encuentran *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) ($r = 0.948$, $P < 0.001$), *Senna wislizeni* ($r = 0.946$, $P < 0.001$) y *Mimosa polyantha* ($r = 0.746$; $P = 0.003$) (Tabla 4.3, Apéndice 3).

Las especies en las que de manera global se observó una correlación significativa entre sus coberturas con el efecto acumulado de la superficie afectada por disturbios y el suelo desnudo en la época de secas fueron nueve, de las cuales cinco fueron negativas, entre las

que se encuentran *Montanoa tomentosa* ($r = -0.745$, $P = 0.003$), *Lysiloma microphylla* ($r = -0.672$, $P = 0.008$) y *Ceiba aesculifolia* ($r = 0.669$, $P = 0.009$); mientras que cuatro fueron positivas, como fue el caso de *Calowrightia neesiana* ($r = 0.691$, $P = 0.006$) y *Bursera submoliniiformis* ($r = 0.564$, $P = 0.028$) (Tabla 4.3, Apéndice 3).

4.4. Similitud

El análisis de similitud de especies mediante el método de Bray-Curtis con los datos promedio de la cobertura vegetal, reveló la presencia de cuatro grupos en un rango de similitud del 42 al 59% (Fig. 4.10). El primer grupo lo conformaron las tres parcelas del sitio ExBasurero, el segundo fue integrado por las tres parcelas de SnRafael, seguido por el grupo conformado por las tres parcelas de GpeVictoria y las parcelas 2 y 3 del sitio de Referencia, en tanto que en el cuarto sólo aparece la parcela 1 del sitio Referencia. Resultados idénticos se obtuvieron del análisis de componentes principales (ACP) (basado en los datos promedio de la cobertura vegetal y las medidas de disturbio de ambas temporadas; ver Apéndice 1) (Fig. 4.11). En el análisis se consideraron tres componentes principales: el primero (CP1) explicó 19.2% de la varianza, el segundo componente (CP2) explicó el 14.3% y el tercero el 13.2%, que en conjunto explicaron el 46.7% de la variación. Ninguno de los componentes principales estuvo correlacionado significativamente con la cobertura relativa de ninguna de las especies registradas.

Tabla 4.3. Índices de correlación entre la cobertura relativa de las plantas con cuatro medidas de disturbio (fracción de suelo desnudo, fracción de terreno cubierto por caminos, fracción de área cubierta con heces de ganado caprino y fracción acumulada de terreno afectado por las variables mencionadas) en el Ejido San José Tilapa, Pue. durante la época de lluvias (septiembre, 2012) y secas (marzo, 2013). $P < 0.05^*$, $P < 0.01^{**}$, $P < 0.001^{***}$, g.l.= 10. Se presentan los datos de las especies de plantas cuyas coberturas registraron al menos una correlación significativa. Los datos para cada especie se señalan en el Apéndice 3.

Especie	Temporada de lluvias (septiembre, 2012)			
	R			
	suelo desnudo	caminos	depósito de heces	Global
<i>Acalypha monostachya</i>	-0.202	-0.392	0.728	0.616*
<i>Bursera aptera</i>	0.772**	-0.701**	-0.401	0.401
<i>Bursera fagaroides</i>	-0.284	0.360	0.857***	0.167
<i>Caesalpinia pringlei</i>	-0.401	-0.085	-0.225	-0.653*
<i>Cenchrus incertus</i>	0.656*	-0.618*	-0.319	0.334
<i>Carlowrightia neesiana</i>	-0.224	0.515*	0.007	0.048
<i>Castela erecta</i>	0.676**	-0.331	-0.010	0.623*
<i>Celtis pallida</i>	-0.559*	0.615*	0.551*	-0.129
<i>Cyrtocarpa procera</i>	-0.336	-0.043	-0.191	-0.529*
<i>Ferocactus latispinus</i>	-0.630*	0.729**	0.474	-0.174
<i>Furcraea macdougallii</i>	0.611*	-0.290	-0.175	0.539*
<i>Hibiscus phoeniceus</i>	-0.279	0.501*	0.070	-0.010
<i>Manihot pauciflora</i>	-0.692**	0.276	0.155	-0.660**
<i>Melochia tomentosa</i>	-0.263	-0.183	-0.275	-0.554*
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	0.682**	-0.335	-0.204	0.592*
<i>Mimosa polyantha</i>	-0.124	0.193	0.692**	0.206
<i>Neobuxbaumia tetezo</i>	-0.176	-0.506*	-0.365	-0.683**
<i>Opuntia velutina</i>	-0.648*	0.699**	0.627*	-0.164
<i>Passiflora exudans</i>	-0.309	0.226	0.717**	-0.002
<i>Petiveria alliacea</i>	0.754**	-0.541*	-0.221	0.545*
<i>Randia thurberi</i>	-0.449	-0.036	-0.026	-0.612*
<i>Ruellia hirsuto glandulosa</i>	-0.156	-0.381	-0.251	-0.537*
<i>Ruellia nudiflora</i>	0.639*	-0.331	-0.167	0.553*
<i>Senna wislizeni</i>	-0.460	0.790**	0.547*	0.109
<i>Solanum trilobatum</i>	0.618*	-0.425	-0.217	0.446
Especie 1	-0.522*	0.504*	0.531*	-0.162

Tabla 4.3. Continúa.

Especie	Temporada de secas (marzo, 2013)			
	R			
	suelo desnudo	caminos	depósito de heces	Global
<i>Acacia farnesiana</i>	0.639*	-0.331	-0.167	0.553*
<i>Bursera submoniliformis</i>	0.745**	-0.481	-0.243	0.564*
<i>Carlowrightia neesiana</i>	0.894***	-0.561*	-0.284	0.691**
<i>Ceiba aesculifolia</i>	-0.452	-0.071	-0.111	-0.669**
<i>Cordia globosa</i>	-0.357	0.733**	0.252	0.103
<i>Escontria chiotilla</i>	-0.567*	0.401	0.503*	-0.295
<i>Herissantia crispa</i>	-0.271	-0.195	-0.113	-0.517*
<i>Lantana cámara</i>	-0.279	0.589*	0.038	0.036
<i>Lysiloma microphylla</i>	-0.289	-0.314	-0.294	-0.672**
<i>Mammillaria carnea</i>	-0.598*	0.390	0.045	-0.503*
<i>Mimosa polyantha</i>	-0.380	0.755**	0.746**	0.261
<i>Montanoa tomentosa</i>	-0.437	-0.141	-0.255	-0.745**
<i>Opuntia pilifera</i>	-0.757**	0.706**	0.650*	-0.292
<i>Ruellia nudiflora</i>	0.639*	-0.331	-0.167	0.553*
<i>Sanvitalia procumbens</i>	-0.403	0.801***	0.691**	0.241
<i>Senna wislizeni</i>	-0.288	0.4525	0.946***	0.252
<i>Solanum trilobatum</i>	-0.355	0.663**	0.052	-0.010
<i>Stenocereus pruinosus</i>	-0.215	0.390	0.948***	0.307
<i>Viguiera deltoidea</i>	0.609*	-0.566*	-0.321	0.307
<i>Ziziphus mexicana</i>	-0.578*	0.629*	0.115	-0.297

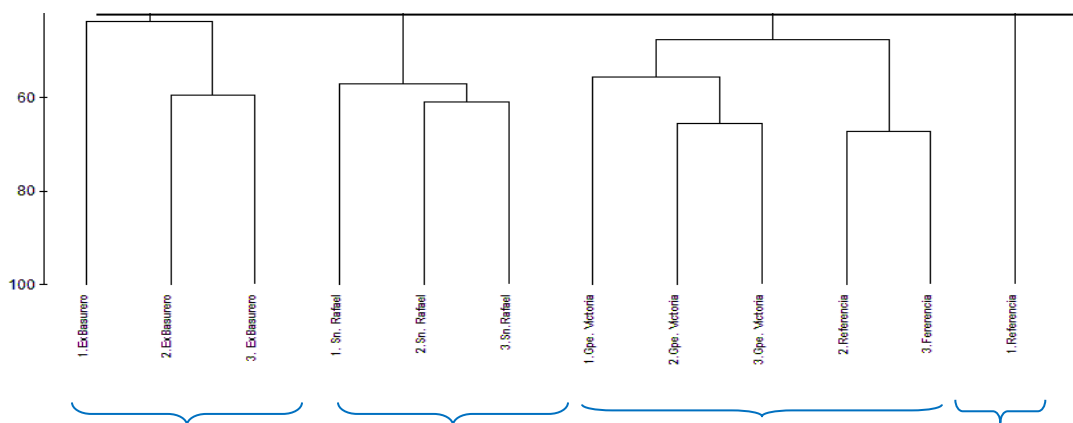


Figura 4.10. Dendrograma basado en el análisis de similitud de Bray Curtis que compara los datos de la cobertura de especies vegetales en 12 parcelas repartidas en cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Coxcatlán, Pue. Se usaron datos promedio de la cobertura de cada especie vegetal de septiembre de 2012 y marzo de 2013.

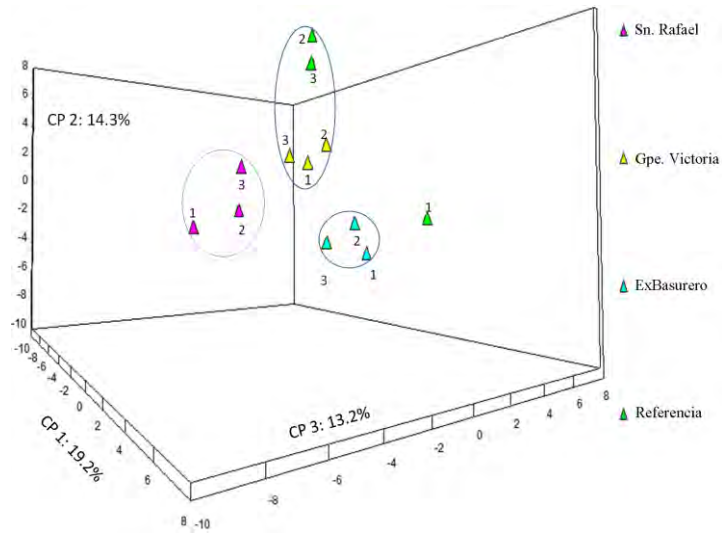


Figura 4.11. Análisis de componentes principales que compara los datos de la cobertura de especies vegetales en 12 parcelas repartidas en cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Coxcatlán, Pue. Se usaron datos promedio (septiembre de 2012 y marzo de 2013) de la cobertura de cada especie vegetal, así como las medidas de disturbio: fracción de suelo desnudo, de caminos inducidos por ganado caprino y de área cubierta por sus heces.

5. DISCUSIÓN

5.1. Los disturbios en la zona

De manera general, en el Ejido San José Tilapa destaca la existencia de factores asociados al disturbio como el pisoteo, el depósito de heces y la remoción de la cobertura vegetal, provocados por las actividades del ganado caprino. Estos factores asociados, también han sido documentados por Zavala-Hurtado y Hernández-Cárdenas (1999), quienes discuten que en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán el sobrepastoreo es la principal causa de disturbio ambiental y en general, una de las actividades que más degrada la vegetación (Cardel *et al.*, 1997; Esparza-Olguín *et al.*, 2002). De hecho, el efecto provocado por las actividades pecuarias es uno de los ejes centrales que contribuyen a la intensificación de los principales problemas que enfrenta el planeta, tales como el calentamiento global, la degradación del suelo, la contaminación atmosférica y del agua, así como la pérdida de biodiversidad (FAO, 2006). Y aunque a la fecha no se ha realizado un estudio regional detallado de los beneficios-ingresos económicos vs deterioro ambiental, con la finalidad de conocer qué aporta esta actividad a los pobladores del Ejido San José Tilapa, a nivel global y pese a sus repercusiones al ambiente, se sabe que esta actividad no contribuye en gran medida a la economía global, puesto que genera poco menos del 1.5% del total del PIB (FAO, 2006).

Los pobladores de San José Tilapa aseguran también que en la zona existe la presencia de otro tipo de ganado, como el vacuno y el ovino, pero considerablemente en menor proporción. En el caso del vacuno, éste se encuentra dentro de establos y los rebaños de ovino son considerablemente reducidos en comparación con los del ganado caprino y su actividad se concentra lejos de la zona muestreada en este estudio. Por lo tanto, el impacto sobre la vegetación es claramente adjudicado al ganado caprino. Por otro lado, pero muy relacionado con los factores de disturbio de la zona, se observa también el depósito de

desechos inorgánicos al aire libre; así como la introducción de algunas especies vegetales exóticas de agave y la extracción de materiales para la construcción (Mendoza, 2013). Los habitantes del ejido, aparte de dedicarse a la ganadería extensiva, también se dedican al cultivo de maíz, caña de azúcar, melón y sandía (Medina-Sánchez, 2000; Lira *et al.*, 2008; obs. pers.); los cuales también afectan la pérdida de la cobertura vegetal en la región (Albino-García *et al.*, 2011). Todos estos factores contribuyen a la erosión y compactación del suelo y la modificación del drenaje, que finalmente provocan una disminución de la diversidad de la zona (Albino-García *et al.*, 2011).

5.2. Medidas de disturbio

En este estudio el sitio ExBasurero registró los valores significativamente más altos de disturbio, en relación a los demás sitios estudiados, principalmente respecto al sitio Referencia, lo cual concuerda con la hipótesis planteada en este trabajo.

5.2.1. Incidencia de caminos y depósito de heces de ganado caprino. El sitio con mayor incidencia de caminos de ganado, así como de depósito de heces fue GpeVictoria, seguido de SnRafael y Referencia, lo que se atribuye al hecho que las parcelas fueron localizadas más próximas a los caminos y a la carretera, lo que las hace más accesibles para el paso del ganado. Esto se traduce en que la cobertura vegetal de GpeVictoria es menor, lo que a su vez provoca que el ganado tenga que recorrer distancias más largas para encontrar alimento y, aunque en la época de lluvias los caminos tienden a disminuir por el crecimiento, principalmente de algunas hierbas, muchos de estos senderos siguen permaneciendo yermos de vegetación. Por otra parte, los valores de fracción de terreno cubierto por caminos y depósito de heces fueron bajos debido al deterioro del lugar

(GpeVictoria), puesto que el ganado no encuentra alimento disponible (C. Martínez-Caldrón, datos no pub.).

5.2.2. *Fracción de suelo desnudo.* El sitio que resultó con mayor porcentaje de suelo desnudo en ambas temporadas fue el sitio ExBasurero, debido a la sobreexplotación del lugar que causó el deterioro del suelo por las excavaciones realizadas. Este factor, además, es favorecido por el paso de vehículos, actividad detectada por la presencia de amplias extensiones con huellas de neumáticos. Sin embargo, es importante rescatar que pese a estas condiciones, en algunas partes libres de las rodadas de neumáticos, fue posible observar algunas plantas jóvenes, aunque en una proporción muy baja, creciendo entre la roca expuesta, tales como *Acalypha monostachya*, *Boerhavia coccinea* y *Carlowrightia neesiana*, característica que favorece la recuperación del sitio, como parte inicial de un proceso de sucesión; mismas que pueden considerarse en un proyecto de restauración ecológica del sitio.

De acuerdo con lo esperado, en la época de secas el porcentaje de suelo desnudo fue mayor que en la época de lluvias ya que en esta última la densidad de plantas es mayor y crecen rápidamente las hierbas y arbustos, además de aumentar la biomasa en general (ver Figs. 4.6 y 4.7.).

5.2.3. *Disturbio global.* El análisis en conjunto de los tres factores observados (suelo desnudo + caminos + depósito de heces) demuestra que de manera general las lluvias compensan el efecto de los disturbios sobre las comunidades vegetales del sitio, ya que se observa una marcada tendencia a incrementar los valores de los disturbios observados en la época de secas, esto influenciado por el componente herbáceo con presencia anual que depende de la lluvia. Esto y mucho más está involucrado en el acontecer de una estación tan productiva como la húmeda, como todos los procesos relacionados con el

establecimiento y la germinación, que a su vez están influenciados por el banco y lluvia de semillas, así como por la calidad y cantidad de recursos del suelo; además del amortiguamiento microclimático, las variaciones en la longitud de luz fotosintéticamente activa y desde luego muchas interacciones que posiblemente se presenten, como las micorrizas.

En este sentido, por ejemplo, GpeVictoria, que fue el sitio más afectado durante la época de secas, registra valores de disturbio más reducidos en la temporada de lluvias. Asimismo, el sitio Referencia, que registra bajos valores de disturbio de manera global, también tiende a experimentar menores impactos de disturbio en la época de secas. En este sentido, las parcelas de este sitio pueden seguir siendo contempladas como sitios de referencia en estudios posteriores.

Los factores de disturbio medidos disminuyen durante la época de lluvias también en gran medida a que la vegetación propicia que muchos de los caminos desaparezcan, porque son cubiertos nuevamente por la biomasa y que en esta misma temporada las heces se desintegren con mayor facilidad.

5.3. Efecto de la ganadería sobre las comunidades vegetales

Los efectos que propicia la ganadería extensiva sobre las comunidades vegetales suelen ser muy evidentes, ya que la pérdida de tejido puede resultar en un efecto negativo directo sobre el crecimiento de la planta, e indirecto alterando los procesos de producción de flores, polinización y producción de semillas (Mothershead y Marquis, 2000; Poveda *et al.*, 2003; Parra-Tabla y Herrera, 2010; Olalde-Estrada, 2015), pero la envergadura de su efecto dependerá del tipo de ganado, si la práctica es intensiva o extensiva y de la historia de pastoreo (Steinfeld *et al.*, 2006).

En el año 2000 la ganadería constituía cerca del 20% del total de la biomasa animal terrestre, y el 30% de la superficie que ocupa hoy en día estuvo antes habitada por fauna silvestre, la cual ha sido desplazada por la intensificación de esta práctica (IUCN, 2000). La ganadería también contribuye al cambio de hábitat; pero además cuando el sobrepastoreo y las altas densidades de carga aceleran la desertificación (Pons *et al.*, 1989). De hecho, un análisis de la lista roja de especies amenazadas de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN, 2000) muestra que la mayoría de las especies amenazadas en el mundo se ven sometidas a pérdidas de hábitats debido a la actividad ganadera. La ganadería exagera el papel funcional de los herbívoros que bajo interacciones ecológicas “sanas” constituyen un elemento muy importante en la dinámica y funcionamiento básico de la vegetación (Russell *et al.*, 2001). La ganadería sin control termina afectando la composición de la comunidad vegetal (Bridle y Kirkpatrick, 1999), la productividad del ecosistema y el ciclo de nutrientes (Hobbs, 1996; Belsky y Blumenthal, 1997).

Por otra parte, el hecho de que exista un conflicto entre la ganadería y la diversidad vegetal no significa que esta actividad tenga consecuencias prácticas graves en todos los casos (Cingolani *et al.*, 2005). En general, en este estudio, se observa que algunas de las especies registradas están correlacionadas positivamente con algún tipo de disturbio, pero negativamente con otro, dependiendo la temporada que transcurra. Por ejemplo, la extensión de área de suelo desnudo estuvo correlacionada negativamente con la cobertura relativa de 10 especies vegetales y cinco de ellas también se correlacionaron positivamente con los caminos de ganado. En un estudio posterior podría investigarse cuál ha sido el tiempo de permanencia de estas especies en el sitio y si el ganado no ha desplazado a estas especies.

Estos resultados pueden ayudar a formular hipótesis acerca del efecto que tienen los disturbios causados por el ganado caprino y la incidencia de suelo desnudo sobre las comunidades vegetales de SBC. Actualmente, por ejemplo, se está investigando la función de este tipo de ganado como dispersor de semillas en la región en la que se realizó el presente estudio (C. Martínez-Calderón, datos no pub.). Sin embargo, el posible papel benéfico de estos herbívoros debe ser tomado con mucha cautela, ya que no debe perderse de vista que, aunque algunas especies puedan beneficiarse de este disturbio, el pastoreo caprino sigue siendo una fuerte presión para la vegetación conservada, ya que los chivos consumen los nuevos brotes vegetales que posiblemente ellos mismos dispersan (Molinillo, 1992). Por esta razón, es importante impulsar nuevos estudios para conocer más acerca del impacto que tiene el ganado caprino sobre la vegetación y su regeneración, sobre todo porque los experimentos de corto plazo en parcelas de pequeña extensión no pueden explicar con precisión procesos que ocurren a grandes escalas geográficas y largos periodos de tiempo, ya que de éstos emergen relaciones e interacciones de alta complejidad que no son detectados por los métodos convencionales de investigación (Hobbs, 1998).

En este contexto, se ha documentado que la respuesta de algunas especies ante la herbivoría es la de desarrollar mecanismos de defensa mediante la producción de barreras físicas, como tricomas y hojas duras, así como la síntesis de metabolitos secundarios, una producción de biomasa con baja calidad nutritiva, un crecimiento somático acelerado, la expansión rápida de hojas nuevas, y la producción de hojas durante la época seca respecto a plantas no consumidas (Granados-Sánchez *et al.*, 2008). Dichos mecanismos se han definido como mecanismos resultantes de la coevolución entre plantas y herbívoros (Paige y Whitham, 1987). Un caso particular se documentó hace 50 años en Europa occidental e Israel, cuando con el fin de conservar grandes extensiones de pastizales se excluyeron del

pastoreo (Naveh y Whittaker, 1980). En este caso, la exclusión del ganado provocó que la vegetación cambiara drásticamente, pues aumentó la cobertura de altos pastos perennes muy competitivos, así como la frecuencia de ciertos árboles y arbustos; factores que iban desplazando a las plantas heliófilas de talla pequeña, que constituían la mayor riqueza del pastizal y las especies blanco para las cuales se creó la reserva. En este estudio, se encontró que el pastoreo tradicional, al reducir la cobertura de pastos dominantes y frenar la invasión de plantas leñosas, había mantenido una alta diversidad vegetal en el sitio. La conclusión fue que para mantener esta diversidad, había que reintroducir el pastoreo de manera controlada (Wells, 1969; Naveh y Whittaker, 1980). Empero, es importante considerar que la toma de decisiones para la conservación de determinadas áreas debe contemplar la historia de pastoreo del sitio. En este sentido, la historia de pastoreo en el Viejo Mundo y el continente americano no pueden ser de ninguna manera equiparables, puesto que en el primero ésta data desde hace 7000 años para las cabras, que, de hecho, fueron los primeros animales domesticados para el pastoreo por el hombre (Mazoyer y Roudart, 1997). En contraste, en América la historia de pastoreo data de apenas 500 años (Malamud, 2014). En este sentido, Whittaker, (1977) sugiere que la historia de milenios de evolución bajo disturbio por pastoreo explica la alta diversidad en comunidades vegetales en la Cuenca Mediterránea, la cual se maximiza a una alta intensidad de pastoreo.

5.4. El problema del ganado caprino

Una especie exótica invasiva es aquella se establece en ecosistemas o hábitats naturales o seminaturales diferentes a su lugar de origen y amenaza la diversidad biológica autóctona (IUCN, 2000), por lo cual el ganado, incluidas las cabras, ovejas, cerdos, conejos y asnos son considerados como especies exóticas de los hábitats americanos. Uno de los efectos

mejor documentados de las especies invasoras es el impacto dramático de los herbívoros mamíferos, especialmente las cabras, en la vegetación de pequeñas islas, donde han causado la extinción de las especies autóctonas y cambios pronunciados en el dominio y fisionomía, afectando a otros organismos (Brown, 1989). Las cabras pueden contribuir a la dispersión de semillas, siendo responsables del éxito de muchas más especies invasoras (Rejmánek *et al.*, 2005). En Australia, por ejemplo, más del 50% de las especies de plantas naturalizadas son dispersadas por estos animales (Rejmánek *et al.*, 2005). En México, durante más de 500 años la actividad ganadera con predominancia caprina ha venido moldeando los paisajes de la zona de la reserva de Tehuacán-Cuicatlán con consecuencias muy desfavorables para el suelo y las comunidades de plantas (Molinillo, 1992). Los hábitos alimentarios generalistas de los chivos les permiten vivir en todo tipo de vegetación y alimentarse de un amplio ámbito de plantas, incluyendo los nuevos brotes vegetales (Molinillo, 1992), lo que ha ocasionado una de las presiones de disturbio más serias en la zona.

La influencia que ha ejercido el hombre sobre el bosque tropical caducifolio es difícil de generalizar, pues de una región a otra se presentan diferencias notables (Rzedowski, 1978), aunque el impacto de las actividades humanas sobre este tipo de vegetación es considerablemente menor al que sufren los bosques tropicales perennifolios (Rzedowski, 1978). Tal circunstancia obedece al hecho de que los suelos someros y pedregosos, característicos de la SBC, no son de los mejores para la agricultura (Rzedowski, 1978). Sin embargo, en las zonas donde sí se practica esta actividad, los cultivos más frecuentes son el maíz, frijol, garbanzo y el ajonjolí, así como algunas frutas de clima cálido (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1978). En muchas regiones la actividad que tiene mayor

influencia es la ganadería extensiva de autoconsumo como cabras, ovejas, cerdos y vacas (Miranda y Hernández-X, 1963, Rzedowski, 1978).

Dada la importancia de la selva baja caducifolia para las economías locales, por su papel en la regulación de los sistemas hídricos regional y nacional y como reservorio de una gran biodiversidad es importante minimizar el impacto de los diferentes tipos de manejo, para así poder predecir impactos y planificar manejos sostenibles (Posse *et al.*, 2000).

5.5. Variación espacial de la comunidad vegetal

Las selvas bajas caducifolias son consideradas como uno de los ecosistemas más diversos en nuestro país, puesto que tienen un componente endémico muy importante estimado en 25% al nivel de género y en 40% al de especie (Rzedowski, 1978), influenciado por los factores climáticos, y suelen ser ambientes muy heterogéneos en cuanto a estructura y composición florística (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1978). No obstante, no sólo los factores climáticos determinan los rasgos de las comunidades de selva baja en un área, sino también el tipo de suelo, su profundidad, la porosidad, la permeabilidad de la roca, la historia geológica, así como los regímenes de disturbio naturales y antrópicos, entre otros fenómenos. Por esta razón los disturbios antropogénicos, como el sobrepastoreo de cabras, puede afectar el establecimiento de una determinada comunidad vegetal (Trejo, 1998). Se ha discutido que la combinación de estos factores, en conjunto con los factores bióticos (como la competencia y las interacciones con los animales), es lo que puede repercutir en la distribución, patrones de diversidad y en la estructura y composición de las comunidades de selva baja (Bullock *et al.*, 1995; Trejo, 1998); ya que se ha observado que estos ecosistemas pueden alcanzar una riqueza de especies alta (aunque menor a la de los

bosques tropicales perennifolios) y la composición de especies es muy diferente entre sitios y regiones, es decir, tienen una elevada diversidad β (Challenger, 1998; Trejo, 2005), debido a los factores ambientales.

Este tipo de observaciones se corrobora con los datos obtenidos, pues se registró baja dominancia de especies y un alto recambio de especies entre localidades y parcelas. Las diferencias en la composición de especies de las comunidades muestreadas señalan una alta diversidad β al igual que sitios de selva baja caducifolia estudiados en México por Trejo (1998), que muestran una gran diversidad florística y fundamentalmente una gran amplitud en la composición florística, ya que las especies que se desarrollan en un sitio son compartidas en proporciones muy bajas con otros sitios del mismo tipo de vegetación.

El sitio de Referencia se encuentra significativamente mejor conservado que el sitio ExBasurero, lo cual concuerda con la riqueza vegetal que registra. De acuerdo con los resultados obtenidos de la parcela 1 de este sitio, ésta tiene una estructura vegetal particular en comparación con todas las demás parcelas (Apéndice 2), ya que contiene especies vegetales particulares como: *Solanum trilobatum*, *Acacia cornigera*, *Cenchrus incertus* y *Stenocereus stellatus*. Esto sugiere que en una escala pequeña (< 1 ha) hay parcelas con una composición vegetal particular.

La comparación de la riqueza específica de la vegetación del Ejido San José Tilapa con otras comunidades vegetales de SBC del país es posible que debido a que para todas ellas se cuenta con tamaños de muestra relativamente equivalentes, correspondientes al trabajo de Trejo y Dirzo (2002), sin embargo deben tomarse con precaución puesto que la selección de los sitios, contrario a este trabajo, se establecieron en lugares con pendiente y los individuos muestreados fueron mayores a 1.3 m de altura. En este contexto, es posible que si se incluyeran muestreos en zonas donde la pendiente cambiara, es probable que se

encontrara la presencia de otras especies arbóreas más representativas de la región en general. No obstante, esta comparación permite realizar una aproximación de la riqueza registrada en otros sitios de SBC. Es posible observar que la riqueza específica de los cuatro sitios del Ejido San José Tilapa (34-53 especies) es superior a la registrada en Calipam, Pue. (29 especies) y dentro del rango observado, en Álamos, Son. y Zináparo, Mich. (46 y 48 especies, respectivamente). Asimismo, la riqueza de especies del sitio SnRafael (53 especies) se encuentra cercana a la de El Pensil, Tamps. y La Burrera, BCS (con 56 y 57 especies, respectivamente), y más bien lejana del resto de los sitios estudiados por Trejo y Dirzo (2002), en los cuales se ha registrado hasta 123 especies. Esta diferencia en riqueza de especies entre sitios puede deberse a dos aspectos generales: 1) la región de Tehuacán-Cuicatlán representa el extremo de distribución de la SBC en el país, el cual se encuentra en contacto directo con el matorral xerófilo; pero dada su estructura y características florísticas sigue siendo clasificado como SBC (Trejo y Dirzo, 2002), aunque los resultados de este trabajo sugieren que puede ser catalogado como un bosque espinoso, dada la dominancia de especies como *Prosopis laevigata*, *Mimosa luisana*, *Acacia cochliacantha*, *Mimosa polyntha*, *Parkinsonia praecox* y *Ziziphus mexicana* que contribuyen en conjunto un 34.41% de la cobertura y 2) el disturbio puede estar frenando el desarrollo potencial de esta selva, intuido entre otras cosas a partir del desarrollo del estrato herbáceo en la zona (Rzedowski, 1978), forma de crecimiento que no es reportada para los otros sitios de estudio en el país.

5.6. Variación temporal de la comunidad vegetal

La riqueza y la estructura de la comunidad vegetal también varió considerablemente entre temporadas (Apéndice 2). Esta riqueza fue mayor en lluvias debido a que en esta

temporada las plantas con estructuras subterráneas de resistencia y las plantas anuales desarrollan tejidos aéreos evidentes, lo que incrementa la cobertura vegetal en los diferentes sitios del ejido. Asimismo, en esta temporada se hace menos evidente el disturbio ocasionado por el ganado caprino. Además, debido a que hay mayor oferta de alimento, se propicia que las mismas plantas no sean atacadas por los chivos por mucho tiempo y que el daño ocasionado a la vegetación sea menor. No obstante, aunque en la temporada de lluvias hay mayor riqueza y cobertura de plantas con tejidos aéreos frescos, se registra también la remoción de plántulas en la región (obs. pers.).

5.7 Propuesta de restauración ecológica

Para la conservación de la diversidad amenazada por los distintos disturbios en la zona se requiere la elaboración de un plan de manejo de restauración ecológica que garantice maximizar la conservación de esta porción de selva baja caducifolia, así como de su plusvalía histórica que en conjunto contribuyen al sustento de las comunidades humanas que habitan la zona. Mendoza (2013) elaboró una propuesta de restauración ecológica diseñada particularmente para la zona del ExBasurero tomando como referencia un sitio adyacente considerando datos de cobertura foliar, cobertura de suelo desnudo, cobertura de costra biológica, cobertura del mantillo, tamaño de claros en el dosel, densidad aparente, textura del suelo y cobertura vegetal. Estos datos fueron registrados una sola vez al término de la temporada de lluvias, en octubre del año 2012. El número de especies reportadas en la zona del ExBasurero en dicho estudio fueron 33, lo cual concuerda con el promedio de las dos temporadas muestreadas en este trabajo. Mendoza (2013) también reporta diferencias significativas entre la zona del ExBasurero y una zona de adyacente de referencia en cuanto a riqueza de especies ($F_{4,12} = 5.33$; $P < 0.05$) y la cantidad de suelo

desnudo entre ambos sitios ($F_{3,10} = 5.36$; $P < 0.05$), al igual que este estudio. La propuesta de Mendoza (2013) plantea una estrategia de restauración que consiste en la producción de plántulas en invernadero mediante jornadas de recolección de semillas y frutos para el posterior trasplante al entorno natural mediante la participación en conjunto de las autoridades ejidales y de la población en general. En este contexto, Olalde-Estrada (2015) también propone cultivar en invernadero y trasplantar al sitio ExBasurero las especies *Opuntia pilifera*, *O. depresa* y *O. rastrera* con el objetivo de atraer abejas de la especie *Ashmeadiella bequaerti*; así como también especies como *Herissantia crispa* y *Sanvitalia procumbens* para fortalecer la red de interacciones de la comunidad de abejas en el sitio y a su vez, aumentar la riqueza vegetal.

Como resultado de este trabajo, se propone la ejecución de una de las siguientes propuestas de restauración ecológica en la zona:

1. La exclusión del ganado es considerado como uno de los métodos más útiles para el análisis de los efectos que los herbívoros tienen sobre la comunidad vegetal (Casas *et al.*, 2007, Collard *et al.*, 2010; Wesche *et al.*, 2010). Por tal motivo, se propone realizar una exclusión de ganado en la mitad del área de las parcelas estudiadas en este trabajo, de modo que una parte quede como control y la otra como la experimental. La exclusión de ganado permitiría potenciar el incremento de tamaño y producción de plántulas, así como la liberación del forrajeo de las plantas adultas perennes (Casas *et al.*, 2007). De esta acción se espera que haya diferencias visibles a corto plazo (1 año) en las especies anuales, con un posible incremento de sus tamaños poblacionales o en su producción de flores (ver Collard *et al.* 2010), mientras que los cambios en la composición de la comunidad vegetal leñosa necesitarán largos periodos para ser observados (Fernández-Lugo *et al.*, 2009). El efecto que la exclusión de los herbívoros

pueda tener sobre el crecimiento y reproducción de las plantas estará íntimamente relacionado con la palatabilidad y nivel de consumo de cada especie vegetal que se encuentra fuera de las exclusiones (Baraza *et al.*, 2008). Consecuentemente, bajo este escenario se esperaría que fueran las especies más apetecibles las que presentaran una respuesta inmediata tras la eliminación del herbívoro, aumentando su crecimiento y éxito reproductivo (Collard *et al.*, 2010).

2. De acuerdo con Mendoza-Hernández (2013), y como segunda propuesta para abordar un proyecto de restauración ecológica en el sitio de estudio, se sugiere implementarla bajo el concepto de una comunidad sintética, la cual ha sido definida por el autor como un grupo mezclado de especies tanto dominantes como escasas seleccionadas a partir de la composición florística de sitios con bajo nivel de disturbio con base en los valores de importancia de las especies vegetales. En este sentido, las especies con mayor valor de importancia del sitio Referencia corresponden a *P. laevigata*, *M. tomentosa*, *M. luisana*, *L. microphylla* y *Z. mexicana* (los valores de importancia de cada especie vegetal se encuentran en el apéndice 4) las cuales pueden fungir como especies facilitadoras para que crezcan debajo de sus copas especies en las que se observó una correlación negativa con los diferentes tipos de disturbios y que tuvieron valores de importancia pobres, tales como *N. tetezo*, *R. thurberi*, *M. carnea* y *C. pringlei*, amortiguando las altas temperaturas tanto del aire como del suelo e incrementando la disponibilidad de agua para favorecer el crecimiento de estas plantas (Pugnaire 2010, Mendoza-Hernández, 2013). Se sugiere que una vez que se identifiquen la localización de los sitios seguros, estos se protejan con algún tipo de barrera que permita mayor resguardo. Además, de ser posible, con los restos de vegetación de las especies muy dominantes, es posible hacer una composta que

mezclada con suelo de las zonas mejor conservadas pudiera servir de mejorador de sitios seguros.

La metodología propuesta por Mendoza-Hernández (2013) implementada en ecosistemas con ambientes extremos, tales como las SBC puede ayudar a la regeneración de las comunidades vegetales durante la restauración ecológica, ya que se crean sitios seguros de establecimiento para especies menos tolerantes a las condiciones ambientales (Padilla y Pugnaire, 2006 y Mendoza-Hernández, 2013). Aunque debe ponerse en consideración la variación ambiental producida por los cambios de relieve, diferentes al que se estudia en este trabajo.

De manera complementaria, en los cuatro sitios se propone realizar una lluvia de semillas con las especies nativas que aún se encuentran en la zona reportadas en este trabajo. También se recomienda identificar las especies vegetales que logran crecer sobre las rocas en el sitio ExBasurero para su posible consideración en la segunda propuesta de restauración.

Pese al disturbio observado en el sitio se puede considerar que las primeras acciones de restauración en la zona del ExBasurero han sido parcialmente avanzadas por el retiro de la mayor parte de basura; sin embargo, aún hay evidencia de restos de plásticos y vidrio, por lo cual se recomienda hacer actividades adicionales de remoción de residuos antes de implementar cualquier tipo de manejo y la implementación de un proyecto de restauración ecológica con planes de monitoreo a mediano y largo plazo, los cuales permitirán conocer de manera más detallada los cambios en la estructura de la comunidad vegetal. De manera complementaria, se sugiere llevar a cabo el monitoreo a mediano y largo plazo para determinar el alcance de las acciones de restauración y documentar la historia de pastoreo en la zona y la respuesta de las comunidades vegetales.

5.8 Implicaciones del estudio

El sitio de estudio tiene un alto valor, tanto biológico como histórico, que merece ser conservado, ya que es parte de una de las reservas ecológicas que alberga mayor cantidad de especies endémicas de cactáceas en nuestro país (Rzedowski, 1978). Para lograr una mejora en las condiciones del estado de la vegetación y una disminución de los impactos de los disturbios en la zona es necesario implementar estudios de monitoreo a mediano y largo plazo de las comunidades vegetales, así como de especies indicadoras de disturbio (Olalde-Estrada, 2015), con la participación de la población del Ejido, autoridades gubernamentales e instituciones especializadas.

Debe darse especial atención al análisis de la estructura de la comunidad vegetal en zonas de selva baja caducifolia sometidas a disturbios por ganado caprino debido a que éste constituye el tercer tipo de vegetación más abundante en nuestro país el cual es una fuente primordial de diversidad, así como por la importancia de este ambiente para las economías locales y la regulación de los sistemas hídricos regional y nacional. Todo lo anterior deberá minimizar el impacto de los diferentes tipos de manejo y así poder predecir impactos y planificar un manejo sostenible de sus recursos naturales.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se formulan las siguientes conclusiones.

1. Se registró un total de 90 especies vegetales en ambas temporadas.
2. El sitio con mayor riqueza de especies fue el sitio SnRafael ($S_{acum}= 68$), seguido del sitio Referencia ($S_{acum}= 62$), en tercer lugar Gpe. Victoria ($S_{acum}= 48$) y por último el sitio ExBasurero ($S_{acum}= 43$).
3. En ambas temporadas SnRafael registró la mayor diversidad y la menor dominancia de especies.
4. El sitio ExBasurero obtuvo la menor diversidad y la mayor dominancia de especies.
5. Se encontraron diferencias significativas entre la riqueza de especies vegetales del sitio ExBasurero y el sitio de Referencia ($F_{3,8}=8.510$, $P<0.050$).
6. Se registró una elevada diversidad β en la estructura de la vegetación de los sitios muestreados.
7. La parcela 1 del sitio Referencia presentó tanto una composición de especies e historia de disturbio distinta al resto de las parcelas.
8. En la región dominaron las especies *Prosopis laevigata*, *Mimosa luisana*, *Acacia cochliacantha*, *Mimosa polyntha*, *Parkinsonia praecox*, *Ziziphus mexicana*, contribuyendo en conjunto un 34.41% de la cobertura total, por lo que se sugiere que el tipo de vegetación de la zona sea el bosque espinoso.
9. La estructura de la comunidad vegetal varió entre temporadas.
10. En la época de lluvias las especies dominantes fueron *A. cochliacantha* y *M. Luisana*.
11. En la temporada de secas la especie dominante fue *M. luisana*.
12. En la temporada de lluvias hay un incremento de las especies no dominantes.

13. El orden del predominio del tipo de crecimiento respecto a la cobertura relativa de las especies fue: arbóreo, herbáceo, arbustivo y suculento.
14. La principal fuente de disturbio en el Ejido fue el pastoreo por ganado caprino inferido a partir del registro de factores como la formación de caminos ocasionados por el pisoteo y el depósito de heces y por la incidencia de suelo desnudo.
15. El sitio ExBasurero fue el que registró mayor porcentaje de área con suelo desnudo (42.8-54.6%).
16. El sitio con mayor incidencia de caminos en ambas temporadas fue GpeVictoria (9.9-26.9% en ambas temporadas), así como también de depósito de heces (2.0-9.3% en ambas temporadas) por ser la localidad más expuesta a la carretera y facilitar el paso del ganado.
17. El efecto global de los tres factores observados incrementó el daño en la época de secas, siendo GpeVictoria el más afectado, y el sitio Referencia el menor.
18. Durante la temporada de lluvias las coberturas relativas de las especies que se correlacionaron positivamente con la fracción de terreno afectado por suelo desnudo y disturbios fueron en su mayoría hierbas y arbustos.
19. La extensión de área con suelo desnudo estuvo mayormente correlacionada con la disminución de la cobertura relativa de las especies en ambas temporadas.
20. Se sugieren dos posibles estrategias de restauración ecológica en la zona del ExBasurero para fomentar la regeneración del sitio, una pasiva y otra como una comunidad sintética.

LITERATURA CITADA

- Albino-García, C., H. Cervantes, M. López, L. Ríos-Casanova y R. Lira. 2011. Patrones de diversidad y aspectos etnobotánicos de las plantas arvenses del valle de Tehuacán-Cuicatlán: el caso de San Rafael, municipio de Coxcatlán, Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **82** (3): 1005-1019.
- Asner, G. P., A. J. Elmore, L. P. Olander, R. E. Martin y A. T. Harris. 2004. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources*, **29** (1): 261-299.
- Baraza, E., S. Ángeles, A. García y A. Valiente-Banuet. 2008. Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México. *Interciencia*, **33**(12): 891-896.
- Belsky, A. J. y D. M. Blumenthal. 1997. Effects of livestock grazing on stand dynamics and soils in upland forests of the interior west. *Conservation Biology*, **11**(2): 315-327.
- Botello, F., J. M. Salazar, P. Illoldi-Rangel, M. Linaje, G. Monroy, D. Duque y V. Sánchez-Cordero. 2006. Primer registro de la nutria neotropical de río (*Lontra longicaudis*) en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **77**(1): 133-135.
- Bray, J. R. y J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, **27**(4): 325-349.
- Bridle, K. L. y J. B. Kirkpatrick. 1999. Comparative effects of stock and wild vertebrate herbivore grazing on treeless subalpine vegetation, eastern central plateau, Tasmania. *Australian Journal of Botany*, **47**(6): 817-834.

- Brown, J. H. 1989. Patterns, modes and extents of invasions by vertebrates. Pp. 85-109, en Drake, J. A., H. A. Mooney, F. di Castri, R. H. Groves, F. J. Kruger, M. Rejmànek, y M. Williamson (eds.). *Biological invasions: a global perspective*, SCOPE 37-Scientific Committee On Problems of the Environment. John Wiley y Sons Ltd., Tiptree, Essex.
- Bullock, S. H. 1995. Plant reproduction in neotropical dry forest. Pp. 277-303, en: Bullock, S. H.; H. A. Mooney y E. Medina (eds.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Byers, D. S. 1967. *The prehistory of the Tehuacán Valley. Environmental and subsistence*. University of Texas Press, Austin, Texas. 399 pp.
- Canales, M. M., T. Hernández, J. Caballero, A. Romo, A. Durán y R. Lira. 2006. Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional de las plantas tradicionales en San Rafael, Coxcatlán, Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México. *Acta Botanica Mexicana*, **75**: 21-43.
- Canfield, R. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Forestry*, **39**: 388-349.
- Cardel, Y., V. Rico-Gray, J. G. García-Franco y L. B. Thien. 1997. Ecological status of *Beaucarnea gracilis*, an endemic species of the semiarid Tehuacán Valley, México. *Conservation Biology*, **11**: 367-374.
- Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet. 2007. *In situ* manage and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*, **100**: 1101-1115.
- Casas, A., A. Valiente-Banuet, J. L. Viveros, J. Caballero, L. Cortés, P. Dávila, R. Lira e I. Rodríguez. 2001. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany*, **55**(1): 129-166.

- Casas, A., B. Pickersgill, J. Cabalero y A. Valiente-Banuet. 1997. Ethnobotany and domestication in xoconochtli, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacan Valley and La Mixteca Baja México. *Economic Botany*, **51**(3): 279-292.
- CNULD, Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. 2003. *La convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación y su dimensión política*. La Habana, Cuba.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México/Agrupación Sierra Madre, México.
- Cingolani, A., I. Noy-Meir y S. Díaz. 2005. Grazing effects on rangeland diversity: a synthesis of contemporary models. *Ecological Applications*, **15**: 757-773.
- Collard, A., L. Lapointe, J. P. Ouellet, M. Crete, A. Lussier, C. Daigle y S. D. Coté. 2010. Slow responses of understorey plants of maple-dominated forests to white-tailed deer experimental exclusion. *Forest Ecology and Management*, **260**(5): 649-662.
- Diamond, J. 1988. Factors controlling species diversity: overview and synthesis. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **75**: 117-129.
- Dregne, H. E. y N. T. Chou. 1994. Global desertification dimensions and costs. Pp. 82-249, en: Dregne, H. E. (ed.). *Degradation and restoration of arid lands*. Texas Technical University, Lubbock.
- Engels, C. L. 2001. *The effect of grazing intensity on rangeland hydrology*. NDSU Central Grasslands Research Extension Center. Disponible en: http://www.ag.ndsu.nodak.edu/streeter/2001report/Chad_engels.htm. Fecha de última consulta: 19 de abril de 2016.

- Esparza-Olguín, L., T. Valverde y E. Vilchis-Anaya. 2002. Demographic analysis of a rare columnar cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacán Valley, México. *Biological Conservation*, **103**(3): 349-359.
- Ezcurra, E. e I. R. Medina. 1997. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 18. Fouquieriaceae. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 13 pp.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006. *World agriculture: towards 2030/2050*. Roma. Disponible en <<http://www.fao.org/es/esd/AT2050web.pdf>>. Fecha de última consulta: 14 de febrero de 2016.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. *Bosques de las zonas áridas*. Disponible en <<http://www.fao.org/forestry/aridzone/39619/es/>> Fecha de última consulta: 13 de abril de 2016).
- Fernández, J. R., P. H. Hernández, J. Enríquez, G. Contreras, J. E. Rojas y S. Sánchez, 2009. *Enciclopedia de los municipios de México: Coxcatlán, Puebla*. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Puebla, en: <<http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/puebla/Mpios/21035a.htm>>. Fecha de última consulta: 12 de octubre de 2012.
- Fernández-Lugo, S., L. de Nascimento, M. Mellado, L. A. Bermejo y J. R. Arévalo. 2009. Vegetation change and chemical soil composition after 4 years of goat grazing exclusion in a Canary Islands pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **132**(3-4): 276-282.

- Fleischner, T. L. 1994. Ecological costs of livestock grazing in western North America. *Conservation Biology*, **8** (3): 629-644.
- García, E. 2004. *Modificaciones al sistema climático de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 90 pp.
- Gay, G. C. (comp.). 2000. *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Instituto Nacional de Ecología/Universidad Nacional Autónoma de México/US Country Studies Program, México 220 pp.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology*, **15**(1): 1-54.
- Gentry, A. H. 1988. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America Washington USA*, **85**(1): 156-159.
- Granados-Sánchez, D., P. Ruíz-Puga y H. Barrera-Escorcia. 2008. Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo*, **14**(1): 51-63.
- Grime, J. P. 2001. Plant strategies, vegetation process and ecosystem properties. *Journal of Ecology*, **93**(6): 1041-1052.
- Hernández, L. 2001. *Historia ambiental de la ganadería en México*. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa. 276 pp.
- Hernández, G. R. y G. G. Herrerías. 2004. *Evolución de la tecnología hidro-agroecológica mesoamericana desde su origen prehistórico*, en: <http://www.alternativas.org.mx/Evolucion%20de%20la%20tecnologia.pdf>.
- Fecha de última consulta: 29 de marzo de 2012.

- Hobbs, N. T. 1996. Modification of ecosystems by ungulates. *Journal of Wildlife Management*, **60**(4): 695-713.
- Hobbs, R. 2001. Synergisms among habitat fragmentation, livestock grazing, and biotic invasions in southwestern Australia. *Conservation Biology*, **15**(6): 1522-1528.
- Hobbs, R. J. 1998. Managing ecological systems and processes, Pp. 459-484, en: Peterson, D. L. y V. T. Parker (eds.). *Ecological scale: Theory and applications*. Columbia University Press, Nueva York.
- Hobbs, R. y L. Huenneke. 1992. Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology*, **6**(3): 324-337.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. *Mapa de climas de los municipios de estado de Puebla*. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/pue/clim.cfm?c=444&e=29> .Fecha de última consulta: 26 de octubre de 2012.
- Laska, G. 2001. The disturbance and vegetation dynamics: a review and an alternative framework. *Plant Ecology*, **157**: 77-99.
- Lira, R., A. Casas, R. Rosas-López, M. Paredes-Flores, E. Pérez-Negrón, S. Rangel-Landa, L. Solís, I. Torres y P. Dávila. 2009. Traditional knowledge and useful plants richness in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany*, **63**(3): 271-287.
- Lira, R., I. Rodríguez, L. García, H. Cervantes, C. M. Flores, J. Vázquez, I. Peñalosa, L. Hernández, M. Urzúa, M. Moreno, G. Ávila, T. Hernández, M. Canales, A. M. García-Bores, R. Serrano, O. Coronado y M. López. 2008. *2º Informe del proyecto conservación de plantas útiles de San Rafael Coxcatlán, a través de bancos de semillas y propagación*. MGU/Useful Plants Project (UPP)–México, Kew Royal

- Botanic Gardens/Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 20 pp.
- Lott, E. J., S. H. Bullock y J. A. Solís-Magallanes. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of coastal Jalisco. *Biotropica*, **19**(3): 228-235.
- Malamud, C. 2014. *Historia de América*. Alianza Editorial, Madrid. 544 pp.
- Martorell C, y E. M. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation*, **124**(2): 199-207.
- Mazoyer M. y L. Roudart. 1997. *Histoire des agricultures du monde. Du Néolithique à la crise contemporaine*. Éditions du Seuil, París. 546 pp.
- Medina-Sánchez, J. 2000. Determinación del vigor y el estado reproductivo de *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) a lo largo de una cronosecuencia edáfica en un abanico aluvial en Coxcatlán, Valle de Tehuacán. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México. 48 pp.
- Mendoza G., M. 2013. Diagnóstico del estado ecológico y propuesta de restauración de un vertedero en San Rafael, Coxcatlán: una zona árida del centro de México. Tesina (Máster universitario en restauración de ecosistemas). Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. 59 pp.
- Mendoza-Hernández, P. E. 2013. Comunidades sintéticas para la restauración sucesional del bosque de encino y el matorral xerófilo del Ajusco Medio, Distrito Federal, México. Tesis doctoral. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. 146 pp.

- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Ediciones Científicas Universitarias (2014), México. 213 pp.
- Molinillo, M. F. 1992. Pastoreo en ecosistemas de páramo: estrategias culturales e impacto sobre la vegetación en la cordillera de Mérida, Venezuela. Tesis de maestría (Ecología tropical). Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 43 pp.
- Mothershead, K. y R. J. Marquis. 2000. Fitness impacts of herbivory through indirect effects on plant-pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. *Ecology*, **81**(1): 30-40.
- Naveh, Z. y R. H. Whittaker. 1980. Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in northern Israel and other Mediterranean areas. *Vegetation*, **41**(1): 171-190.
- Olalde-Estrada, I. 2015. Ecología de abejas en sitios de selva baja caducifolia sujetos a disturbio del Ejido San José Tilapa, Coxcatlán, Pue. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 128 pp.
- Padilla, F. M. y F. I. Pugnaire. 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **4**(4): 196-202.
- Paige, K. N. y T. G. Whitham. 1987. Overcompensation in response to mammalian herbivory: the advantage of being eaten. *The American Naturalist*, **129**(3): 407-416.
- Parra-Tabla V. y C. M. Herrera. 2010. Spatially inconsistent direct and indirect effects of herbivory on floral traits and pollination success in tropical shrub. *Oikos*, **119**(9): 1344-1354.
- Pickett, S. y White P (eds.). 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, Nueva York.

- Pons, A., M. Couteau, J. L. de Beaulieu y M. Reilly. 1989. The plant invasions in Southern Europe from the paleoecological point of view. Pp. 23-59, en Di Castri, F., A. J. Hansen y M. Debussche (eds.). *Biological invasions in Europe and the Mediterranean Basin*. Kluwer Academic Publications, Dordrecht.
- Posada, C. y C. A., Cárdenas. 1999. Banco de semillas germinable de una comunidad vegetal de páramo sometida a quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza). Tesis de pregrado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 60 pp.
- Posse, G., J. Anchorrena y M. B. Collantes. 2000. Spatial micro patterns in the steppe of Tierra del Fuego induced by sheep grazing. *Journal of Vegetation Science*, **11**(1): 43-50.
- Poveda, K., I. Steffan-Dewenter, S. Scheu y T. Tschardt. 2003. Effects of below and above ground herbivores on plant growth, flower visitation and seed set. *Oecologia*, **135**(4): 601-605.
- Pugnaire, I. F. 2010. *Positive plant interactions and community dynamics*. CRC Press, Boca Ratón, Florida. 160 pp.
- Rapport, D. J y W. G. Whitford. 1999. How ecosystems respond to stress. Common properties of arid and aquatic systems. *Bioscience*, **49**(3): 193-203.
- Rejmánek, M., D. M. Richardson, S. I. Higgins, M. J. Pitcairn y E. Grotkopp. 2005. Ecology of invasive plants: State of the art. Pp. 104-161, en: Mooney H. A, R. N. Mack, J. A. McNeely, L. E. Neville, P. J. Schei y J. K. Waage (eds.). *Invasive alien species, a new synthesis*. Island Press, Washington, D.C.

- Russell, F. L., D. B. Zippin y N. L. Fowler. 2001. Effects of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) on plants, plant population and communities: a review. *American Midland Naturalist*, **146**(1): 1-26.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México. 432 pp.
- Sánchez O. 2005. Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al iniciar el siglo XXI. Disponible en:<<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/467/sanchez.html>>. Fecha de última consulta: 29 de marzo de 2012.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental–Especies nativas de México de flora y fauna silvestre–Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio–Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 10 de diciembre de 2010, Ciudad de México.
- Shea, K., S. Roxburgh y E. Rauschert. 2004. Moving from pattern to process: coexistence mechanism under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*, **7**(6): 491-508.
- Sobrado, M. A. 1991. Cost-benefit relationships in deciduous and evergreen leaves of tropical dry forest species. *Functional Ecology*, **5**(5): 608-616.
- Sousa, W. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **15**(1): 353-391.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales y C. de Haan. 2006. *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y soluciones*. FAO, Roma. 469 pp.

- Sundquist, B. 2003. *Grazing lands degradation: A global perspective*. 4ª edición. Washington, DC. 179 pp. Disponible en: <http://home.alltel.net/bsundquist1/og0.html>.
- Tamayo, J. L. 1962. *Geografía general de México*. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 114 pp.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. Pp. 111-122, en Halffter G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gama*. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza.
- Trejo, I. 1998. Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 210 pp.
- Trejo I. y Dirzo R. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, **11**(4): 2063-2084.
- Turner M. G., W. L. Baker, C. J. Peterson y R. Peet. 1998. Factors influencing succession: Lessons from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems*, **1**(6): 511–523.
- Vega, E. y E. Petters. 2007. Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas. Disponible en: http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/395/vega_peters.html. Fecha de última consulta: 5 de abril de 2012.
- Villaseñor, J. L., P. Dávila y F. Chiang. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **50**(1): 135-149.

- Wells, T. C. E. 1969. Botanical aspects of conservation management of chalk grasslands. *Biological Conservation*, **2**(1):36-44.
- Whittaker, R.H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. Pp. 1-68, en Hecht M.K., W.C. Steere y B. Wallace (eds.). *Evolutionary Biology*. Plenum Press, Nueva York.
- Wesche, K., K. Ronnenberg, V. Retzer y G. Miede. 2010. Effects of large herbivore exclusion on Southern Mongolian desert steppes. *Acta Oecologica*, **36**(2): 234-241.
- White P. S. y A. Jentsch. 2001. The search generality in studies of disturbance and ecosystems dynamics. *Ecology*, **62**: 399-449.
- Wu, J. y O. L. Loucks. 1995. Equilibrio de la naturaleza dinámica de segmentos jerárquicos: un cambio de paradigma en ecología. *Quarterly Review of Biology*, **70**(4): 439-466.
- Zar, J. H. 2010. *Bioestadistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey. 944 pp.
- Zavala-Hurtado, J. A. y G. Hernández-Cárdenas. 1999. *Estudio de caracterización y diagnóstico del área propuesta como reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP/Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. 132 pp.

APÉNDICE 1

Valores de cobertura relativa correspondientes a cada especie vegetal del Ejido San José Tilapa. Datos agrupados de 12 parcelas y datos de un muestreo realizado en septiembre de 2012 y otro realizado en marzo de 2013. ND = No hay datos.

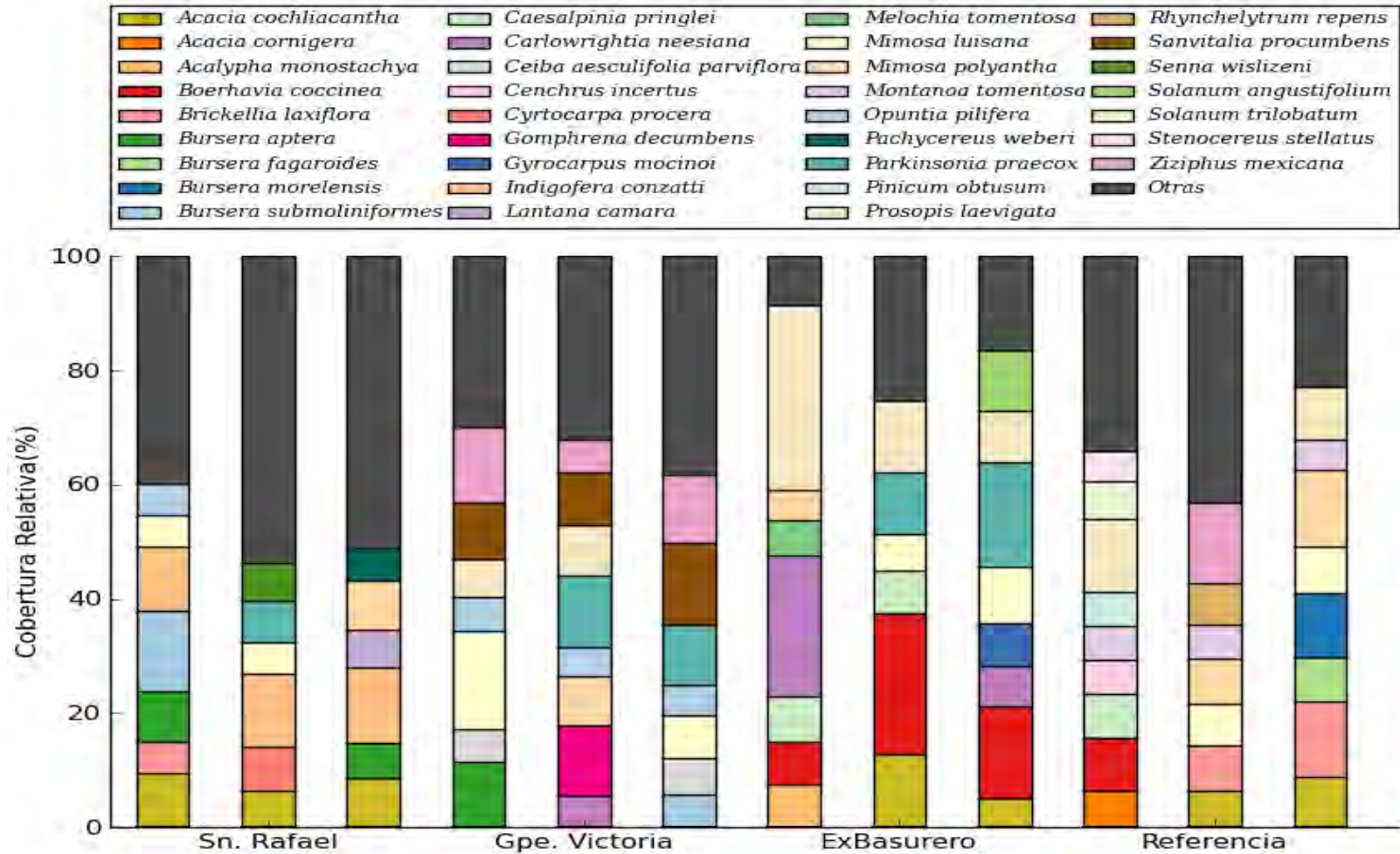
Especie	Forma de crecimiento	Cobertura Relativa (%)
Acanthaceae		
<i>Carlowrightia neesiana</i> Stacey A. Weller	arbusto	2.76
<i>Ruellia nudiflora</i> (Engelm. & Gray) Urb.	hierba	0.78
<i>Ruellia hirsuto glandulosa</i> (Oerst.) Hemsl	hierba	0.04
Amaranthaceae		
<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.	arbusto	2.04
Anacardiaceae		
<i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth	árbol	0.77
Apocynaceae		
<i>Matelea crenata</i> (Vail) R. E. Woodson	hierba	0.06
Asclepiadaceae		
<i>Matelea trachyantha</i> (Greenm.) W. D. Stevens	hierba	0.1
Asparagaceae		
<i>Agave macroacantha</i> Zucc.	suculenta	0.12
Asteraceae		
<i>Brickellia laxiflora</i> (Brandege) B. L. Turner	hierba	3.75
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	hierba	3.29
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	arbusto	1.86
<i>Viguiera deltoidea</i> Blake	hierba	0.55
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	hierba	0.47
<i>Viguiera pinnatilobata</i> (Sch. Bip.) S. F. Blake	hierba	0.08
Boraginaceae		
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem & Schult	arbusto	0.62
<i>Cordia globosa</i> (Jacq.) Kunth	arbusto	0.4
Bromeliaceae		
<i>Tillandsia butzii</i> Mez	hierba	0.25
Burseraceae		
<i>Bursera aptera</i> Ramírez	árbol	2.97
<i>Bursera morelensis</i> Ramírez	árbol	2.4
<i>Bursera submoniliformis</i> Engl.	árbol	1.98

Espece	Forma de crecimiento	Cobertura Relativa (%)
<i>Bursera fagaroides</i> Engl.	árbol	0.91
<i>Bursera schlechtendalii</i> Engl.	árbol	0.02
Cactaceae		
<i>Opuntia pilifera</i> F. A. C. Weber	suculenta	3.01
<i>Escontria chiotilla</i> (F. A. C. Weber Ex K. Schum.)	suculenta	2.19
Rose		
<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.	suculenta	1.46
<i>Pachycereus weberi</i> (J. M. Coult.) Backeb.	suculenta	1.04
<i>Mammillaria carnea</i> Zucc. Ex Pfeiff	suculenta	0.56
<i>Opuntia decumbens</i> Salm-Dyck	suculenta	0.48
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. Ex Pfeiff)	suculenta	0.17
Console		
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F. A. C. Weber) Backeb.	suculenta	0.12
<i>Stenocereus pruinosus</i> (Otto Ex Pfeiff.) Buxb.	suculenta	0.1
<i>Opuntia depressa</i> Rose	suculenta	0.08
<i>Ferocactus latispinus</i> Britton & Rose	suculenta	0.05
<i>Coryphantha calipensis</i> Bravo	suculenta	0.01
Cannabaceae		
<i>Celtis pallida</i> Torrey	árbol	0.79
Capparaceae		
<i>Capparis incana</i> Kunth	arbusto	0.33
Chenopodiaceae		
<i>Chenopodium murale</i> L.	hierba	0.06
Convolvulaceae		
<i>Ipomoea pauciflora</i> M. Martens & Galeotti	hierba	0.56
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	hierba	0.23
Euphorbiaceae		
<i>Croton mazapensis</i> Lundell	arbusto	0.81
<i>Acalypha monostachya</i> Cav.	arbusto	0.39
<i>Manihot pauciflora</i> Brandegee	árbol	0.08
Fabaceae		
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) M.C.Johnst.	árbol	6.85
<i>Mimosa luisana</i> Brandegee	árbol	6.26
<i>Acacia cochliacantha</i> Willd.	árbol	5.91
<i>Mimosa polyantha</i> Benth.	árbol	5.61
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.) Hawkins	árbol	5.23
<i>Indigofera konzattii</i> Rose	árbol	3.96
<i>Senna wislizeni</i> (A. Gray) Irwin & Barneby	árbol	1.54
<i>Caesalpinia pringlei</i> Britton & Rose Standl	árbol	1.44
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	árbol	0.82
<i>Acacia coulteri</i> Benth.	árbol	0.76

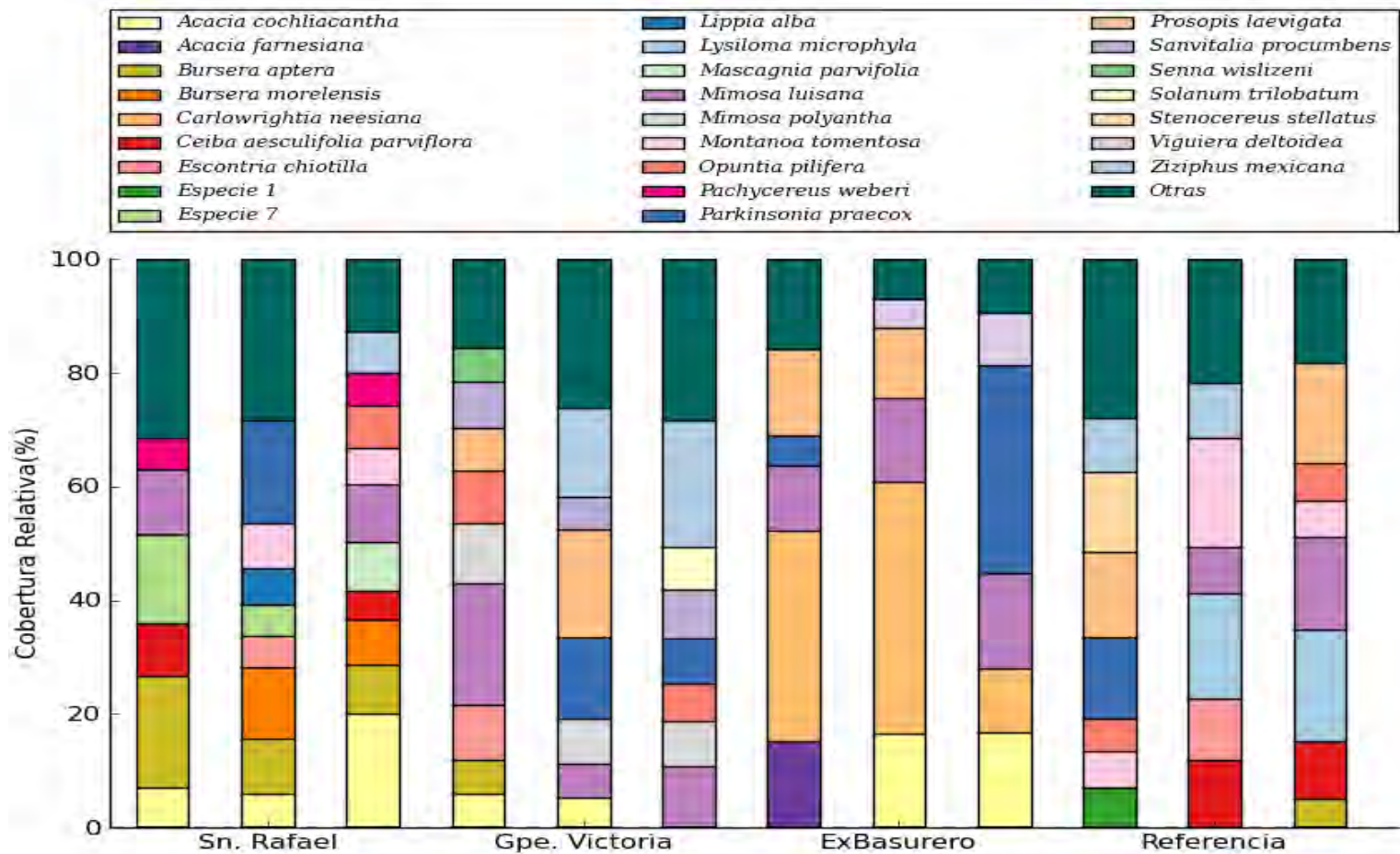
Especie	Forma de crecimiento	Cobertura Relativa (%)
<i>Parkinsonia microphylla</i> Torr.	árbol	0.45
<i>Dalea carthagenensis</i> (Jacq.) J. F. Macbr.	árbol	0.06
Hernandiaceae		
<i>Gyrocarpus mocinoi</i> Espejo	árbol	0.69
Lamiaceae		
<i>Salvia polystachya</i> Ortega	arbusto	0.04
Malpighiaceae		
<i>Galphimia glauca</i> Cav.	arbusto	0.05
Malvaceae		
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker F.	árbol	3.07
<i>Melochia tomentosa</i> L.	hierba	0.53
<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	hierba	0.33
<i>Hibiscus phoeniceus</i> Jacq.	arbusto	0.23
Nyctaginaceae		
<i>Boerhavia coccinea</i> Mill.	hierba	3.87
Passifloraceae		
<i>Passiflora exsudans</i> Zucc.	hierba	0.26
Phytolaccaceae		
<i>Petiveria alliacea</i> L.	arbusto	1.05
Poaceae		
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C. E. Hubb.	hierba	1.06
<i>Cenchrus incertus</i> M. A. Curtis	hierba	0.52
<i>Panicum obtusum</i> Kunth	hierba	0.51
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C. C. Gmel	hierba	0.25
Rhamnaceae		
<i>Ziziphus mexicana</i> Rose	árbol	4.55
Rubiaceae		
<i>Randia thurberi</i> S. Watson	árbol	0.04
Sapindaceae		
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	arbusto	1.26
Simaroubaceae		
<i>Castela erecta</i> (Torr. & A. Gray) Conquist	arbusto	0.06
Solanaceae		
<i>Solanum trilobatum</i> L.	arbusto	1.15
<i>Solanum angustifolium</i> Mill.	arbusto	0.73
Verbenaceae		
<i>Lantana cámara</i> L.	arbusto	1.02
<i>Lippia alba</i> (Mill.) N. E. Br. Ex Britton & P. Wilson	arbusto	0.12
ND		
Especie 3	hierba	0.62

Especie	Forma de crecimiento	Cobertura Relativa (%)
Especie 2	arbusto	0.26
Especie 4	arbusto	0.09
Especie 6	hierba	0.01
Total		100

APÉNDICE 2



Cobertura relativa de las plantas en 12 parcelas localizadas en cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. durante la temporada de lluvias (septiembre, 2012). Datos de 100 m de línea de Canfield. En la categoría “Otras” se encuentran las plantas con una cobertura relativa <5% en la parcela.



Cobertura relativa de las plantas en 12 parcelas localizadas en cuatro localidades del Ejido San José Tilapa, Pue. durante la temporada de secas (marzo, 2013). Datos de 100 m de línea de Canfield. En la categoría “Otras” se encuentran las plantas con una cobertura relativa <5% en la parcela.

APÉNDICE 3

Índices de correlaciones entre la cobertura relativa de las especies y cuatro valores de disturbio en el Ejido San José Tilapa, durante la época de lluvias (septiembre, 2012) y de secas (marzo, 2013). $P < 0.05^*$, $P < 0.01^{**}$ y $P < 0.001^{***}$ 10 g.l.

Especie	<i>r</i>			
	suelo desnudo	caminos	depósito de heces	global
	Época de lluvias (septiembre, 2012)			
<i>Acalypha monostachya</i>	-0.202	-0.392	0.729	0.616*
<i>Acacia cochliacantha</i>	0.415	-0.254	-0.235	0.289
<i>Acacia cornigera</i>	0.024	-0.121	-0.074	-0.073
<i>Acacia coulteri</i>	0.167	-0.449	-0.279	-0.174
<i>Acacia farnesiana</i>	-0.353	0.470	0.097	-0.116
<i>Agave macroacantha</i>	-0.073	0.003	-0.123	-0.135
<i>Bursera aptera</i>	0.772**	-0.701**	-0.401	0.401
<i>Bursera fagaroides</i>	-0.284	0.360	0.857***	0.167
<i>Bursera morelensis</i>	-0.226	-0.109	-0.209	-0.436
<i>Bursera schlechtendalii</i>	-0.308	0.029	-0.136	-0.426
<i>Bursera submoniliformis</i>	-0.075	0.005	-0.122	-0.136
<i>Brickellia laxiflora</i>	-0.238	0.375	-0.049	-0.081
<i>Caesalpinia pringlei</i>	-0.401	-0.086	-0.225	-0.653*
<i>Cenchrus incertus</i>	0.656*	-0.618*	-0.319	0.334
<i>Capparis incana</i>	-0.053	-0.322	-0.175	-0.339
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	-0.177	0.139	-0.028	-0.148
<i>Carlowrightia neesiana</i>	-0.224	0.515*	0.007	0.048
<i>Castela erecta</i>	0.676**	-0.331	-0.100	0.623*
<i>Ceiba aesculifolia</i>	-0.095	-0.024	-0.144	-0.189
<i>Celtis pallida</i>	-0.559*	0.615*	0.551*	-0.129
<i>Chenopodium murale</i>	-0.411	0.410	-0.016	-0.270
<i>Cordia curassavica</i>	0.303	-0.195	0.070	0.290
<i>Cordia globosa</i>	-0.263	-0.073	-0.205	-0.459
<i>Coryphantha calipensis</i>	-0.263	0.480	0.034	-0.016
<i>Croton mazapensis</i>	-0.078	0.008	-0.122	-0.138
<i>Cyrtocarpa procerá</i>	-0.336	-0.043	-0.191	-0.529*
<i>Dalea carthagenensis</i>	-0.138	0.166	0.030	-0.060
<i>Doyerea emetocathartica</i>	-0.138	0.166	0.030	-0.060
<i>Escontria chiotilla</i>	-0.073	0.003	-0.123	-0.135
<i>Ferocactus latispinus</i>	-0.630*	0.729**	0.474	-0.174
<i>Furcraea macdougallii</i>	0.611*	-0.290	-0.175	0.539*

Continúa

Especie	<i>r</i>			
	suelo desnudo	caminos	depósito de heces	global
Época de lluvias (septiembre, 2012)				
<i>Gomphrena decumbens</i>	-0.225	-0.113	-0.203	-0.435
<i>Gyrocarpus mocinoi</i>	-0.164	0.334	0.256	0.095
<i>Herissantia crispa</i>	0.411	-0.350	-0.181	0.240
<i>Hibiscus phoeniceus</i>	-0.279	0.501*	0.070	-0.010
<i>Ipomea purpurea</i>	-0.207	-0.117	-0.167	-0.401
<i>Indigofera conzattii</i>	-0.118	0.084	-0.114	-0.137
<i>Ipomea pauciflora</i>	-0.303	0.290	0.061	-0.181
<i>Ipomea tomentosa</i>	0.182	-0.096	-0.091	0.141
<i>Lantana camara</i>	-0.073	0.003	-0.123	-0.135
<i>Lippia alba</i>	-0.342	0.333	0.070	-0.201
<i>Lysiloma microphylla</i>	-0.171	0.370	0.011	0.024
<i>Mammillaria carnea</i>	-0.073	0.003	-0.123	-0.135
<i>Manihot pauciflora</i>	-0.692**	0.276	0.155	-0.660**
<i>Matelea crenata</i>	-0.073	0.003	-0.123	-0.135
<i>Melochia tomentosa</i>	-0.263	-0.183	-0.275	-0.554*
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	0.682**	-0.335	-0.204	0.592*
<i>Mimosa luisana</i>	-0.126	0.112	-0.110	-0.129
<i>Mimosa polyantha</i>	-0.124	0.193	0.692**	0.206
<i>Montanoa tomentosa</i>	-0.310	0.049	-0.216	-0.444
<i>Neobuxbaumia tetezo</i>	-0.176	-0.506*	-0.365	-0.683**
<i>Opuntia decumbens</i>	-0.179	0.152	-0.032	-0.143
<i>Opuntia depressa</i>	-0.389	0.117	-0.145	-0.477
<i>Opuntia pilifera</i>	-0.108	0.042	-0.084	-0.142
<i>Opuntia velutina</i>	-0.648*	0.699**	0.627*	-0.164
<i>Pachycereus weberi</i>	-0.073	0.003	-0.123	-0.135
<i>Parkinsonia microphylla</i>	-0.330	0.144	-0.033	-0.344
<i>Parkinsonia praecox</i>	-0.191	0.360	-0.032	-0.024
<i>Parthenium hysterophorus</i>	0.280	0.065	-0.157	0.349
<i>Passiflora exudans</i>	-0.309	0.226	0.717**	-0.002
<i>Panicum obtusum</i>	0.350	-0.263	-0.140	0.232
<i>Prosopis laevigata</i>	-0.073	-0.307	-0.167	-0.352
<i>Petiveria alliacea</i>	0.754**	-0.541*	-0.222	0.545*
<i>Randia thurberi</i>	-0.449	-0.036	-0.026	-0.612*
<i>Rhynchelytrum repens</i>	-0.207	-0.117	-0.167	-0.401
<i>Ruellia hirsuto glandulosa</i>	-0.156	-0.381	-0.251	-0.537*
<i>Ruellia nudiflora</i>	0.639*	-0.331	-0.167	0.553*
<i>Salvia polystachya</i>	-0.284	0.270	0.074	-0.165
<i>Sanvitalia procumbens</i>	-0.198	-0.184	-0.217	-0.451
<i>Senna wislizeni</i>	-0.461	0.790**	0.547*	0.109

Continúa

Especie	<i>r</i>			
	suelo desnudo	caminos	depósito de heces	global
Época de lluvias (septiembre, 2012)				
<i>Solanum angustifolium</i>	-0.107	0.220	0.215	0.081
<i>Solanum trilobatum</i>	0.618*	-0.425	-0.217	0.446
<i>Stenocereus pruinosus</i>	-0.248	-0.072	-0.117	-0.408
<i>Stenocereus stellatus</i>	-0.231	0.361	-0.053	-0.082
<i>Tillandsia butzii</i>	0.026	-0.029	0.127	0.059
<i>Viguiera deltoidea</i>	-0.438	0.409	-0.038	-0.313
<i>Viguiera pinnatilobata</i>	-0.284	0.313	0.084	-0.135
<i>Vulpia myuros</i>	-0.244	0.233	0.084	-0.135
<i>Ziziphus mexicana</i>	-0.184	0.367	-0.002	0.000
Especie 1	-0.522*	0.504*	0.531*	-0.162
Especie 3	-0.259	0.139	-0.107	-0.282
Especie 4	-0.247	0.263	0.070	-0.123
Especie 5	-0.237	-0.077	-0.159	-0.412
Especie 7	-0.181	-0.219	-0.167	-0.434
Época de secas (marzo, 2013)				
<i>Acacia cochliacantha</i>	0.220	-0.052	0.018	0.257
<i>Acacia farnesiana</i>	0.639*	-0.331	-0.167	0.553*
<i>Agave macroacantha</i>	-0.138	0.166	0.030	-0.060
<i>Bursera aptera</i>	-0.380	0.204	0.132	-0.312
<i>Bursera morelensis</i>	-0.370	0.185	-0.039	-0.372
<i>Bursera submoniliformis</i>	0.745**	-0.481	-0.243	0.564*
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	-0.242	0.496	0.055	0.028
<i>Carlowrightia neesiana</i>	0.894***	-0.561*	-0.284	0.691**
<i>Castela erecta</i>	-0.225	0.210	0.080	-0.127
<i>Ceiba aesculifolia</i>	-0.452	-0.071	-0.111	-0.669**
<i>Celtis pallida</i>	-0.265	0.186	-0.105	-0.259
<i>Cordia curassavica</i>	0.468	-0.493	-0.287	0.183
<i>Cordia globosa</i>	-0.357	0.733**	0.252	0.103
<i>Coryphantha calipensis</i>	-0.254	-0.099	-0.189	-0.459
<i>Dalea carthagenensis</i>	0.240	-0.073	-0.112	0.223
<i>Doyerea emetocathartica</i>	-0.073	-0.307	-0.167	-0.352
<i>Escontria chiotilla</i>	-0.567*	0.401	0.503*	-0.295
<i>Ferocactus latispinus</i>	0.331	-0.299	-0.232	0.153
<i>Furcraea macdougallii</i>	-0.162	0.153	-0.034	-0.122
<i>Herissantia crispa</i>	-0.271	-0.195	-0.113	-0.517*
<i>Hibiscus phoeniceus</i>	-0.203	-0.070	-0.110	-0.347
<i>Ipomea tomentosa</i>	-0.138	0.166	0.030	-0.060
<i>Lantana camara</i>	-0.279	0.589*	0.038	0.036
<i>Lippia alba</i>	-0.188	0.247	0.022	-0.074

Continúa

Especie	<i>r</i>			
	suelo desnudo	caminos	depósito de heces	global
Época de secas (marzo, 2013)				
<i>Lysiloma microphylla</i>	-0.283	-0.314	-0.294	-0.672**
<i>Mammillaria carnea</i>	-0.598*	0.390	0.045	-0.503*
<i>Mascagnia parvifolia</i>	0.034	0.055	-0.007	0.078
<i>Melochia tomentosa</i>	0.192	-0.458	-0.242	-0.135
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	-0.219	0.318	-0.080	-0.104
<i>Mimosa luisana</i>	0.227	0.021	0.461	0.467
<i>Mimosa polyantha</i>	-0.380	0.755**	0.746**	0.261
<i>Montanoa tomentosa</i>	-0.437	-0.141	-0.255	-0.745**
<i>Neobuxbaumia tetezo</i>	-0.138	0.166	0.030	-0.060
<i>Opuntia decumbens</i>	-0.285	0.260	-0.094	-0.232
<i>Opuntia depressa</i>	-0.082	-0.008	-0.131	-0.157
<i>Opuntia pilifera</i>	-0.757**	0.706**	0.650*	-0.292
<i>Opuntia velutina</i>	0.424	-0.331	-0.167	0.274
<i>Pachycereus weberi</i>	-0.287	0.122	-0.082	-0.319
<i>Parkinsonia praecox</i>	0.316	-0.172	-0.216	0.221
<i>Prosopis laevigata</i>	0.166	-0.152	-0.130	0.070
<i>Petiveria alliacea</i>	-0.197	-0.259	-0.193	-0.491
<i>Randia thurberi</i>	-0.116	-0.331	-0.202	-0.436
<i>Ruellia nudiflora</i>	0.639*	-0.331	-0.167	0.553*
<i>Sanvitalia procumbens</i>	-0.403	0.801***	0.691**	0.241
<i>Senna wislizeni</i>	-0.288	0.453	0.946***	0.252
<i>Solanum trilobatum</i>	-0.355	0.663**	0.052	-0.010
<i>Stenocereus pruinosus</i>	-0.215	0.390	0.948***	0.307
<i>Stenocereus stellatus</i>	-0.240	-0.006	0.151	-0.261
<i>Viguiera deltoidea</i>	0.609*	-0.566*	-0.321	0.307
<i>Vulpia myuros</i>	-0.242	0.496	0.055	0.028
<i>Ziziphus mexicana</i>	-0.578*	0.629*	0.115	-0.297
Especie 1	-0.154	-0.247	-0.200	-0.430
Especie 5	-0.073	0.003	-0.123	-0.135
Especie 7	-0.118	0.059	-0.109	-0.152

APÉNDICE 4

Valores de importancia de las especies del sitio Referencia, obtenidos a partir de la suma de las coberturas relativas más las frecuencias relativas de cada especie. *Especies facilitadoras; en negritas, especies que pueden ser sembradas bajo la copa de las especies facilitadoras. Datos promedio de ambas temporadas.

Especie	V.I.
<i>Prosopis laevigata*</i>	18.82
<i>Montanoa tomentosa*</i>	17.14
<i>Mimosa luisana*</i>	14.99
<i>Lysiloma microphylla*</i>	14.64
<i>Ziziphus mexicana*</i>	12.11
<i>Ceiba aesculifolia</i>	10.48
<i>Mimosa podanta</i>	9.22
<i>Brickellia laxiflora</i>	7.98
<i>Escontria chiotilla</i>	7.21
<i>Bursera morelensis</i>	7.06
<i>Opuntia pilifera</i>	6.37
<i>Stenocereus stellatus</i>	5.66
<i>Acacia cochliacantha</i>	5.60
<i>Bursera aptera</i>	4.59
<i>Parkinsonia praecox</i>	4.56
<i>Bursera fagaroides</i>	4.40
<i>Carlowrightia neesiana</i>	3.66
<i>Boerhavia coccinea</i>	3.62
<i>Petiveria alliacea</i>	3.04
<i>Solanum trilobatum</i>	2.93
<i>Caesalpinia pringlei</i>	2.66
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	2.56
<i>Hibiscus phoeniceus</i>	2.40
<i>Mammillaria carnea</i>	2.05
<i>Cenchrus incertus</i>	2.01
<i>Acacia cornigera</i>	1.81
<i>Cordia curassavica</i>	1.71
<i>Opuntia decumbens</i>	1.70
<i>Pachycereus weberi</i>	1.62
<i>Sanvitalia procumbens</i>	1.35
Especie 4	1.33

Continúa

Especie	V.I.
<i>Gomphrena decumbens</i>	1.30
<i>Celtis pallida</i>	1.27
Especie 6	1.07
<i>Randia thurberi</i>	0.83
<i>Herissantia crispa</i>	0.82
<i>Croton mazapensis</i>	0.81
<i>Matelea trachyantha</i>	0.78
<i>Vulpia myuros</i>	0.77
<i>Indigofera konzatti</i>	0.77
<i>Parthenium hysterophorus</i>	0.74
<i>Panicum obtusum</i>	0.73
<i>Doyerea emetocathartica</i>	0.71
<i>Lantana camara</i>	0.44
<i>Ferocactus latispinus</i>	0.41
<i>Tillandsia butzii</i>	0.40
Especie 2	0.37
<i>Coryphantha calipensis</i>	0.36
<i>Galphimia glauca</i>	0.28
<i>Rhynchelytrum repens</i>	0.27
<i>Melochia tomentosa</i>	0.24
<i>Castela erecta</i>	0.19
<i>Gyrocarpus mocinoi</i>	0.19
<i>Salvia polystachya</i>	0.17
<i>Opuntia depressa</i>	0.14
<i>Ruellia nudiflora</i>	0.13
<i>Senna wislizeni</i>	0.12
<i>Hibiscus phoeniceus</i>	0.12
<i>Cordia globosa</i>	0.11
<i>Neobuxbaumia tetezo</i>	0.11
<i>Viguiera deltoidea</i>	0.11
Especie 1	0.10
<i>Mascagnia parvifolia</i>	0.05