



**CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS**

**TESIS**

**SUCESIÓN ECOLÓGICA Y RESTAURACIÓN DEL ESTRATO HERBÁCEO EN  
VEGETACIÓN XERÓFILA EN EL ALTIPLANO SUR DEL DESIERTO  
CHIHUAHUENSE DE AGUASCALIENTES**

**PRESENTA**

**FLORENCIA CABRERA MANUEL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ÁREA: ECOLOGIA Y BIODIVERSIDAD**

**TUTOR**

**DR. JOAQUÍN SOSA RAMÍREZ**

**COMITÉ TUTORAL**

**DR. JOSÉ DE JESÚS LUNA RUIZ**

**DR. JOSÉ DELGADILLO RODRÍGUEZ**

**Aguascalientes, Ags.**

# AUTORIZACIONES



CARTA DE VOTO APROBATORIO  
COMITÉ TUTORAL

M. EN C. JORGE MARTÍN ALFEREZ CHÁVEZ  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BÁSICAS

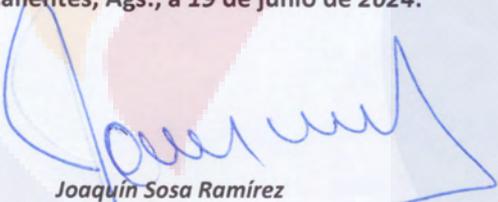
**PRESENTE**

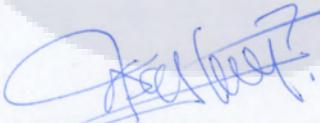
Por medio del presente, como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **FLORENCIA CABRERA MANUEL** con ID **65070** quien realizó *la tesis* titulada: **SUCESIÓN ECOLÓGICA Y RESTAURACIÓN DEL ESTRATO HERBÁCEO EN VEGETACIÓN XERÓFILA EN EL ALTIPLANO SUR DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE DE AGUASCALIENTES**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *ella* pueda proceder a imprimir *la tesis* así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"Se Lumen Proferre"**

Aguascalientes, Ags., a 19 de junio de 2024.

  
**Joaquín Sosa Ramírez**  
Tutor de tesis

  
**José de Jesús Luna Ruiz**  
Asesor de tesis

  
**José Delgadillo Rodríguez**  
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.  
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16  
Actualización: 00  
Emisión: 17/05/19

uaa.mx / 

NOMBRE: Florencia Cabrera Manuel ID 65070

PROGRAMA: Doctorado en Ciencias Biológicas, Modalidad Tradicional LGAC (del posgrado): Ecología y Biodiversidad

TIPO DE TRABAJO: (  ) Tesis (  ) Trabajo Práctico

TÍTULO: Sucesión ecológica y restauración del estrato herbáceo en vegetación xerófila en el altiplano sur del Desierto Chihuahuense de Aguascalientes

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):

La tesis titulada "Sucesión ecológica y restauración del estrato herbáceo en vegetación xerófila en el altiplano sur del Desierto Chihuahuense de Aguascalientes", contribuye al conocimiento de la biodiversidad, ecología y sucesión ecológica del estrato herbáceo en la vegetación xerófila de Aguascalientes. Ésta ha sido escasamente analizada en la entidad y en México y se encuentra amenazada por impactos, tanto antrópicos como naturales, y los resultados presentados generan información que puede ser aplicada para la restauración de este tipo de vegetación. El estudio tiene alto impacto social, al proporcionar información sobre las áreas naturales en la entidad, así como datos para protegerlas y conservarlas.

INDICAR SI NO N.A. (NO APLICA) SEGÚN CORRESPONDA:

INDICAR	SI	NO	N.A. (NO APLICA)	SEGÚN CORRESPONDA:
<b>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</b>				
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
<i>NO</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
<b>El egresado cumple con lo siguiente:</b>				
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
<i>N.A.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Coincide con el título y objetivo registrado
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene congruencia con cuerpos académicos
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene el CVU del Conacyt actualizado
<i>SÍ</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)
<b>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</b>				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El estudiante es el primer autor
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado:

SI

No

FIRMAS

Elaboró:

\* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCIÓN:

Dr. Gilberto Alejandro Ocampo Acosta

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

Dr. Gilberto Alejandro Ocampo Acosta

\* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

Dr. Alejandro Padilla Díaz

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

M. en C. Jorge Martín Alférez Chávez

**Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado**

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: .... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Elaborado por: D. Apoyo al Posg.  
Revisado por: D. Control Escolar/D. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: D. Control Escolar/ D. Apoyo al Posg.

Código: DO-SEE-FQ-15  
Actualización: 01  
Emisión: 28/04/20

## [ABM] Decisión del editor/a

Recibidos x



→ [acta.botanica@inecol.mx](mailto:acta.botanica@inecol.mx)

para mí, Joaquín, José, José, Antonio, Fabián ▾



vie, 15 nov, 11:35 (hace 11 días)



Florencia Cabrera Manuel, Joaquín Sosa Ramírez, José de Jesús Luna Ruíz, José Delgadillo Rodríguez, Antonio de Jesús Meraz Jiménez, Fabián Alejandro Rubalcava Castillo.

Tomamos una decisión sobre su envío a Acta Botanica Mexicana, "Composición, frecuencia y diversidad del estrato herbáceo en áreas con y sin impacto debido a la actividad agrícola en el matorral xerófilo en Aguascalientes, México: Vegetación herbácea en las zonas áridas de Aguascalientes, México. "

Nuestra decisión es: Aceptado

Gracias por su contribución a Acta Botanica Mexicana.

Atentamente,

Dra. Rosario Redonda Martínez

Editor Asociado

*Acta Botanica Mexicana*

Instituto de Ecología, A. C.

Centro Regional del Bajío

Pátzcuaro, Michoacán, México

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma de Aguascalientes** por los apoyos económicos brindados para el desarrollo y conclusión del proyecto doctoral.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante todo el periodo de estudio.

Al comité tutorial encabezado por el **Dr. Joaquín Sosa Ramírez** e integrado por el **Dr. José Delgadillo Rodríguez** y el **Dr. José de Jesús Luna Ruíz**, por todo el apoyo recibido, compromiso al proyecto de investigación y el tiempo que le dedicaron para atender cada duda, además de vehículos, equipos y personal para el desarrollo del trabajo de campo y laboratorio.

Al **Dr. Fabián Alejandro Rubalcava Castillo** por el apoyo en el trabajo práctico y al **Dr. Antonio de Jesús Meráz Jiménez** por estar presente y asistiendo la tesis desde su creación.

A **Aldo Raúl Días Medina** y **Ma. Isabel Manuel Paillaud** por su cariño y apoyo incondicional.

## ÍNDICE GENERAL

---



---

ÍNDICE GENERAL.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN GENERAL.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I.....	10
INTRODUCCIÓN.....	10
JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	22
CAPÍTULO II.....	26
RESUMEN.....	26
INTRODUCTION.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
RESULTADOS.....	36
DISCUSION.....	48
CONCLUSIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
CAPÍTULO III.....	62
INTRODUCCIÓN.....	62
MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
RESULTADOS.....	72
DISCUSION.....	78
CONCLUSIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84
CAPÍTULO IV.....	93
INTRODUCCIÓN.....	93
OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	95

<b>GUIA DE RESTAURACIÓN</b> .....	96
<b>CONCLUSIONES</b> .....	104
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	105
<b>CAPÍTULO V</b> .....	109
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	109
<b>ANEXOS</b> .....	110
<b>ANEXO 1</b> .....	110
<b>ANEXO 2</b> .....	133



## ÍNDICE DE TABLAS

---



---

### CAPÍTULO I

**Tabla 1** Clasificación de la vegetación xerófila en Aguascalientes, mostrando tipos, subtipos locales, asociaciones específicas y el porcentaje de superficie cubierta por cada subtipo local, de acuerdo a Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016..... 15

### CAPÍTULO II

**Tabla 1** Clasificación de la vegetación xerófila en Aguascalientes, México, mostrando tipos, subtipos locales y porcentaje de superficie cubierta por cada subtipo local, de acuerdo con Siqueiros-Delgado *et al.* (2016)... 32

**Tabla 2** Número de familias, géneros y especies del estrato herbáceo en la vegetación xerófila de Aguascalientes, México..... 36

**Tabla 3** Número de familias, géneros y especies para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP, pastizal con arbustos secundario=PCAS..... 38

**Tabla 4** Valores del modelo predictivo e índice de confiabilidad de las curvas de acumulación de especies para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP, pastizal con arbustos secundario=PCAS, unidades de muestreo=UM, tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario= $a$ , parámetro de la inclinación al final de la curva= $b$ , coeficiente de determinación= $R^2$ , confiabilidad del inventario=CI..... 42

**Tabla 5** Años de abandono y tipo de cultivo de las áreas con vegetación xerófila secundaria en Aguascalientes, México. Maíz=M, maíz y frijol=M/F, matorral espinoso crasicaule=MEC, pastizal con arbustos=PCA..... 42

**Tabla 6** Herbáceas más frecuentes para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Frecuencia relativa=FR, matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP, pastizal con arbustos secundario=PCAS... .. 44

**Tabla 7** Valores de diversidad para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP, pastizal con arbustos secundario=PCAS, diversidad alfa=D0, índice de Shannon=H', índice de Simpson=D, equidad de Pielou= J'..... 45

**CAPÍTULO III**

**Tabla 1** Condiciones de los sitios de muestreo..... 70

**Tabla 2** Especies herbáceas presentes dependiendo del año de abandono en PCA..... 73

**Tabla 3** Especies herbáceas presentes dependiendo del año de abandono en MEC..... 74

**Tabla 4** Años de abandono y tipo de cultivo sembrado en las parcelas visitadas. F=frijol, M=maíz. .... 74

**Tabla 5** Comparación de los factores fisicoquímicos del suelo en cada una de las condiciones estudiadas. M.O.=materia orgánica, P=Fosforo, N=nitrógeno, K=potasio.....76

**Tabla 6** Factor biológico del suelo en cada una de las condiciones estudiadas. EM=esporas de micorrizas. ....77

**CAPÍTULO IV**

**Tabla 1** Especies nativas más frecuentes y que cuentan con las características adecuadas para ser utilizadas las actividades de restauración. .... 97

**Tabla 2** Época de floración y presencia de semilla de las especies seleccionadas para la restauración. .... 99

**Tabla 3** Cantidad de semilla y época de siembra de las especies seleccionadas para la restauración.. .... 102

---

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

---



---

### CAPÍTULO I

**Figura 1** División municipal de Aguascalientes y provincias biogeográficas. Municipio: Aguascalientes (AGS), Asientos (ASI), Calvillo (CAL), Cosío (COS), El Llano (ELL), Jesús María (JMA), Pabellón de Arteaga (PAR), Rincón de Romos (RRO), San Francisco de los Romo (SFR), San José de Gracia (SJG) y Tepezalá (TEP)..... 13

**Figura 2** Grandes tipos de vegetación en Aguascalientes y en el Desierto Chihuahuense de Aguascalientes de acuerdo a Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016.. 15

### CAPÍTULO II

**Figura 1** Ubicación de los sitios dónde se realizaron los inventarios florísticos en la vegetación xerófila de Aguascalientes, México. Matorral espinoso crasicaule primario=+, matorral espinoso crasicaule secundario=\*, pastizal con arbustos primario=★, pastizal con arbustos secundario=▲..... 30

**Figura 2** Figura 2: Curvas de acumulación de especies para matorral espinoso crasicaule primario y secundario..... 40

**Figura 3** Curvas de acumulación de especies para pastizal con arbustos primario y secundario..... 41

**Figura 4** Resultados del análisis comparativo de los índices de diversidad entre sitios con vegetación natural y cultivos abandonados en cada condición estudiada. MEC = matorral espinoso crasicaule, PCA = pastizal con arbustos. A-B Medias con literales diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Kruskall-Wallis ( $p < .05$ ).....47

### CAPÍTULO III

**Figura 1** Ubicación de Aguascalientes, México.. ..... 65  
**Figura 2** Tipos de vegetación en Aguascalientes, México.....67  
**Figura 3** Ubicación de los sitios de muestreo.. ..... 68

---

---



## RESUMEN GENERAL

El matorral xerófilo o semidesértico es un ecosistema conformado por matorrales en zonas de escasas precipitaciones, por lo que predomina la vegetación xerófila. En México ocupa aproximadamente el 40 % de la superficie nacional, siendo el más vasto de todos los tipos de vegetación. Uno de los retos de la restauración ecológica consiste en encontrar especies nativas que puedan establecerse en estos suelos y que generen condiciones adecuadas para el desarrollo de la sucesión secundaria, por lo que existe la necesidad de elegir especies con capacidad de iniciar y acelerar los procesos de desarrollo de la comunidad vegetal. Una cubierta herbácea densa, podría comprometer y asistir el establecimiento de componentes clave de los ecosistemas de referencia. La vegetación, principalmente la herbácea, fija físicamente el sustrato en los taludes y frecuentemente se introduce mediante siembra. Esta vegetación determina la primera percepción de naturalización de estas zonas desnudas. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente estudio fue: 1) Analizar la sucesión ecológica del estrato herbáceo en dos subtipos de vegetación xerófila (pastizal con arbustos y matorral espinoso crasicaule) en el Altiplano Sur del Desierto Chihuahuense de Aguascalientes y proponer un modelo de restauración ecológica con base en los primeros años de sucesión ecológica. Se registraron 219 especies pertenecientes a 142 géneros y 47 familias. En los sitios con vegetación natural, la especie más frecuente fue *Bouteloua chondrosioides* y en sitios abandonados por la agricultura fue *Eragrostis mexicana*. La condición más diversa es el matorral espinoso crasicaule con vegetación natural y la menos diversa es pastizal con arbustos en terrenos de cultivos abandonados. Tanto la historia de manejo como el uso de aditivos influyen la diversidad de especies herbáceas que se establecen una vez abandonado el sitio.

Palabras clave: Zonas áridas, biodiversidad, ecología.

## ABSTRACT

The xeric or semi-desert scrub is an ecosystem made up of scrublands in areas of low rainfall, which is why xeric vegetation predominates. In Mexico it occupies approximately 40% of the national surface, being the largest of all types of vegetation. One of the challenges of ecological restoration is to find native species that can establish themselves in these soils and that generate adequate conditions for the development of secondary succession, so there is a need to choose species with the capacity to initiate and accelerate the processes of development of the plant community. A dense herbaceous cover could compromise and assist the establishment of key components of the reference ecosystems. Vegetation, mainly herbaceous, physically fixes the substrate on the slopes and is frequently introduced by sowing. This vegetation determines the first perception of naturalization of these bare areas. In accordance with the above, the objective of the present study was: 1) Analyze the ecological succession of the herbaceous stratum in two subtypes of xeric vegetation (grassland with shrubs and crasicaule thorn scrub) in the Southern Altiplano of the Chihuahuan Desert of Aguascalientes and propose a model of ecological restoration based on the first years of ecological succession. 219 species belonging to 142 genera and 47 families were recorded. In sites with natural vegetation, the most frequent species was *Bouteloua chondrosioides* and in sites abandoned by agriculture it was *Eragrostis mexicana*. The most diverse condition is crasicaule thorn scrub with natural vegetation and the least diverse is grassland with shrubs on abandoned cropland. Both management history and the use of additives influence the diversity of herbaceous species that establish themselves once the site is abandoned.

Keywords: Arid zones, biodiversity, ecology.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El Desierto Chihuahuense es la zona árida y semiárida más extensa y más rica florísticamente de las regiones secas del norte de México. Se sitúa en el Altiplano Mexicano que se extiende entre las Sierras Madre Occidental y Oriental, abarcando los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala, y Zacatecas y en EUA el sur de los estados de Nuevo México y Texas (Morrone 2019, Balleza y Villaseñor, 2011). En su porción sur incluye también al estado de Aguascalientes, el cual presenta vegetación típica de esta provincia en más de la mitad de su territorio. La escasez de agua disponible para el desarrollo de las plantas es el principal factor limitante de la vegetación en estos ambientes, donde dominan los matorrales xerófilos (González, 2004).

El matorral xerófilo o semidesértico es un ecosistema conformado por matorrales en zonas de escasas precipitaciones, por lo que predomina la vegetación xerófila (INEGI, 2017). De acuerdo con Rzedowski (2006) en México ocupa aproximadamente el 40 % de la superficie nacional, siendo el más vasto de todos los tipos de vegetación. La precipitación es escasa (inferior a 700 mm) y el clima es árido con temperaturas promedio de 12 a 26 °C. En Aguascalientes, la vegetación xerófila ocupa el 21.52 % de la superficie total estatal, de los cuales, alrededor del 55 % se presenta en condición primaria. Se distribuye principalmente en las planicies centrales y está formada por comunidades de mezquiales, matorrales y pastizales con diferentes asociaciones vegetales (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016).

La restauración ecológica se define como “asistir a la recuperación de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos”, y es una herramienta primordial para restablecer las características históricas de los ecosistemas, ya que sin intervención puede tardar mucho tiempo en que recuperen su condición original (SER, 2004). En México se calcula que el 90.7 % de la superficie nacional (177 642 000 ha) presenta algún nivel de degradación (CONAFOR, 2020). Entre los principales disturbios se encuentra la conversión de los hábitats naturales a otros usos de suelo y su consecuente fragmentación y degradación, la deforestación, la introducción de especies exóticas, la pérdida de capital natural, entre otras (SEMARNAT, 2010). En particular, en el estado de Aguascalientes se presentan múltiples disturbios tanto antrópicos como naturales, siendo los más importantes el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, urbanas, industriales y mineras, las cuales afectan a casi la mitad de la superficie estatal. En el estado, solamente se conserva alrededor de un 59 % de vegetación natural, de los cuales, solo el 38 % se encuentra en condición primaria, manteniendo sus elementos originales (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016).

Uno de los retos de la restauración ecológica consiste en encontrar especies nativas que puedan establecerse en estos suelos y que generen condiciones adecuadas para el desarrollo de la sucesión secundaria (Lamb *et al.*, 2005), por lo que existe la necesidad de elegir especies con capacidad de iniciar y acelerar los procesos de desarrollo de la comunidad vegetal (Pywell *et al.*, 2003). Una cubierta herbácea densa, podría comprometer y asistir el establecimiento de componentes clave de los ecosistemas de referencia. La vegetación, principalmente la herbácea, fija físicamente el sustrato en los taludes y frecuentemente se introduce mediante siembra. Esta vegetación determina la primera percepción de naturalización de estas zonas desnudas (Jorba y Vallejo, 2008).

La sucesión ecológica es el estudio de como las comunidades biológicas se vuelven a ensamblar posterior a un disturbio natural o antrópico, y ha sido uno de los pilares

de la ecología. Es necesario un entendimiento profundo de cómo funciona la sucesión ecológica ya que nos puede guiar a una mejor recuperación de los ecosistemas (Chang y Turner, 2019). También se define como el proceso de sustitución de una comunidad biótica por otra con una mayor complejidad estructural y funcional durante la maduración de un ecosistema, después de que éste es perturbado (sucesión secundaria) o cuando la comunidad biótica se desarrolla desde un nuevo sustrato (sucesión primaria) (Laska, 2001; Morrin, 1999; Pickett y White, 1985). El análisis de la dinámica de la vegetación en sitios que fueron degradados es de vital importancia para establecer acciones que permitan el desarrollo de tecnologías eficientes para su recuperación (Mayo-Mendoza *et al.*, 2018).

En el estado de Aguascalientes se cuenta con pocas publicaciones científicas y trabajos en el tema de restauración o sucesión ecológica, y aún menos que se enfoquen en el estrato herbáceo (Sosa-Ramírez *et al.*, 2011, 2015). Se han publicado algunos trabajos que aplican esfuerzos y metodologías de reforestación, principalmente en la región templada del estado (Martínez-Calderón *et al.*, 2020, 2021, PEFEA, SMAA 2019, Sosa 2015, Torres-Orozco *et al.*, 2015), sin embargo, la mayoría de estos trabajos provienen de iniciativas gubernamentales o privadas y se enfocan en el estrato arbóreo-arbustivo.

Por lo anteriormente descrito, existe la necesidad de realizar estudios que analicen los primeros años de la sucesión ecológica en el estrato herbáceo de la vegetación xerófila, con el propósito de plantear medidas para promover la restauración de este importante tipo de vegetación que permitan recuperar servicios ecosistémicos y recuperar la biodiversidad de los sitios perturbados.

### **Área de estudio**

El estado de Aguascalientes está ubicado en el centro-norte del país y es una de las entidades políticas más pequeñas de la República Mexicana (INEGI, 2017). Se localiza entre los meridianos 101° 53' y 102° 52' de longitud oeste y los paralelos 22° 27' y 21° 28' de latitud norte. Tiene una extensión de 5,680 km<sup>2</sup> y colinda con los estados de Zacatecas y Jalisco (INEGI, 2017). Morrone *et al.*, (2017) ubican a Aguascalientes dentro de tres provincias biogeográficas: el Desierto Chihuahuense, el cual ocupa más de la mitad del territorio estatal, la Sierra Madre Occidental y una pequeña porción en las Tierras bajas del Pacífico (Figura 1). Desde el punto de vista florístico, Aguascalientes está dentro de la región Xerofítica Mexicana y en menor proporción en la región Mesoamericana de Montaña, lo cual lo sitúa en una zona de transición florística y ecológica (Rzedowski, 2006).

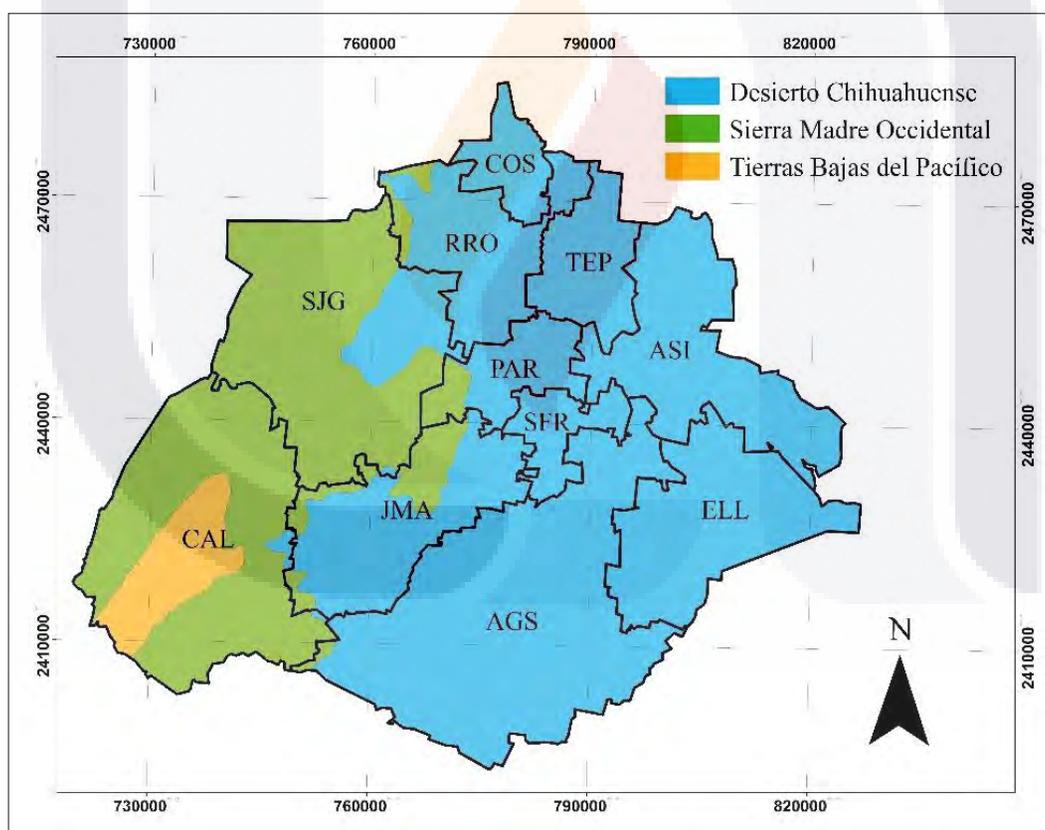


Figura 1. División municipal de Aguascalientes y provincias biogeográficas. Municipio: Aguascalientes (AGS), Asientos (ASI), Calvillo (CAL), Cosío (COS), El Llano (ELL), Jesús

María (JMA), Pabellón de Arteaga (PAR), Rincón de Romos (RRO), San Francisco de los Romo (SFR), San José de Gracia (SJG) y Tepezalá (TEP).

En general, en Aguascalientes se reconocen tres tipos de zonas climáticas con sus respectivas comunidades vegetales: la zona árida, cubierta por vegetación xerofítica, ubicada mayormente en la porción central del estado; la zona templada, ubicada en la región montañosa al oeste del estado, conformada principalmente por bosques de encino y bosques mixtos; por último, la zona tropical ubicada al suroeste de la entidad, comprendida por matorrales subtropicales secundarios los cuales sustituyeron a las comunidades primarias de bosque tropical caducifolio (INEGI 2017, Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016).

Aguascalientes está comprendido en dos regiones hidrológicas: Lerma-Santiago-Pacífico que abarca la mayor parte del estado, y El Salado constituido por una serie de cuencas pequeñas de diferentes dimensiones. El Río Aguascalientes o Río San Pedro es el principal cauce del estado. La entidad cuenta con numerosas obras artificiales de almacenamiento de agua, siendo las principales la Presa Presidente Plutarco Elías Calles, Abelardo Rodríguez, El Niágara y Malpaso (INEGI, 2017). Actualmente los ríos permanentes han desaparecido quedando solo corrientes intermitentes (Rodríguez-Ávalos, 2014).

El desierto Chihuahuense en Aguascalientes ocupa más de la mitad de la superficie estatal. De acuerdo con Rodríguez-Ávalos (2014), esta región está representada principalmente por vegetación xerófila (Figura 2).

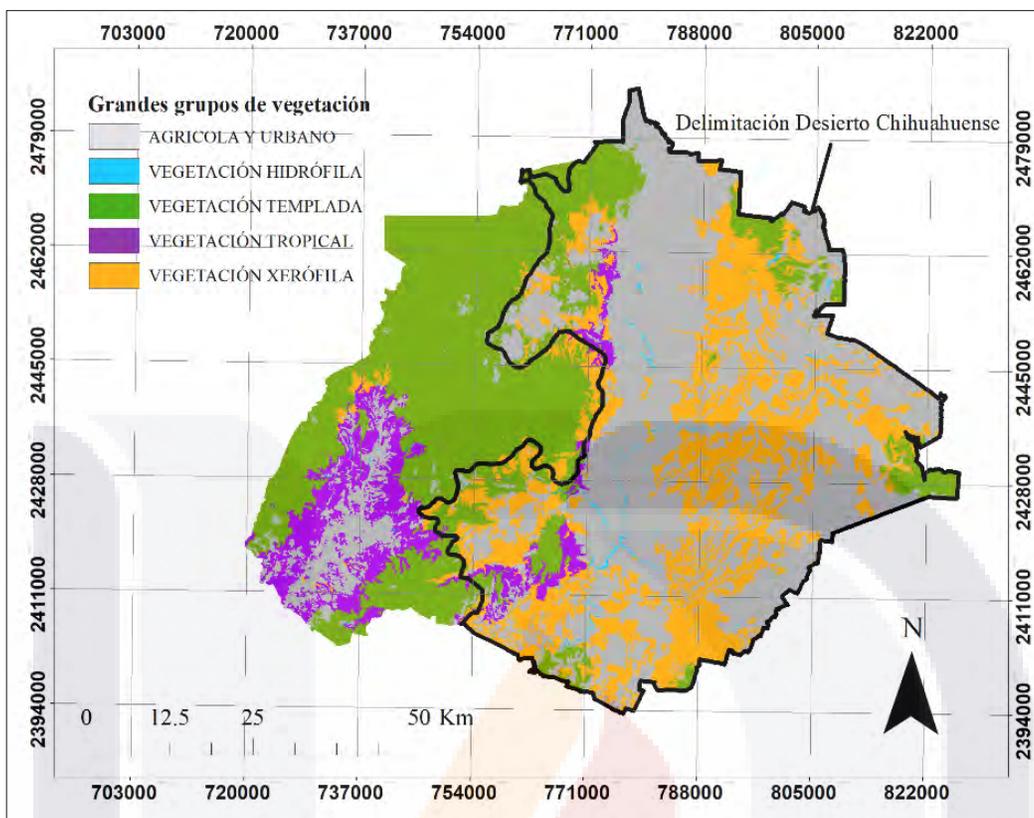


Figura 2. Grandes tipos de vegetación en Aguascalientes y en el Desierto Chihuahuense de Aguascalientes de acuerdo con Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016.

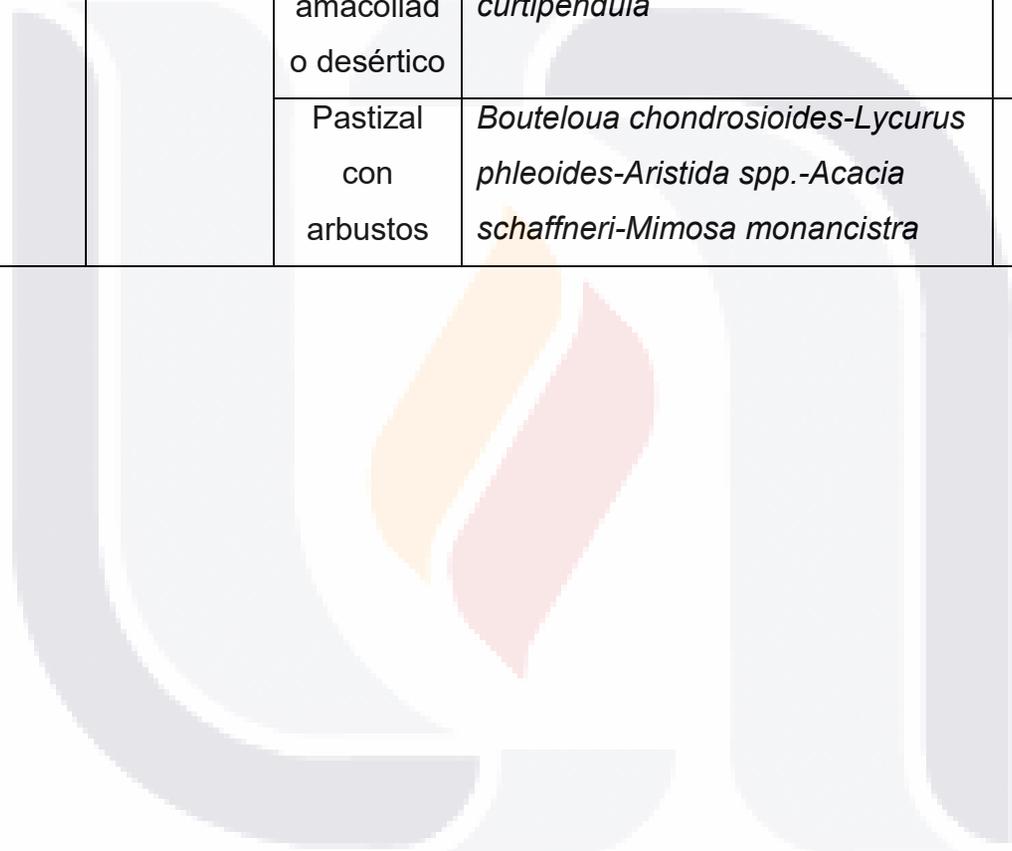
A su vez, la vegetación xerófila se divide en 2 grandes grupos, los cuales a su vez se subdividen en 7 subtipos (Tabla 1) (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016)

Tabla 1. Clasificación de la vegetación xerófila en Aguascalientes, mostrando tipos, subtipos locales, asociaciones específicas y el porcentaje de superficie cubierta por cada subtipo local, de acuerdo a Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016.

<b>Vegetación xerófila</b>	Matorrales xerófilos	Matorral espinoso crasicaule	<i>Acacia schaffneri</i> - <i>A. farnesiana</i> - <i>Prosopis laevigata</i> - <i>Mimosa spp.</i> - <i>Opuntia streptacantha</i> - <i>O. jaliscana</i> - <i>O. leucotricha</i>	5.22 %

		Mezquital	<i>Prosopis laevigata</i> - <i>Acacia schaffneri</i> - <i>Opuntia spp.</i>	2.13 %
		Matorral inerm rosetófilo	<i>Eysenhardtia polystachya</i> - <i>Forestiera phillyreoides</i> - <i>Viguiera quinquerediata</i> - <i>Dalea bicolor</i> - <i>Opuntia spp.</i> - <i>Yucca filifera</i>	3.29 %
			<i>Zaluzania augusta</i> - <i>Opuntia spp.</i> - <i>Aloysia gratissima</i> - <i>Eysenhardtia polystachya</i> - <i>Yucca filifera</i>	
			<i>Lippia inopinata</i> - <i>Verbesina serrata</i> - <i>Bouvardia ternifolia</i> - <i>Yucca filifera</i>	
			<i>Yucca filifera</i> - <i>Forestiera phillyreoides</i> - <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Izotal)	
		Matorral desértico micrófilo	<i>Ephedra compacta</i> - <i>Calliandra eriophylla</i> - <i>Jatropha dioica</i> - <i>Condalia warnockii</i> - <i>Mimosa aculeaticarpa</i>	1.78 %
			<i>Larrea tridentata</i> - <i>Parthenium incanum</i> - <i>Flourensia cernua</i> - <i>Rhus microphylla</i> - <i>Acacia constricta</i>	
			<i>Mortonia palmeri</i> - <i>Condalia warnockii</i> - <i>Ephedra compacta</i> - <i>Yucca filifera</i> .	
			<i>Lindleya mespiloides</i> - <i>Purshia plicata</i> - <i>Rhus microphylla</i> - <i>Condalia warnockii</i>	
			<i>Dasyilirion acrotriche</i> - <i>Nolina spp.</i> - <i>Yucca filifera</i>	

	Pastizal desértico	Pastizal natural	<i>Bouteloua chondrosioides</i> - <i>B. repens</i> - <i>B. gracilis</i> - <i>Lycurus phleoides</i> - <i>Aristida spp.</i>	0.87 %
			<i>Bouteloua chondrosioides</i> - <i>B. stolonifera</i> - <i>Enneaopogon desvauxii</i>	
		Pastizal natural amacollado desértico	<i>Aristida purpurea</i> - <i>Bouteloua curtipendula</i>	0.52 %
		Pastizal con arbustos	<i>Bouteloua chondrosioides</i> - <i>Lycurus phleoides</i> - <i>Aristida spp.</i> - <i>Acacia schaffneri</i> - <i>Mimosa monancistra</i>	8.21 %



## JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel nacional las zonas áridas están ocupadas por suelos degradados, con escasa vegetación, baja productividad y los cuales no están en vías de recuperar su cubierta vegetal original. Como parte de la restauración ecológica de estas áreas es necesario e inaplazable buscar opciones para rehabilitar los suelos y para elevar su productividad vegetal (Montaño-Arias y Monroy-Alta, 2000).

La vegetación xerófila domina el paisaje de Aguascalientes, esta se encuentra mayormente en condición secundaria con diferentes grados de perturbación, ocupando grandes extensiones de lo que en épocas pasadas fueron pastizales naturales, nopaleras o mezquiales (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017). Entre las principales actividades antrópicas que afectan a los sitios con vegetación natural en la entidad está el cambio de uso de suelo para el establecimiento de áreas urbanas, agrícolas y pecuarias (POEL, 2016; Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016). El disturbio por actividades agrícolas es la segunda actividad con mayor influencia en el deterioro ambiental con un 19.2 % solo después del desarrollo urbano (POET, 2021), además de ser el factor con más incidencia en los problemas de sobre explotación del acuífero y degradación del suelo (POEL, 2016). La gran diferencia entre estos dos disturbios es la capacidad de aplicar medidas para la restauración de los sitios, ya que la urbanización es casi completamente irreparable, mientras que el disturbio agrícola aún puede ser remediado.

La vegetación herbácea integra la base de las redes alimentarias y el refugio de la micro y meso fauna, actuando a su vez como protección del suelo contra la erosión (Silveira *et al.*, 2018). El estrato herbáceo en vegetación xerófila es efímero y escaso a diferencia de otros tipos de vegetación (Villarreal y Valdés, 1992), además, es el que alberga la mayor diversidad y riqueza debido a las condiciones climáticas que limitan este tipo de ecosistema (Obieta-Obieta, 1997).

La sucesión secundaria en ambientes áridos es muy lenta y su resultado incierto, ya que el establecimiento de determinadas especies y comunidades está muy limitado. Los esfuerzos para restaurar zonas abandonadas deben basarse en un conocimiento sólido de la sucesión ecológica, empleando especies viables, propias de etapas intermedias, capaces de impulsar la sucesión vegetal. La sucesión secundaria está muy relacionada con los esfuerzos para restaurar las zonas abandonadas, y debe constituir la base para todo esfuerzo de restauración (Miranda *et al.*, 2004).

Por lo anteriormente mencionado, es importante conocer que pasa durante los primeros años de sucesión ecológica en el estrato herbáceo de la vegetación xerófila de Aguascalientes, y en general en el altiplano sur del Desierto Chihuahuense, para así poder proponer mejores medidas de restauración de estas comunidades vegetales después de un disturbio agrícola.

## OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### Objetivo general

Analizar la sucesión ecológica del estrato herbáceo en dos subtipos de vegetación xerófila (pastizal con arbustos y matorral espinoso crasicaule) en el Altiplano Sur del Desierto Chihuahuense de Aguascalientes y proponer un modelo de restauración ecológica con base en los primeros años de sucesión ecológica.

### Objetivos particulares

1. Conocer la composición florística del estrato herbáceo en matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos, tanto en sitios con vegetación natural como en sitios afectados por la agricultura.
2. Identificar la diversidad y frecuencia de las especies herbáceas encontradas en los inventarios fitoecológicos tanto en matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos con y sin disturbio agrícola.
3. Identificar que especies herbáceas aparecen durante los primeros años de la sucesión ecológica después de un disturbio agrícola.
4. Describir la relación fitoecológica entre la vegetación herbácea, el suelo y la historia de manejo, tanto en matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos con y sin disturbio agrícola.
5. Comparar las cuatro condiciones estudiadas con la finalidad de conocer y elegir que especies se pueden utilizar en un modelo de restauración de sitios abandonados por la agricultura.
6. Proponer un modelo de restauración usando especies herbáceas con potencial de restauración y que se presentan en los primeros años de sucesión ecológica.

### **Hipótesis de investigación**

1. La composición florística entre sitios con vegetación natural y sitios afectados por la agricultura será diferente.
2. La diversidad y frecuencia de las especies herbáceas dependerá del subtipo de vegetación en donde se encuentre y de su grado de afectación.
3. Las características del suelo e historia de manejo serán factores determinantes de la composición florística de cada sitio.
4. Las especies herbáceas que aparecen durante los primeros años de sucesión ecológica presentan adaptaciones que les permiten establecerse en sitios altamente perturbados.
5. Las especies que se presenten en matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos con y sin disturbio agrícola serán diferentes dependiendo de la etapa de la sucesión ecológica en la que se encuentre.
6. Un plan o modelo de restauración basado en los primeros años de la sucesión natural-ecológica del estrato herbáceo, facilitará la restauración ecológica en sitios afectados por la agricultura.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alef, K. (1995). Soil Respiration. Methods in applied soil. Microbiology and Biochemistry. Academic Press
- Anderson, J. P. E. (1982). Soil respiration. Methods of soil analysis. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomysoil science Society of America.
- Balleza, J. J. y Villaseñor, J. L. (2011). Contribución del estado de Zacatecas (México) a la conservación de la riqueza florística del Desierto Chihuahuense. Acta Botánica Mexicana. 94: 61-89.
- Chang, C. C. y Turner, B. L. (2019). Ecological succession in a changing world, Journl of Ecology, 107: 503-509. doi: 10.1111/1365-2745.13132
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. Consultada en 2021.
- CONAFOR (2020). Estimación de la tasa de deforestación en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo. Documento Técnico. Jalisco, México. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/estimacion-de-la-tasa-dedeforestacion-bruta-en-mexico-para-el-periodo-2001-2018-mediante-elmetododemuestreo?idiom=es>
- Daget, P. H. y Godron, M. 1982. Analyse del'ecologie des espèces dans les communautés. Masson. Paris. 163 pp.
- Daget, P. H. y Poissonet J. 1969. Analyse phytologique des prairies: Applications agronomiques. Centre d'Etudes Phytosociologiques et écologiques. C.N.R.S. 48-67 pp.
- González-Medrano, F. (2004). Las comunidades vegetales de México: propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de

México, 80 págs. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.).

INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Aguascalientes. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

Jorba, M., y Vallejo, R. (2008). La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas*, 17(3).

Lamb, D., Erskine, P. D., y Parrota, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632. doi: 10.1126/science.1111773

Laska, G. (2001). The disturbance and vegetation dynamics: a review and an alternative framework. *Plant Ecology*, 157, 77-99. doi: 10.1023/A:1013760320805

Miranda, J. D., Padilla, F. M. y Pugnaire, F. I. (2004). Sucesión y restauración en ambientes Semiáridos. *Ecosistemas*. 13, 55-58. Recuperado de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=162>

Montaño, N. M. y Monroy A.A. (2000). Conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semiáridas en México. *Ciencia y Desarrollo*, 154, 25-110.

Morrin, P. J. (1999). *Community Ecology*. (Blackwell Science, Oxford).

Morrone, J. J., Escalante, T. y Rodríguez-Tapia, G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa* 4277, 277-279. doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>

Morrone JJ, (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90. doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>

- Obieta-Obieta MC. 1997. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque inespecífico de *Pinus hartwegii*. LB Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Parrota JA y Knowles OH. 1999. Restoration of tropical moist forest on bauxite-mine lands in the Brazilian Amazon. *Restoration Ecology* 7:103-116. doi:
- PEFEA. (2005). Programa Estratégico Forestal del Estado De Aguascalientes Vision 2030.
- Pickett, S.T.A. y White, P.S. (1985). The ecology of natural disturbance and patch dynamics (eds. Pickett, S.T.A. y White, P.S.). 371-384 (Academic Press, Florida). doi: 10.1016/B978-0-12-554520-4.50026-5
- POEL. Programa de Ordenamiento Ecológico Local, municipio de Aguascalientes 2015-2040. 2016.
- POET. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial, estado de Aguascalientes. 2021.
- Pywell RF, Bullock JM, Roy DB, Warman L, Walker K, y Rothery P. 2003. Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. *Journal of Applied Ecology* 40: 65-77. doi:10.1046/j.1365-2664.2003.00762.x.
- Pywell, R. F., Bullock, J. M., Roy, D. B., Warman, L., Walker, K., y Rothery, P. (2003). Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. *Journal of Applied Ecology*, 40(1), 65-77. doi:10.1046/j.1365-2664.2003.00762.x.
- Rodríguez-Ávalos JA. 2014. Análisis espacial de la vegetación de Aguascalientes. Distribución geográfica y descripción de las comunidades vegetales naturales de Aguascalientes. PhD Thesis, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Rondón y Vidal. 2005. Establecimiento de la cubierta vegetal en áreas degradadas (principios y métodos). *Revista forestal latinoamericana* 20: 63-82. doi:

- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-968-1800-02-4
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2015. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México.
- SER (Society for Ecological Restoration International Science y Policy Working Group). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona. <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration> Archivado el 19 de octubre de 2013 en Wayback Machine.
- Silveira D, Cadenazzi M, Zanoniani R, Boggiano P. 2018. Estructura de las comunidades herbáceas en áreas con plantaciones forestales. *Agrociencia Uruguay* 221:1-12. doi: <https://doi.org/10.31285/agro.22.1.1>
- Villareal-Quintanilla JA, Valdez J. (1992). Vegetación de Coahuila, México. *Revista manejo de pastizales*. 6:9-18. doi:
- Siqueiros-Delgado ME, Rodríguez-Ávalos JA, Martínez-Ramírez J, Sierra-Muñoz JC. 2016. Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences* 94: 1-16. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.466>
- Vanegas López, M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 p.
- White y Jentsch. 2001. The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics. *Progress in Botany* 62: 399-448.

## CAPÍTULO II

### Composición, frecuencia y diversidad de herbáceas en vegetación xerófila primaria y secundaria de Aguascalientes, México

#### RESUMEN

**Antecedentes y Objetivos:** El matorral xerófilo en México cubre 40% de su superficie y es el más vasto de todos los tipos de vegetación. En Aguascalientes, ocupa 21.52% del territorio y presenta fuerte grado de impacto debido a la influencia humana. El objetivo del estudio fue determinar la composición florística de herbáceas en dos subtipos de vegetación xerófila y conocer los años de abandono y el tipo de cultivo que se sembraba, con la finalidad de comparar frecuencia y diversidad de herbáceas en sitios con vegetación primaria y secundaria en áreas agrícolas.

**Métodos:** Se realizaron inventarios florísticos en matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos, en sitios con vegetación primaria y secundaria ubicadas en áreas agrícolas. Se determinó el número de taxones, se calculó la frecuencia de especies herbáceas, diversidad alfa ( $D_0$ ), índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Simpson ( $D$ ) y Equidad de Pielou ( $J'$ ), también se realizó un análisis comparativo de los índices de diversidad.

**Resultados clave:** Se registraron 219 especies de herbáceas pertenecientes a 140 géneros y 45 familias. En los sitios con vegetación primaria, *Bouteloua chondrosioides* fue la especie más frecuente y en vegetación secundaria *Eragrostis mexicana*. El matorral espinoso crasicaule primario tuvo la mayor riqueza con 138

especies y  $H'=3.49$ , el menos diverso es el matorral espinoso crasicaule secundario con 98 y  $H'=2.92$ . El matorral espinoso crasicaule primario tiene menos especies dominantes con  $D=0.05$  y  $J'=0.83$  mientras que el pastizal con arbustos primario y matorral espinoso crasicaule secundario presentan más taxones dominantes con  $D=0.10$  y  $J'=0.74$  en ambas condiciones.

**Conclusiones:** En la vegetación xerófila de Aguascalientes, el estrato herbáceo tiene un índice de diversidad medio; su composición, frecuencia y diversidad está directamente afectada por el impacto agrícola. La información generada en este estudio puede ser utilizada en la restauración de las zonas áridas impactadas por la agricultura.

**Palabras clave:** áreas degradadas, estructura, índices de diversidad, restauración, riqueza florística, zonas semiáridas.

## INTRODUCCIÓN

El matorral xerófilo ocupa en México el 40% de la superficie, y es el más vasto de todos los tipos de vegetación (Rzedowski, 2006). En el estado de Aguascalientes, la vegetación xerófila ocupa el 21.52% del territorio (Rodríguez-Ávalos, 2014). Siqueiros-Delgado et al. (2017) dividen este tipo de vegetación en matorral xerófilo y pastizal desértico. El primero representa el 11.92% de la superficie estatal y corre de norte a sur en la llanura central e incluye comunidades secundarias, que se han establecido después de la perturbación de las originales, como pastizal abierto, nopalera o mezquital. El segundo, representa el 9.6% del estado, se localiza principalmente en el Altiplano Central, se caracteriza por la abundancia de pastos típicos de zonas áridas y actualmente, su grado de deterioro es variable considerando que ha sido alterado por el pastoreo extensivo de ganado bovino (Siqueiros-Delgado et al., 2017).

En Aguascalientes se conserva el 59% de la vegetación natural, de la cual solo 38% mantiene su condición primaria; es decir, cuenta con sus elementos vegetales originales (Siqueiros-Delgado et al., 2016). Casi la mitad de la extensión de la vegetación xerófila es afectada por la influencia humana y presenta múltiples disturbios como el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, urbanas, industriales y mineras (Sosa-Ramírez et al., 2015). De todas las perturbaciones antropogénicas, las actividades agrícolas son la segunda causa del deterioro ambiental, con 19.2%, después del desarrollo urbano, con 20.7% (POET, 2021). Las actividades agrícolas también son el factor con más incidencia en los problemas de sobreexplotación acuífera y degradación del suelo (POEL, 2016).

Como protectora del suelo contra la erosión se reconoce a la vegetación herbácea, la cual constituye la base de las redes alimentarias y es refugio de la micro y meso fauna (Silveira et al., 2018); en la vegetación xerófila es un estrato efímero a diferencia de lo que sucede en otros ecosistemas (Villarreal y Valdés, 1992). Este

estrato alberga la mayor diversidad y riqueza de especies debido a las condiciones climáticas que lo limitan (Obieta-Obieta, 1997), pues en el matorral xerófilo la precipitación es escasa, por lo que dominan las plantas xerófilas (INEGI, 2017).

El estudio de la composición y estructura de la vegetación permite establecer una aproximación del estado de conservación de un ecosistema (Wilson et al., 1984), aporta datos importantes para establecer estrategias (López-Hernández et al., 2017) y facilita la identificación de especies indicadoras (Dufrène y Legendre, 1997). En México existen estudios que analizan el matorral xerófilo (Balleza y Villaseñor, 2011; Mata-Balderas et al., 2015; Siqueiros-Delgado et al., 2016; Díaz et al., 2017; González-Delgado et al., 2017; Siqueiros-Delgado et al., 2017; Encina-Domínguez et al., 2019; Reyna-González et al., 2021); no obstante, la mayoría se realizaron al norte del país enfocándose en los estratos arbóreo y arbustivo. A su vez, el impacto agrícola en las zonas áridas de México ha sido poco estudiado (Arriaga, 2009; Jiménez-Pérez et al., 2009; Landeros-Sánchez et al., 2011; Alanís-Rodríguez et al., 2013, 2018; Morales-Romero et al., 2015), por lo que existe un vacío de información respecto a la ecología, composición e impactos en el estrato herbáceo en matorral xerófilo.

Debido al gran deterioro que actualmente presenta la vegetación xerófila en Aguascalientes, el objetivo del presente estudio fue determinar la composición florística del estrato herbáceo, la frecuencia y diversidad de los elementos que lo componen, conocer los años de abandono y el tipo de cultivo que se sembraba tanto en sitios con vegetación primaria y secundaria en Aguascalientes, México, con la finalidad de comparar y generar información que pueda ser de utilidad para plantear medidas de conservación y restauración ecológica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estado de Aguascalientes está ubicado en el centro-norte de México, entre las coordenadas extremas 22°27' y 21°28'N, 101°53' y 102°52'O. Ocupa 5680 km<sup>2</sup>, colinda al norte, este y oeste con Zacatecas; al sur y este con Jalisco (INEGI, 2017) (Fig. 1).

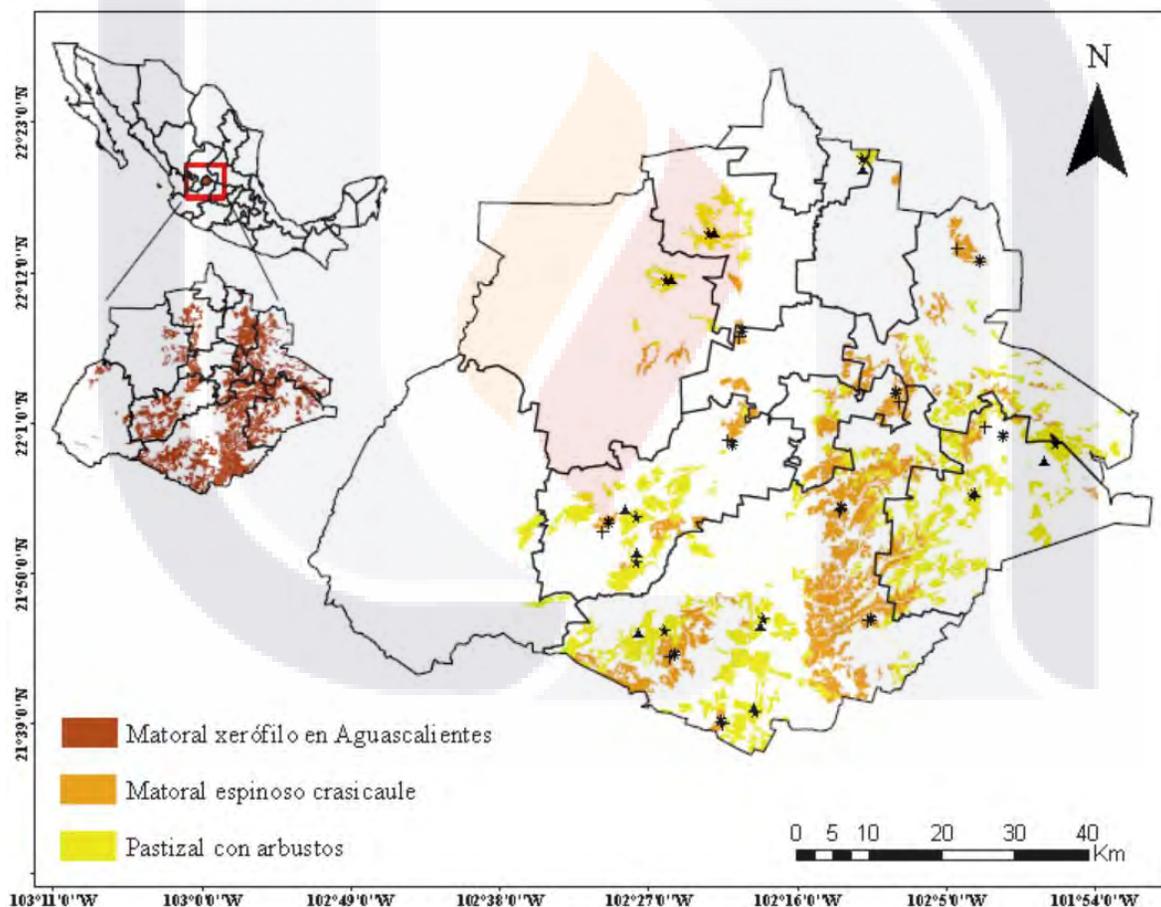


Figura 1: Ubicación de los sitios dónde se realizaron los inventarios florísticos en la vegetación xerófila de Aguascalientes, México. Matorral espinoso crasicaule

primario=+, matorral espinoso crasicaule secundario=\*, pastizal con arbustos primario=★, pastizal con arbustos secundario=▲.

Morrone et al. (2017) y Morrone (2019) sitúan a la entidad en tres provincias biogeográficas: Desierto Chihuahuense (que ocupa más de la mitad de la superficie estatal), Sierra Madre Occidental y Tierras bajas del Pacífico, en una pequeña porción ubicada al oeste del estado.

El clima dominante es semiseco (86% del territorio), existen tres tipos de zonas climáticas: 1) árida, representada por vegetación xerófila (matorral xerófilo), ubicada en la porción central del estado; 2) templada, conformada en su mayoría por bosques de encino y bosques mixtos, que se encuentra en la región montañosa al oeste del estado; y 3) tropical, conformada principalmente por matorrales subtropicales secundarios que sustituyeron a las comunidades de bosque tropical caducifolio, situada al suroeste de la entidad (Rodríguez-Ávalos, 2014; Siqueiros-Delgado et al., 2016, 2017; INEGI, 2017).

En Aguascalientes, la vegetación xerófila se distribuye en las planicies centrales y está integrada por mezquiales, matorrales y pastizales con diferentes asociaciones vegetales (Siqueiros-Delgado et al., 2016). En el presente estudio se utiliza la clasificación establecida por Siqueiros-Delgado (2016, 2017) que divide a la vegetación xerófila en dos: matorral xerófilo y pastizal desértico, los cuales se subdividen en cuatro y tres subtipos locales respectivamente (Siqueiros et al., 2017) (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de la vegetación xerófila en Aguascalientes, México, mostrando tipos, subtipos locales y porcentaje de superficie cubierta por cada subtipo local, de acuerdo con Siqueiros-Delgado et al. (2016).

Grupo de vegetación	Tipo de vegetación	Subtipos locales	% de superficie cubierta
Vegetación xerófila	Matorrales xerófilos	Matorral espinoso crasicaule	5.22%
		Mezquital	2.13%
		Matorral inerme rosetófilo	3.29%
		Matorral desértico micrófilo	1.78%
		Pastizal desértico	0.87%
	Pastizal desértico	Pastizal natural	0.52%
		amacollado desértico	0.52%
		Pastizal con arbustos	8.21%

Entre los subtipos locales, el matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos son los más representativos, con 5.22 y 8.21% de la extensión territorial respectivamente. El matorral espinoso crasicaule está conformado por matorrales secundarios resultado de la alteración de otras comunidades naturales, como pastizales, mezquiales o nopaleras. Los elementos que predominan son huizaches, garruños, nopales y biznagas (Siqueiros et al., 2016). El pastizal con arbustos presenta un estrato arbóreo bajo a muy bajo o arbustivo alto, dándole una fisionomía de pradera arbolada o sabana, en donde predominan *Vachellia schaffneri* (S. Watson) Seigler & Ebinger y en ocasiones *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. (Siqueiros-Delgado et al., 2017).

**Muestreo y análisis de la composición florística del estrato herbáceo**

Con la finalidad de conocer la composición del estrato herbáceo y de contar con una buena representación de su vegetación, se eligieron los dos subtipos más extensos: matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos (Siqueiros-Delgado et al., 2017). Durante la temporada de lluvias (junio a octubre) de los años 2021 y 2022, se realizaron 41 inventarios florísticos: diez en matorral espinoso crasicaule primario, diez en pastizal con arbustos con vegetación primaria, diez en matorral espinoso crasicaule con vegetación secundaria y 11 en pastizal con arbustos secundario. El muestreo se llevó a cabo de manera estratificada con ayuda de imágenes satelitales (INEGI, 2000; Google Earth Pro, 2022). El mapa con la ubicación de los sitios donde se realizaron los inventarios florísticos se elaboró con el programa ArcGIS v. 10.8 (ESRI, 2017) y se presenta en la Fig. 1. En cada uno se tomaron las coordenadas geográficas con base en Datum WGS84, la elevación, así como el nombre de la localidad. Para los inventarios florísticos, se siguió la metodología propuesta por Daget y Godron (1982), realizando cuadrantes de 16 × 16 m (256 m<sup>2</sup>), y se registraron todas las especies herbáceas presentes, además de aquellas que se encontraban a 10-15 m de distancia de estos.

El material botánico se recolectó siguiendo la metodología propuesta por Bowles (2004), se trasladó e identificó en el Herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA) con la ayuda de claves taxonómicas y literatura especializada (De la Cerda-Lemus, 1982, 1989, 1996, 2004, 2011; Siqueiros-Delgado, 1996, 1999; García-Regalado, 2004, 2014; Siqueiros-Delgado et al., 2011, 2020; Lot et al., 2013; Sandoval-Ortega y Siqueiros-Delgado, 2018; Sierra-Muñoz, 2018; Sandoval-Ortega et al., 2019; Cabrera-Manuel et al., 2020). Los autores de los taxones y sus abreviaturas fueron revisados utilizando el International Plant Name Index (IPNI, 2023) mientras que la actualización nomenclatural se realizó, consultando portales electrónicos (POWO, 2024; TROPICOS, 2019) y literatura (Sánchez-Ken, 2019).

Además, se entrevistaron personas de la comunidad más cercana para conocer los años de abandono de las parcelas visitadas y el tipo de cultivo que se sembraba

(maíz, frijol, calabaza, etc.). La información recabada se incorporó en una base de datos utilizando Microsoft® Excel®.

Para evaluar la eficacia del muestreo se elaboraron curvas de acumulación de especies siguiendo la metodología propuesta por Jiménez-Valverde y Hortal (2003). Para generarlas se utilizó el software EstimateS v. 9.1.0 (Colwell, 2013) basándose en el número de unidades de muestreo y especies promedio acumuladas. Posteriormente se utilizó Statistica v. 8.0 (StatSoft, Inc., 2007) para ajustar el modelo de Clench, calcular el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y finalmente graficar los resultados.

### **Cálculo de la frecuencia de especies herbáceas**

La frecuencia relativa se determinó con la metodología propuesta por Daget y Poissonet (1969), en donde se trazaron líneas de 10 m de longitud por sitio de muestreo y se registraron las especies presentes cada 10 cm, para después aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{frecuencia de una especie}}{\text{frecuencia total de las especies}} \times 100$$

### **Cálculo de los Índices de diversidad**

Con los datos de frecuencia de especies herbáceas, se calculó la diversidad alfa (D<sup>0</sup>), el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el índice de equidad de Pielou (J') e índice de diversidad de Simpson (D) de la siguiente manera.

- 1) diversidad alfa de cada condición (D<sup>0</sup>) se calculó con el número efectivo de especies (Moreno et al., 2011).
- 2) índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), se basa en la estructura de la comunidad y mide la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción

con que existen en la población (Shannon y Wiener, 1949). Para calcularlo se utilizó la siguiente ecuación:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i * \ln p_i$$

Donde *S* equivale al número de especies; *p<sub>i</sub>* a la proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos, es decir, la abundancia relativa de la especie *i*; y *ln* al logaritmo natural.

3) índice de equidad de Pielou (*J'*), mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de tal forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). Se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$J' = \frac{H'}{H' \max}$$

Donde *H' max*=ln (*S*) y *H'* es el índice de Shannon-Wiener y *S* es el número total de especies presentes (*J'*=*H'*/ln(*S*)).

4) índice de diversidad de Simpson (*D*), representa la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma especie (Moreno, 2001), para obtenerlo se utilizó la siguiente formula:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

En donde *S* es el número de especies, *N* el total de organismos presentes y *n* el número de individuos de la especie *i*. Todos los índices fueron calculados con la ayuda del software estadístico Past v. 4.03 (Hammer et al., 2001).

Se compararon los índices de diversidad obtenidos en cada una de las condiciones estudiadas. Para ello se utilizó una prueba preliminar Shapiro-Wilks con la finalidad de determinar la normalidad de los datos. Al notar que su distribución no fue normal, se usó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Las pruebas comparativas se analizaron con InfoStat v. 2008 (Di-Rienzo et al., 2020).

## RESULTADOS

### Composición de especies del estrato herbáceo

Se registraron 219 taxones agrupados en 140 géneros y 45 familias. Las familias mejor representadas fueron Poaceae con 53 especies, Asteraceae con 38 y Amaranthaceae con 12 (Tabla 2).

Tabla 2: Número de familias, géneros y especies del estrato herbáceo en la vegetación xerófila de Aguascalientes, México.

<b>Familia</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
Pteridofitas		
Ophioglossaceae	1	1
Angiospermas		
Acanthaceae	2	2
Amaranthaceae	8	12
Anacampserotaceae	1	1
Apiaceae	1	1
Apocynaceae	2	2
Asparagaceae	2	2
Asteraceae	28	38
Brassicaceae	3	3
Cactaceae	2	2
Caryophyllaceae	3	5
Cistaceae	1	1
Commelinaceae	1	2
Convolvulaceae	3	9
Cucurbitaceae	2	2
Cyperaceae	1	5

<b>Familia</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
Euphorbiaceae	2	9
Fabaceae	8	10
Heliotropaceae	1	1
Iridaceae	1	1
Lamiaceae	3	4
Loasaceae	1	2
Malpighiaceae	1	1
Malvaceae	6	7
Martyniaceae	1	1
Molluginaceae	1	1
Nyctaginaceae	1	2
Onagraceae	1	3
Orobanchaceae	2	2
Papaveraceae	1	1
Plantaginaceae	2	3
Plumbaginaceae	1	1
Poaceae	27	53
Polemoniaceae	1	1
Polygalaceae	2	2
Portulacaceae	1	2
Primulaceae	1	2
Ranunculaceae	1	1
Resedaceae	1	1
Rubiaceae	3	3
Sapindaceae	1	1
Solanaceae	4	8
Talinaceae	1	1
Verbenaceae	2	6

Familia	Géneros	Especies
Zygophyllaceae	1	1
<b>Total</b>	140	219

Los géneros más diversos fueron *Bouteloua* Lag. (Poaceae) con ocho especies, seguido de *Eragrostis* Wolf (Poaceae) y *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae) con siete cada uno (Anexo 1). Diecisiete familias incluyen una especie, entre ellas: Anacampserotaceae, Ophioglossaceae, Papaveraceae, Resedaceae, Talinaceae y Zygophyllaceae (Anexo 1).

Se reportan tres especies de Poaceae por primera vez para Aguascalientes: *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone, *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees y *Urochloa panicoides* P. Beauv., las cuales son introducidas en México. *Eragrostis curvula* y *U. panicoides* se encontraron en todos los subtipos de vegetación analizados; sin embargo, ambas son más frecuentes en áreas con vegetación secundaria, mientras que *C. clandestinus* solo se encontró en matorral espinoso crasicaule secundario.

El matorral espinoso crasicaule primario tuvo la mayor riqueza con 138 especies, seguido de pastizal con arbustos primario con 116. El matorral espinoso crasicaule secundario y pastizal con arbustos secundario son los menos ricos con 98 especies cada uno (Tabla 3).

**Tabla 3:** Número de familias, géneros y especies para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP, pastizal con arbustos secundario=PCAS.

Subtipo de vegetación	Familias	Géneros	Especies
MECP	36	98	138
MECS	21	75	98
PCAP	29	81	116
PCAS	22	71	98

En todos los subtipos de vegetación Poaceae fue la familia con mayor riqueza de especies, seguida de Asteraceae (Anexo 1).

A pesar de que se contó con un modelo altamente confiable con un buen ajuste de los datos ( $R^2 \geq 0.99$ ), las curvas de acumulación de especies muestran que el esfuerzo de muestreo fue insuficiente (Figs. 2, 3) ya que en todas las condiciones no se alcanzó la asíntota (Tabla 4).

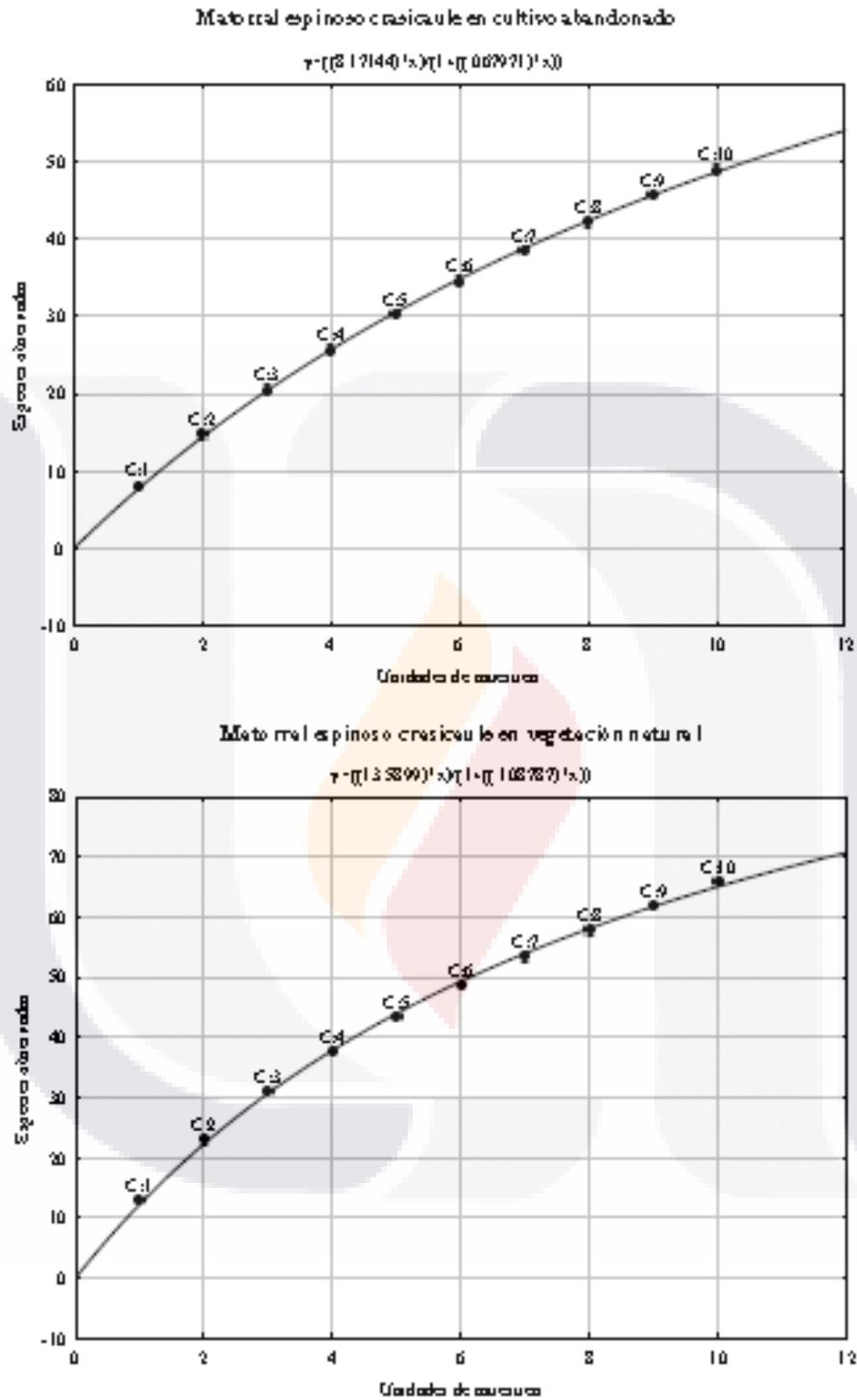


Figura 2: Curvas de acumulación de especies para matorral espinoso crasicauale primario y secundario.

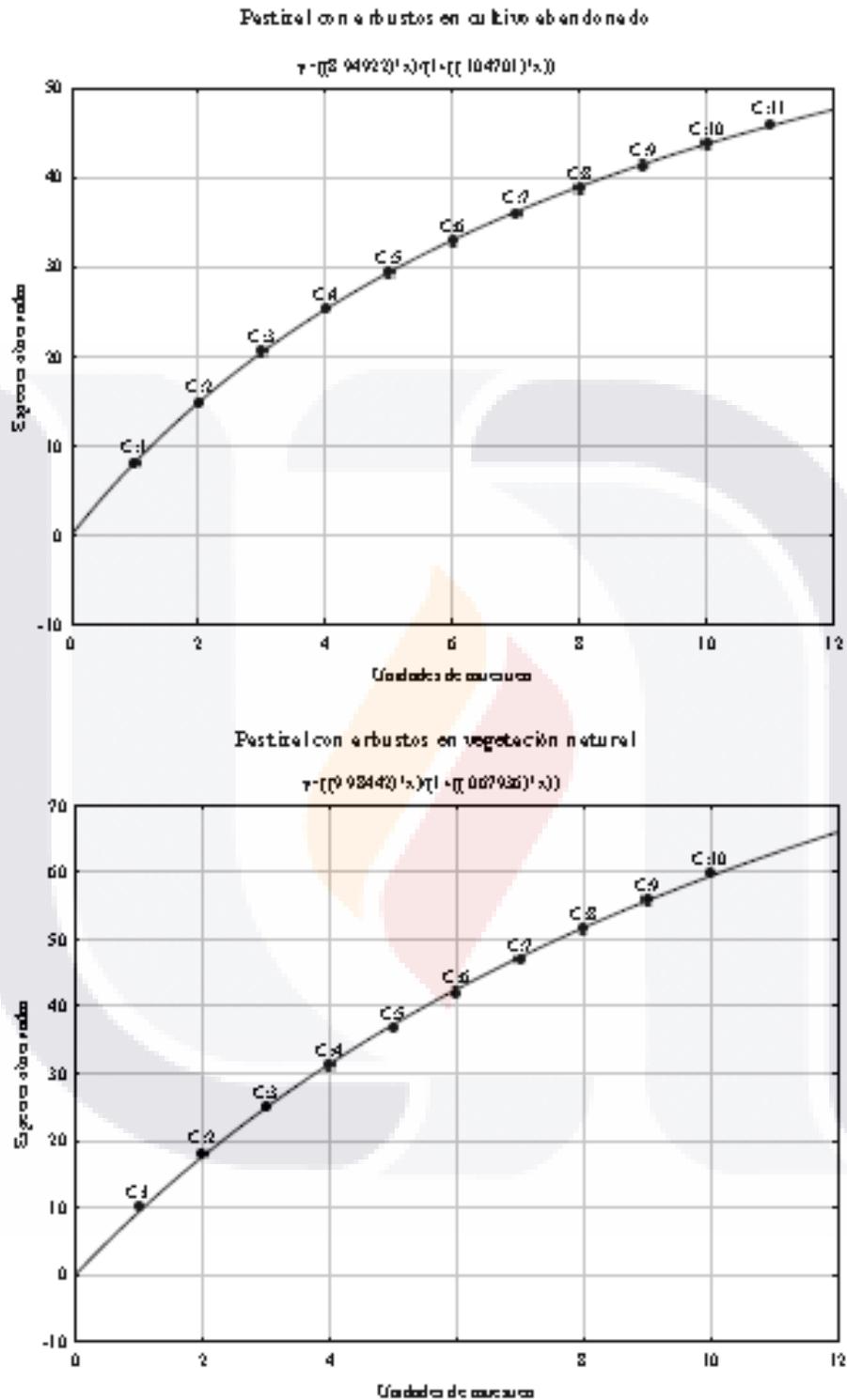


Figura 3: Curvas de acumulación de especies para pastizal con arbustos primario y secundario.

**Tabla 4:** Valores del modelo predictivo e índice de confiabilidad de las curvas de acumulación de especies para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP, pastizal con arbustos secundario=PCAS, unidades de muestreo=UM, tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario=a, parámetro de la inclinación al final de la curva=b, coeficiente de determinación= $R^2$ , confiabilidad del inventario=CI.

Subtipo de vegetación	UM	a	b	$R^2$	CI
MECP	10	13.58	0.10	0.998	3.13
MECS	10	8.17	0.06	0.999	2.92
PCAP	10	9.98	0.06	0.999	3.57
PCAS	11	8.94	0.10	0.999	2.14

Los sitios con vegetación secundaria, tanto en matorral espinoso crasicaule como en pastizal con arbustos, presentaron entre 1-10 años de abandono. En la mayoría se practicaba agricultura de temporal para siembra de maíz y frijol, que se aprovechaban en autoconsumo y alimentación del ganado (Tabla 5).

**Tabla 5:** Años de abandono y tipo de cultivo de las áreas con vegetación xerófila secundaria en Aguascalientes, México. Maíz=M, maíz y frijol=M/F, matorral espinoso crasicaule=MEC, pastizal con arbustos=PCA.

Condición	Años de abandono	Tipo de cultivo
MEC	1	M / F
	1	M / F
	2	M / F
	3	M

Condición	Años de abandono	Tipo de cultivo
	2	M
	10	M / F
	2	M / F
	10	M
	2	M / F
	10	M / F
PCA	2	M
	6	M
	2	M
	2	M
	3	M
	3	M
	10	M / F
	6	M / F
	10	F
	2	M / F
	6	M / F

**Frecuencia relativa de herbáceas**

*Bouteloua chondrosioides* (Kunth) Benth. ex S. Watson, es la especie más común en la vegetación primaria con una frecuencia relativa de 14.2% en matorral espinoso crasicaule y 25.5% en pastizal con arbustos. En las áreas con vegetación secundaria, *Eragrostis mexicana* (Hornem.) Link y *E. curvula* tuvieron la mayor frecuencia relativa, la primera en matorral espinoso crasicaule (23.3%) y la segunda en pastizal con arbustos con 14.6% (Tabla 6).

**Tabla 6:** Herbáceas más frecuentes para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Frecuencia relativa=FR, matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP, pastizal con arbustos secundario=PCAS.

<b>Subtipo de vegetación</b>	<b>Especies más frecuentes</b>	<b>FR</b>
MECP	<i>Bouteloua chondrosioides</i> (Kunth) Benth. ex S. Watson (Poaceae)	14.2%
	<i>Setaria grisebachii</i> E. Fourn. (Poaceae)	1.76%
MECS	<i>Chloris virgata</i> Sw. (Poaceae)	7.91%
	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link (Poaceae)	23.3%
PCAP	<i>Euphorbia indivisa</i> (Engelm.) Tidestr. (Euphorbiaceae)	3.19%
	<i>Bouteloua chondrosioides</i> (Kunth) Benth. ex S. Watson (Poaceae)	25.5%
PCAS	<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees (Poaceae)	14.6%
	<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc. (Poaceae)	3.37%

Las especies medianamente frecuentes fueron: *Chloris virgata* Sw. con 7.91% en matorral espinoso crasicaule secundario, *Eragrostis intermedia* Hitchc. con 3.37% en pastizal con arbustos secundario, *Euphorbia indivisa* (Engelm.) Tidestr. con

3.19% en pastizal con arbustos primario y *Setaria grisebachii* E. Fourn. con 1.76% en matorral espinoso crasicaule primario. Las especies menos comunes ( $\leq 0.01\%$ ) fueron: *Bidens aurea* (Aiton) Sherff, *Brassica juncea* (L.) Czern., *Oenothera elata* Kunth, *Ophioglossum engelmannii* Prantl, *Paspalum crinitum* Chase ex Hitchc., *Senna bauhinioides* (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby, *Tetraclea coulteri* A. Gray, *Thymophylla acerosa* (DC.) Strother y *Verbena bracteata* Cav. ex Lag. & Rodr., ya que solo tuvieron un registro en todos los subtipos de vegetación estudiados.

### **Diversidad de especies del estrato herbáceo**

El matorral espinoso crasicaule primario tuvo el estrato herbáceo más diverso con  $D_0=138$  especies y  $H'=3.49$  nats (nat=unidad natural de información). En segundo lugar, estuvo el pastizal con arbustos primario en el cual se registraron  $D_0=116$  spp. y  $H'=3.02$  nats. Después el pastizal con arbustos secundario con  $D_0=98$  spp., ocupó el tercer puesto de  $H'$  con 2.98 nats. El matorral espinoso crasicaule secundario presentó el mismo número de especies con  $D_0=98$ , pero su  $H'$  fue el más bajo con 2.92 nats.

Con relación al índice de diversidad de Simpson, el matorral espinoso crasicaule secundario y pastizal con arbustos primario presentaron el valor más alto:  $D=0.10$ , en ambos; posteriormente, el pastizal con arbustos secundario con  $D=0.07$ , y, por último, el matorral espinoso crasicaule primario ( $D=0.05$ ). El índice de Equidad de Pielou más elevado se encontró en matorral espinoso crasicaule primario con  $J'=0.83$ , seguido de pastizal con arbustos secundario ( $J'=0.77$ ); el valor más bajo se registró en matorral espinoso crasicaule secundario y pastizal con arbustos primario, ambos con  $J'=0.74$  (Tabla 7).

**Tabla 7:** Valores de diversidad para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP,

pastizal con arbustos secundario=PCAS, diversidad alfa= $D^0$ , índice de Shannon= $H'$ , índice de Simpson= $D$ , equidad de Pielou= $J'$ .

<b>Subtipo de vegetación</b>	<b><math>D^0</math></b>	<b><math>H'</math></b>	<b><math>D</math></b>	<b><math>J'</math></b>
MECP	138	3.49	0.05	0.83
MECS	98	2.92	0.10	0.74
PCAP	116	3.02	0.10	0.74
PCAS	98	2.98	0.07	0.77

Al realizar el análisis comparativo de la diversidad entre los sitios con vegetación primaria y secundaria en cada subtipo de vegetación, se encontró que para  $D^0$  en matorral espinoso crasicaule existen diferencias significativas ( $H=4.17$ ,  $p=0.03$ ) debido a que los ecosistemas primarios presentaron un índice promedio mayor ( $13.00 \pm 4.55$ ) en comparación con los secundarios. No obstante, en pastizal con arbustos no hay diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) ya que tanto el primario como el secundario tuvieron índices promedio similares. La comparación del índice de diversidad  $D$  también demostró que existen diferencias significativas ( $H=4.17$ ,  $p=0.04$ ), en este caso, el pastizal con arbustos primario presentó un índice promedio mayor ( $0.71 \pm 0.13$ ) que las áreas con vegetación secundaria. Para los índices  $H'$  y  $J'$ , no se encontraron diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) (Fig. 4).

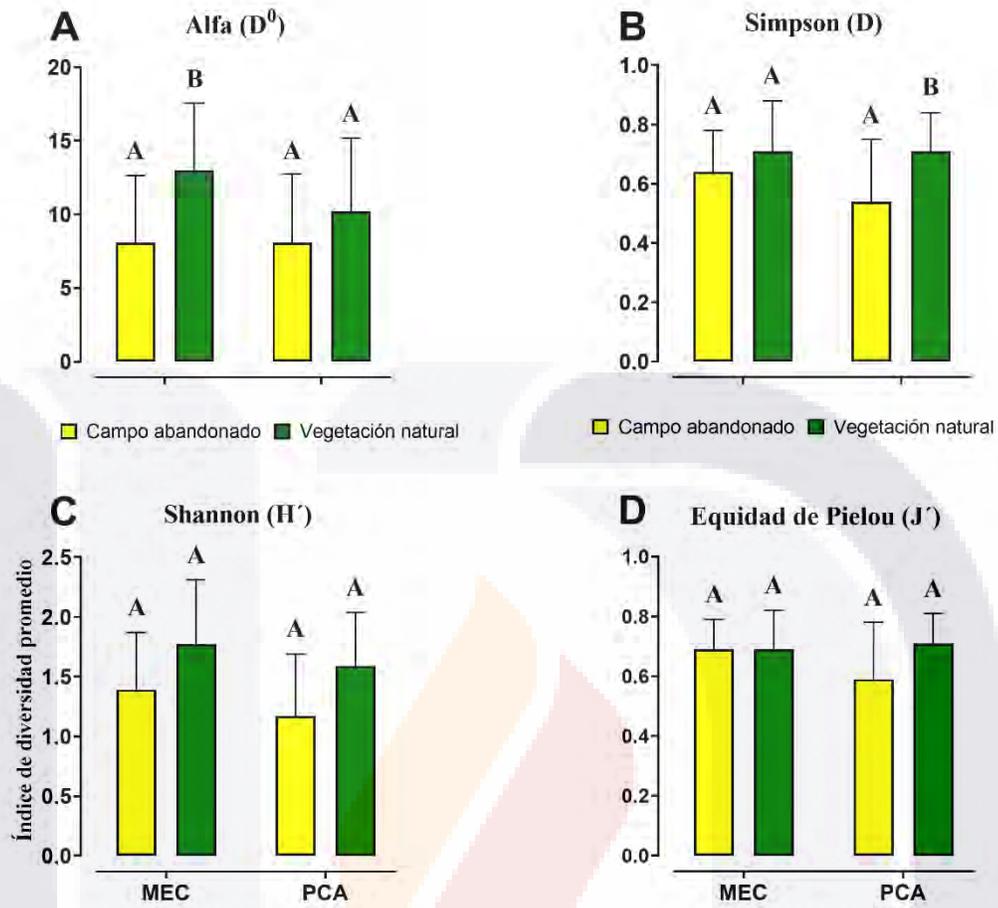


Figura 4: Resultados del análisis comparativo de los índices de diversidad entre sitios con vegetación natural y cultivos abandonados en cada condición estudiada. MEC = matorral espinoso crasicauale, PCA = pastizal con arbustos. A-B Medias con literales diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Kruskal-Wallis ( $p < .05$ )

## DISCUSION

### Composición de especies del estrato herbáceo

En el presente trabajo, el estrato herbáceo representa 11.79% (219) de las 1856 especies de plantas registradas para el estado de Aguascalientes (J. Martínez-Ramírez, com. pers.).

Las familias más diversas (Poaceae, Asteraceae y Amaranthaceae) en las zonas estudiadas, concuerdan con lo que se ha registrado en México (Villaseñor, 2016). La mayoría de las familias que tuvieron un solo registro, son diversas en Aguascalientes y en el resto de México; sin embargo, muchos de sus integrantes se distribuyen en otros tipos de vegetación o generalmente son arbustivas o arbóreas (Rzedowski, 2006; Siqueiros-Delgado et al., 2020).

Los nuevos registros reportados para Aguascalientes (*Cenchrus clandestinus*, *Eragrostis curvula* y *Urochloa panicoides*) son originarios de África (Villaseñor y Espinosa, 1998; Villaseñor y Magaña, 2006) y previamente fueron reportadas en México en 20 entidades (De la Cerda-Lemus, 1996; Herrera-Arrieta et al., 2010; Villaseñor, 2016; Sierra-Muñoz, 2018; Sánchez-Ken, 2019).

Los sitios con vegetación primaria presentaron mayor riqueza de especies en comparación con aquellos donde hay vegetación secundaria. Es importante mencionar que, esta última presenta diferentes estadios sucesionales, los cuales dependen de factores como la severidad del impacto antropogénico, banco de semillas, capacidad de dispersión de diásporas provenientes de predios vecinos y rebrote de las plantas, entre otras (Pincheira-Ulbrich et al., 2008; Boccanelli, 2011). Las curvas de acumulación de especies mostraron que a pesar de contar con un modelado altamente confiable tanto en los sitios con vegetación primaria como secundaria ( $R^2 \geq 0.99$ ), la calidad del esfuerzo de muestreo (CEM) demostró ser insuficiente ( $>1$ ). Estos resultados indican que se debe incrementar el número de unidades de muestreo para acercarse al máximo de especies que pueden encontrarse, particularmente en áreas con vegetación primaria, donde se registró

mayor cantidad de especies (Tabla 4). Algunos factores que explican la dificultad para alcanzar la asíntota son: extensión del área estudiada, complejidad de la flora herbácea y condiciones climáticas anuales que afectan directamente la presencia de determinadas especies (Soberón y Llorente, 1993). Por ejemplo, el año 2021 fue atípico en Aguascalientes superando el promedio histórico de precipitaciones pluviales en 22% (SMN, 2023), las cuales permitieron la presencia de un mayor número de herbáceas. Autores como Alfaro y Pizarro-Arraya (2017) y Juanes-Márquez et al. (2024) también encontraron baja eficiencia en el muestreo en la mayoría de los tratamientos en los que utilizaron el modelo de Clench; esto evidencia la necesidad de evaluar el esfuerzo de muestreo y elaborar curvas de acumulación de especies previo a la planeación de los estudios de diversidad (en particular de plantas) para garantizar su eficacia (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

#### **Frecuencia de especies del estrato herbáceo**

Los resultados de este estudio concuerdan con lo reportado por Rzedowski (2006) y Siqueiros-Delgado et al. (2020), quienes mencionaron que Poaceae y Asteraceae son las familias dominantes en matorral xerófilo. A su vez, Siqueiros-Delgado et al. (2017) reportaron a *B. chondrosioides* y *C. virgata* entre las especies más frecuentes en matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos, subtipos de vegetación xerófila mejor representados en Aguascalientes. Por otro lado, aquellas que se encontraron una sola ocasión (*Bidens aurea*, *Brassica juncea*, *Oenothera elata*, *Ophioglossum engelmannii*, *Paspalum crinitum*, *Senna bauhinioides*, *Tetraclea coulteri*, *Thymophylla acerosa* y *Verbena bracteata*) también han sido poco recolectadas en la entidad (Siqueiros-Delgado et al., 2020) a diferencia del resto de México donde se encuentran ampliamente distribuidas (Villaseñor y Espinosa, 1998; Rzedowski, 2006; Villaseñor, 2016).

Con respecto a la frecuencia de especies en cada subtipo de vegetación, las del género *Bouteloua* son comunes en zonas poco perturbadas, mientras que los miembros de *Chloris* Sw. y *Eragrostis* se encuentran en sitios donde se practican ganadería y agricultura. La frecuencia de especies está relacionada con el subtipo de vegetación y el estado de conservación del sitio (Rodríguez-Ávalos et al., 2014;

Siqueiros-Delgado et al., 2017). Las especies más frecuentes en un determinado tipo de vegetación son indicadoras de áreas perturbadas (Villaseñor y Espinoza, 1998), esto demuestra que casi la mitad de la superficie que abarca la vegetación xerófila de Aguascalientes presenta diferentes grados de disturbio, en grandes extensiones de lo que en épocas pasadas fueron pastizales, nopaleras o mezquitales primarios (Siqueiros-Delgado et al., 2016, 2017).

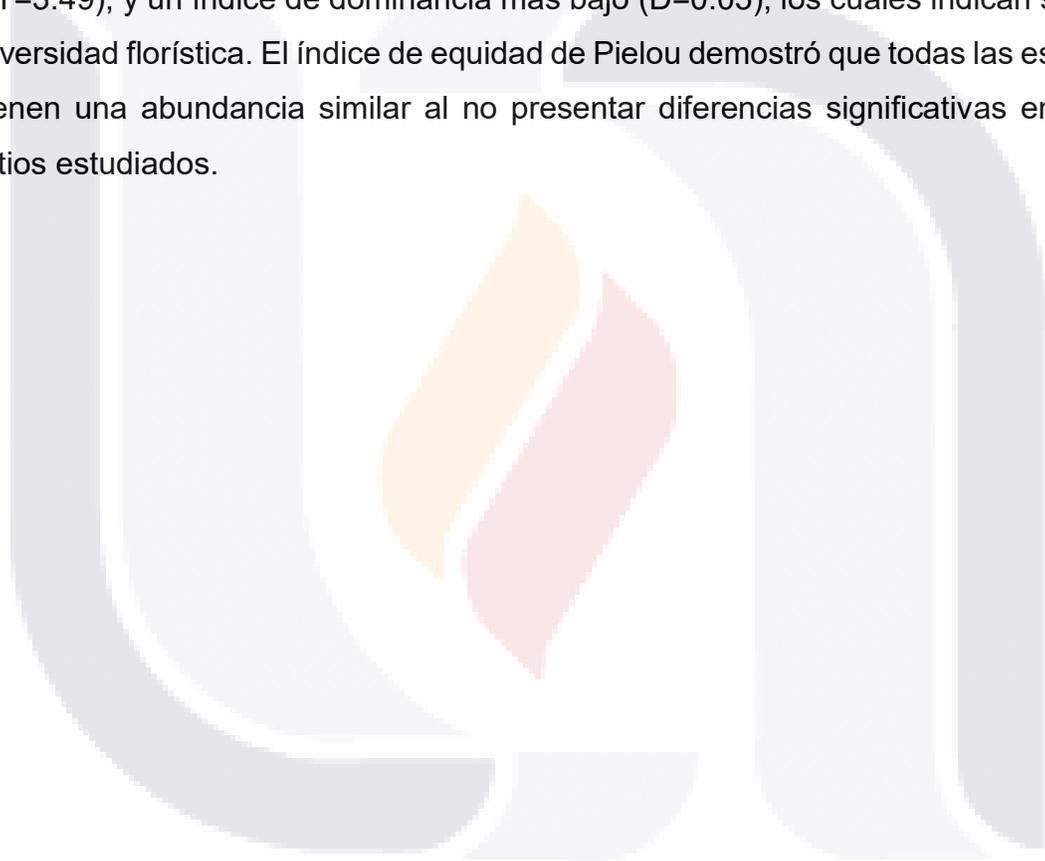
### **Diversidad del estrato herbáceo**

Con relación a la riqueza de especies, la vegetación primaria tiene una mayor cantidad que los sitios perturbados. Probablemente, se debe a que la estructura del paisaje es más heterogénea, permitiendo la presencia y desarrollo de una gran variedad de taxones, ya que las áreas con vegetación secundaria suelen ser homogéneas y por ello dominan unas cuantas especies (Siqueiros-Delgado et al., 2016). Siqueiros-Delgado et al. (2016, 2017) reportaron 340 spp. para la vegetación xerófila de Aguascalientes, incluyendo todos los subtipos de vegetación y estratos vegetales. En el presente trabajo se reportan 219 especies de herbáceas, mostrando así la necesidad de continuar realizando estudios florísticos en la entidad.

El índice de Shannon registrado en el matorral espinoso crasicaule primario ( $H'=3.49$ ) indica que la diversidad del estrato herbáceo es similar a lo reportado por Sosa-Ramírez et al. (2015) en la vegetación herbácea de la Sabana de la Sierra Fría de Aguascalientes ( $H'=3.58$ ) y por Siqueiros-Delgado et al. (2017) quienes encontraron índices de diversidad para la vegetación xerófila en Aguascalientes de hasta  $H'=4$ . En el matorral espinoso tamaulipeco presente en Nuevo León, Domínguez-Gómez et al. (2013) también estudiaron el estrato herbáceo y registraron  $H'$  entre 1.8 y 2.3 dependiendo de la época del año.

El índice de Simpson tuvo un valor mayor en matorral espinoso crasicaule secundario y pastizal con arbustos primario; el segundo, a pesar de presentar un índice de diversidad de Shannon alto ( $H'=3.02$ ), cuenta con  $D=0.10$ , porque *B. chondrosioides* es la especie dominante. A pesar de que alrededor del 75% de los pastizales desérticos en Aguascalientes son primarios (Siqueiros-Delgado et al.,

2017), constantemente están presionados por actividades ganaderas; debido al sobrepastoreo, el pastizal con arbustos es la comunidad con mayor disturbio entre los diferentes tipos de pastizales, conservando ca. 38% en condición primaria (Siqueiros-Delgado et al., 2017). Por otro lado, el matorral espinoso crasicaule secundario registró un índice de Simpson alto ( $D=0.10$ ), y el menor índice de Shannon ( $H'=2.92$ ), lo cual refleja su escasa diversidad. Lo anterior contrasta con el matorral espinoso crasicaule primario que presentó el índice de Shannon más alto ( $H'=3.49$ ), y un índice de dominancia más bajo ( $D=0.05$ ), los cuales indican su gran diversidad florística. El índice de equidad de Pielou demostró que todas las especies tienen una abundancia similar al no presentar diferencias significativas entre los sitios estudiados.



## CONCLUSIONES

A pesar de los múltiples disturbios que afronta la vegetación xerófila en Aguascalientes, sus comunidades mantienen una gran diversidad florística. Las actividades agrícolas tienen efectos significativos en la composición, frecuencia y diversidad del estrato herbáceo. En general, en los sitios con vegetación secundaria se observó una disminución en la riqueza de herbáceas, así como un aumento en la dominancia de especies tolerantes al disturbio; esto sugiere que las actividades agrícolas contribuyen a la pérdida de biodiversidad. En futuros estudios será necesario contemplar un pre-muestreo en el que se realicen curvas de acumulación de especies con la finalidad de planear un esfuerzo de muestreo más eficiente. Es importante continuar con la investigación del componente herbáceo, no solo en los subtipos de vegetación xerófila restantes, sino en todos los tipos de vegetación presentes en Aguascalientes, para comprender su composición y diversidad, con la finalidad de proponer medidas adecuadas de restauración y conservación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alanís-Rodríguez, E., A. Valdecantos-Dema, P. A. Canizales-Velázquez, A. C. Chávez-Costa, E. Rubio-Camacho y A. Mora-Olivo. 2018. Análisis estructural de un área agroforestal en una porción del matorral xerófilo del noreste de México. *Acta Botanica Mexicana* 125: 133-156. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm125.2018.1329>
- Alanís-Rodríguez, E., J. Jiménez-Pérez, M. A. González-Tagel, J. I. Yerena-Yamallel, G. Cuellar-Rodríguez y A. Mora-Olivo. 2013. Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Phyton Revista Internacional de Botánica Experimental* 82: 185-191.
- Alfaro, F. M. y J. Pizarro-Araya. 2017. Estimación de la riqueza de coleópteros epigeos de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt (Regiones de Atacama y Coquimbo, Chile). *Gayana* 81(2): 39-51.
- Arriaga, L. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental* 1(1): 6-16.
- Balleza, J. J. y J. L. Villaseñor. 2011. Contribución del estado de Zacatecas (México) a la conservación de la riqueza florística del Desierto Chihuahuense. *Acta Botanica Mexicana* 94: 61-89. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm94.2011.271>
- Boccanelli, S. I. 2011. Dinámica de la vegetación luego del abandono de campos agrícolas en el sur de la Provincia de Santa Fe, Argentina. *Phyton Revista Internacional de Botánica Experimental* 80: 227-229.
- Bowles, J. M. 2004. Guide to plant collection and identification. Herbarium Workshop in Plant Collection and Identification. University of Western Ontario. Ontario, Canadá. 23 pp.

- Cabrera-Manuel, F., M. E. Siqueiros-Delgado, J. Ceja-Romero y J. Sosa-Ramírez. 2020. Orden Commelinales en Aguascalientes, México. *Botanical Sciences* 98:593-611. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2594>
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Ver. 9. EstimateS User's Guide. <http://purl.oclc.org/estimates>
- Daget, P. y J. Poissonet. 1969. *Analyse phytologique des prairies: Applications agronomiques*. Centre National de la Recherche Scientifique, Centre d'Études Phytosociologiques et Écologiques. Montpellier, Francia. 134 pp.
- Daget, P. y M. Godron. 1982. *Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés*. *Ecologia Mediterranea* 8: 206.
- De la Cerda-Lemus, M. 1982. *Estudio taxonómico ecológico de la flora y fauna del estado de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 115 pp.
- De la Cerda-Lemus, M. 1989. *Cactáceas del estado de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 98 pp.
- De la Cerda-Lemus, M. 1996. *Gramíneas del estado de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 84 pp.
- De la Cerda-Lemus, M. 2004. *Flora de Aguascalientes. Familia Liliaceae sensu lato*. *Scientiae Naturae* 6: 5-153.
- De la Cerda-Lemus, M. 2011. *La familia Euphorbiaceae en el estado de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 267 pp.
- Díaz, E., J. Hernández, P. Flores, E. Elizondo, E. Alanís y J. Jiménez. 2017. *Regeneración y restauración del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México*. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 4: 30-37. Di-Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo. 2020.

InfoStat. Centro de Transferencia InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>

Domínguez-Gómez, T. G., H. González-Rodríguez, R. G. Ramírez-Lozano, A. E. Estrada-Castillón, I. Cantú-Silva, M. V. Gómez-Meza, J. A. Villarreal-Quintanilla, M. S. Alvarado y G. Alanís-Flores. 2013. Diversidad estructural del Matorral Espinoso Tamaulipeco durante las épocas seca y húmeda. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(17): 106-123. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i17.425>

Dufrène, M. y P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366. DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:SAAIST\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAIST]2.0.CO;2)

Encina-Domínguez, J. A., J. R. Arévalo-Sierra, J. A. Villarreal-Quintanilla y E. Estrada-Castillón. 2019. Composición, estructura y riqueza de plantas vasculares del matorral xerófilo en el norte de Coahuila, México. *Botanical Sciences* 98:1-15. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2251>

ESRI. 2017. ArcGIS Desktop: ver. 10.8. Environmental Systems Research Institute. Redlands, USA. <https://www.esri.com>

García-Regalado, G. 2004. Asteraceae: las Compuestas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 380 pp.

García-Regalado, G. 2014. Plantas medicinales de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 498 pp.

González-Delgado, M., R. Foroughbakhch-Pournavab, L. Rocha-Domínguez, M. C. Guzmán-Lucio y H. González-Domínguez. 2017. Composición florística y caracterización estructural del matorral desértico micrófilo en Galeana, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8: 83-98. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i39.45>

- Google Earth Pro. 2022. Software. Google LLC. <https://google.com>
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1): 1-9. <https://folk.uio.no/ohammer/past>
- Herrera-Arrieta, Y., P. M. Peterson y A. Cortés-Ortiz. 2010. Gramíneas de Zacatecas, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto Politécnico Nacional, Smithsonian Institution, National Museum of Natural History. Texas, USA. 250 pp.
- INEGI. 2000. Mapas de Uso de Suelo y Vegetación. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Cd. Mx., México. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/> (consultado agosto de 2021).
- INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Aguascalientes. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Cd. Mx., México. 407 pp.
- IPNI. 2023. The Royal Botanic Gardens. Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Herbarium. <http://www.ipni.org> (consultado noviembre de 2022).
- Jiménez-Pérez, J., E. Alanís-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, M. Pando-Moreno y M. A. González-Tagle. 2009. Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y Bosques* 15(3): 5-20. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2009.1531183>
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.
- Juanes-Márquez, S., J. A. Encina-Domínguez, M. Torres-Mora, M. Mellado, P. Álvarez-Vázquez y E. A. Lara-Reimers. 2024. Efecto del corte, quema y aplicación de herbicida en la estructura y diversidad de especies de un pastizal de *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth en el Desierto

Chihuahuense. Revista Bio Ciencias 11: e1459. DOI:  
<https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1459>

- Landeros-Sánchez, C., J. C. Moreno-Seceña, L. Nikolskii-Gavrilov y O. Bakhlaeva-Egorova. 2011. Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología A.C. (eds). La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado. Veracruz, México. Pp. 477-491.
- López-Hernández, J. A., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monarrez-González, M. A. González-Tagle y J. Jiménez-Pérez. 2017. Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques* 23(1): 39-51. DOI:  
<https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Lot, A., R. Medina-Lemos y F. Chiang-Cabrera. 2013. Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México: Monocotiledóneas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. 398 pp.
- Mata-Balderas, J. M., E. J. Treviño-Garza, J. Jiménez-Pérez, O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez y A. Mora-Olivo. 2015. Estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo del noreste de México. *Ciencia UANL* 75: 67-74.
- Morales-Romero, D., J. Campo, H. Godínez-Álvarez y F. Molina-Freaner. 2015. Soil carbon, nitrogen and phosphorus changes from conversion of thornscrub to buffelgrass pasture in northwestern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 199(1): 231-237. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.09.015>
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, España. 83 pp.

- Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón. 2011. Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4): 1249-1261. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- Morrone, J. J. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90: e902980. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Morrone, J. J., T. Escalante y G. Rodríguez-Tapia. 2017. Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa* 4277: 277-279. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Obieta-Obieta, M. C. 1997. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque inespecífico de *Pinus hartwegii*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. 127 pp.
- Pincheira-Ulbrich J., J. R. Rau y E. Hauenstein. 2008. Diversidad de árboles y arbustos en fragmentos de bosque nativo en el sur de Chile. *Phyton Revista Internacional de Botánica Experimental* 77: 321-326.
- POEL. 2016. Programa de Ordenamiento Ecológico Local, municipio de Aguascalientes 2015-2040. Aguascalientes, México. 112 pp.
- POET. 2021. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial, estado de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 946 pp.
- POWO. 2024. Plants of the World Online. <https://powo.science.kew.org/> (consultado noviembre de 2024)
- Reyna-González, A. M., P. S. Soto-Borrego, E. Alanís-Rodríguez, V. M. Molina-Guerra y A. Chávez-Costa. 2021. Estructura y diversidad del matorral xerófilo en el noreste de México. *Polibotánica* 51: 107-122. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.51.7>

- Rodríguez-Ávalos, J. A. 2014. Análisis espacial de la vegetación de Aguascalientes. Distribución geográfica y descripción de las comunidades vegetales naturales de Aguascalientes. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 295 pp.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. Mx., México. 505 pp.
- Sánchez-Ken, J. G. 2019. Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botánica Mexicana* 126: e1379. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1379>
- Sandoval-Ortega, M. H. y M. E. Siqueiros-Delgado. 2018. Las familias Aizoaceae, Molluginaceae y Phytolaccaceae (Caryophyllales) en el estado de Aguascalientes, México. *Polibotánica* 46: 27-47. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.46.2>
- Sandoval-Ortega, M. H., M. E. Siqueiros-Delgado, R. Cerros-Tlatilpa y G. Ocampo. 2019. La familia Caryophyllaceae en el estado de Aguascalientes, México. *Acta Botánica Mexicana* 126: 1-57. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1455>
- Shannon, C. E. y W. Wiener. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Illinois, EEUU. 144 pp.
- Sierra-Muñoz, J. C. 2018. Taxonomía, Riqueza y Distribución de Familias Selectas del Orden Poales del estado de Aguascalientes, México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 831 pp.
- Silveira, D., M. Cadenazzi, R. Zanoniani y P. Boggiano. 2018. Estructura de las comunidades herbáceas en áreas con plantaciones forestales. *Agrociencia Uruguay* 221: 1-12. DOI: <https://doi.org/10.31285/agro.22.1.1>
- Siqueiros-Delgado, M. E. 1996. Leguminosas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 193 pp.

- Siqueiros-Delgado, M. E. 1999. Flora acuática y subacuática de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 75 pp.
- Siqueiros-Delgado, M. E., G. García-Regalado, C. Macías-Flores y O. Rosales-Carrillo. 2011. Malvales del estado de Aguascalientes: Bombacaceae, Cistaceae, Malvaceae, Sterculiaceae y Tiliaceae. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 172 pp.
- Siqueiros-Delgado, M. E., G. Murillo-Pérez, J. C. Sierra-Muñoz y J. Martínez-Ramírez. 2020. Flora Dicotiledónea de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 2316 pp.
- Siqueiros-Delgado, M. E., J. A. Rodríguez-Ávalos, J. Martínez-Ramírez y J. C. Sierra-Muñoz. 2016. Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences* 94: 1-16. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.466>
- Siqueiros-Delgado, M. E., J. A. Rodríguez-Ávalos, J. Martínez-Ramírez y J. C. Sierra-Muñoz, G. García-Regalado. 2017. Vegetación del estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 370 pp.
- SMN. 2023. Servicio Meteorológico Nacional. Resúmenes mensuales de temperatura y lluvia. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias> (consultado enero de 2023).
- Soberón, J. y J. Llorente. 1993. The Use of Species Accumulation Functions for the Prediction of Species Richness. *Conservation Biology* 7(3): 480-488. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.07030480.x>
- Sosa-Ramírez, J., V. Díaz-Núñez y A. Ponce-Montoya. 2015. Diversidad y productividad del estrato herbáceo en una Sabana de la Sierra Fría de

Aguascalientes. Áreas Naturales Protegidas Scripta 1(2): 51-66. DOI:  
<https://doi.org/10.18242/ANPScripta.2015.01.01.01.02.003>

StatSoft, Inc. 2007. STATISTICA: data analysis software system. Ver. 8.0.  
[www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)

TROPICOS. 2019. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.  
<http://www.tropicos.org/> (consultado noviembre de 2022).

Villarreal, J. A. y J. Valdés. 1992. Vegetación de Coahuila, México. Revista manejo de pastizales 6(1-2): 9-18.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of México. Revista Mexicana de Biodiversidad 87: 559-902. DOI:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

Villaseñor, J. L. y G. F. J. Espinosa. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. Cd. Mx., México. 448 pp.

Villaseñor, J. L. y P. Magaña. 2006. Plantas introducidas en México. Ciencias 82: 38-40.

Wilson, A. D., D. J. Tongway, R. D. Graetz y M. D. Young. 1984. Range inventory and monitoring. In: Harrington, G. N., A. D. Wilson y M. D. Young (eds.). Management of Australia's Rangelands. Division of Wildlife and Rangelands Research CSIRO. East Melbourne, Victoria. Australia. Pp. 113-127.

## CAPÍTULO III

### **Sucesión ecológica del estrato herbáceo en dos subtipos de vegetación xerófila en Aguascalientes, México.**

#### INTRODUCCIÓN

La sucesión ecológica estudia como las comunidades biológicas se recuperan después de un disturbio o impacto antropogénico o natural y es uno de los fundamentos de la ecología (Tilman, 1988). A su vez está muy relacionada con los esfuerzos para restaurar las zonas abandonadas y debe constituir la base para aplicar actividades de restauración (Miranda *et al.*, 2004). En México, se calcula que el 90.7 % de la superficie nacional (177 642 000 ha) presenta algún nivel de degradación (CONAFOR, 2020), encontrando entre los principales disturbios la conversión de los hábitats naturales a otros usos de suelo, la fragmentación, la degradación, la deforestación, la introducción de especies exóticas, la pérdida de capital natural, entre otras (SEMARNAT, 2015).

El matorral xerófilo es un ecosistema conformado por matorrales en zonas de escasas precipitaciones, por lo que predomina la vegetación xerófila (INEGI, 2017) y es el tipo de vegetación mejor representado en el norte de México (Rzedowski, 2006). En Aguascalientes, la vegetación xerófila ocupa 21.52 % de la superficie total estatal (Rodríguez-Ávalos, 2014; Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017), de los cuales poco más de la mitad se conserva en condición primaria con sus elementos originales. El resto presenta múltiples disturbios tanto naturales como antrópicos, entre los cuales se encuentran el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, urbanas, industriales y mineras, las cuales afectan a casi la mitad de la superficie estatal (Sosa-Ramírez *et al.*, 2015; Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016). Este tipo de vegetación se ve especialmente afectado por las actividades agrícolas, ya que mayormente se

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

distribuyen en las planicies centrales, zonas con poca pendiente y lomeríos, condiciones que también son apreciadas para la agricultura (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017).

La restauración ecológica se define como “asistir a la recuperación de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos”, y es una herramienta primordial para restablecer las características históricas de los ecosistemas, ya que sin intervención puede tardar mucho tiempo en que recuperen su condición original (SER, 2004). Uno de los retos de la restauración ecológica consiste en encontrar especies nativas que puedan establecerse en estos suelos y que generen condiciones adecuadas para el desarrollo de la sucesión secundaria (Lamb *et al.*, 2005), por lo que existe la necesidad de elegir especies con capacidad de iniciar y acelerar los procesos de desarrollo de la comunidad vegetal (Pywell *et al.*, 2003). La vegetación herbácea, determina la primera percepción de naturalización de zonas desnudas o degradadas (Jorba y Vallejo, 2008), fija físicamente el sustrato en los taludes, actúa como protección del suelo contra la erosión, asiste al establecimiento de componentes clave de los ecosistemas de referencia, integra la base de las redes alimentarias y es refugio de la micro y meso fauna (Silveira *et al.*, 2018). Además, alberga la mayor diversidad y riqueza de especies debido a las condiciones climáticas que lo limitan (Obieta-Obieta, 1997). En los proyectos de restauración normalmente se emplean especies arbóreas o arbustivas muy cercanas a las comunidades climax, sin embargo, el estado de degradación del territorio muchas veces impide o dificulta el establecimiento de las mismas, por lo que hacen falta especies de etapas intermedias capaces de instalarse en medios adversos (Guirado y Mendoza, 2000).

En el estado de Aguascalientes se cuenta con pocas publicaciones científicas y trabajos de sucesión ecológica, restauración y reforestación (Martínez-Calderón *et al.*, 2020; PEFEA, 2005; Sosa Ramírez *et al.*, 2015; Torres-Orozco *et al.*, 2015) y aún menos que se estudien en el estrato herbáceo (Sosa-Ramírez *et al.*, 2011, 2015). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento de los procesos de sucesión ecológica del estrato herbáceo en los dos subtipos de

vegetación más representativos de la vegetación xerófila de Aguascalientes para generar información útil para plantear medidas para la restauración y conservación de este importante tipo de vegetación.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio.

Aguascalientes se localiza en el centro geográfico del país colindando con dos estados: al norte, noreste y oeste limita con el estado de Zacatecas, con el que tiene más de la mitad de sus límites, y al sur y sureste con el estado de Jalisco. Tiene una extensión territorial de 5,615.7 km<sup>2</sup> y es una de las entidades más pequeñas de la república. A su vez, el estado está dividido en 11 municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, El Llano, Jesús María, Pabellón de Arteaga, San Francisco de los Romo, Rincón de Romos, San José de Gracia y Tepezalá (Figura 1) (INEGI, 2017).

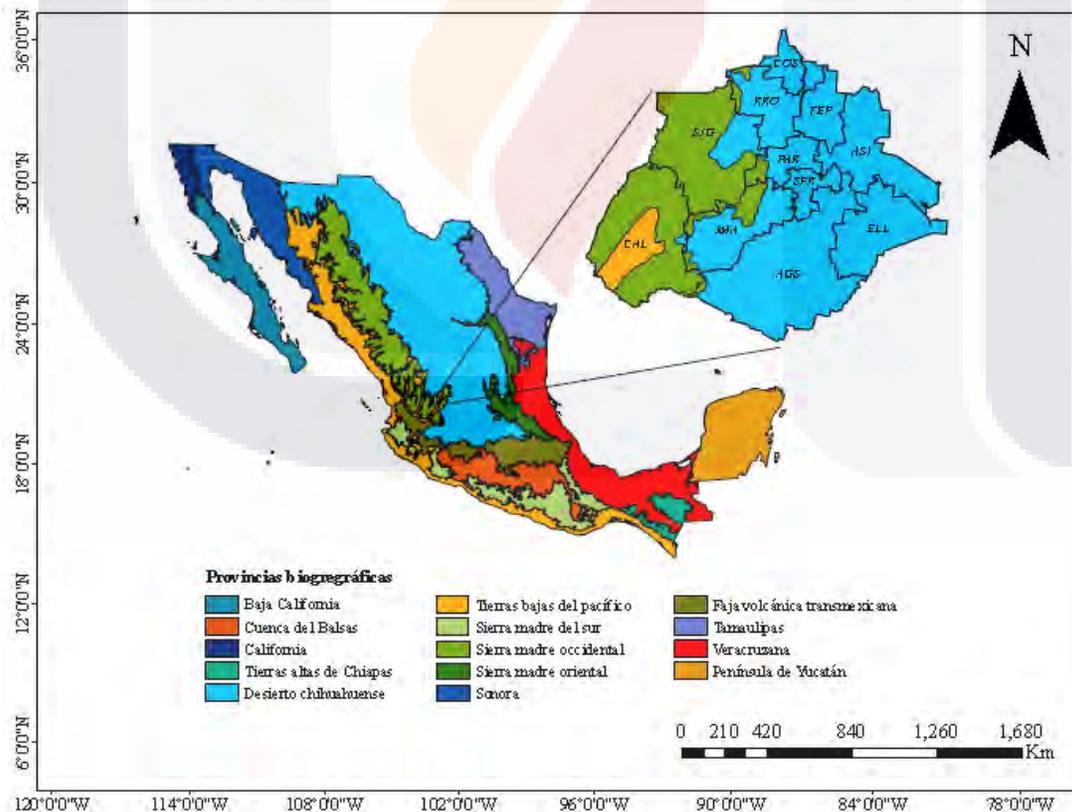


Figura 1. Ubicación de Aguascalientes, México.

El estado forma parte de tres provincias fisiográficas: 1) Sierra Madre Occidental, 2) la Mesa Central y 3) el Eje Neovolcánico (POET, 2014). Florísticamente Aguascalientes se sitúa en tres provincias biogeográficas: el Desierto Chihuahuense, la Sierra Madre Occidental y las Tierras bajas del Pacífico, de los cuales el primero ocupa más de la mitad de la superficie estatal (Morrone *et al.*, 2017, 2019).

La entidad se incluye en dos regiones hidrológicas: Lerma-Santiago-Pacífico que abarca la mayor parte del estado; y El Salado la cual ocupa una pequeña porción al noreste del mismo (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016). El clima en el estado es predominantemente semiseco, en el que impera la vegetación xerófila (INEGI, 2017).

En Aguascalientes la vegetación se divide en 11 tipos (Figura 2), con 22 subtipos locales y 56 asociaciones vegetales (INEGI 2017; Rodríguez-Ávalos, 2014; Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017), siendo la vegetación xerófila la mejor representada con 21.52 % de la superficie estatal.

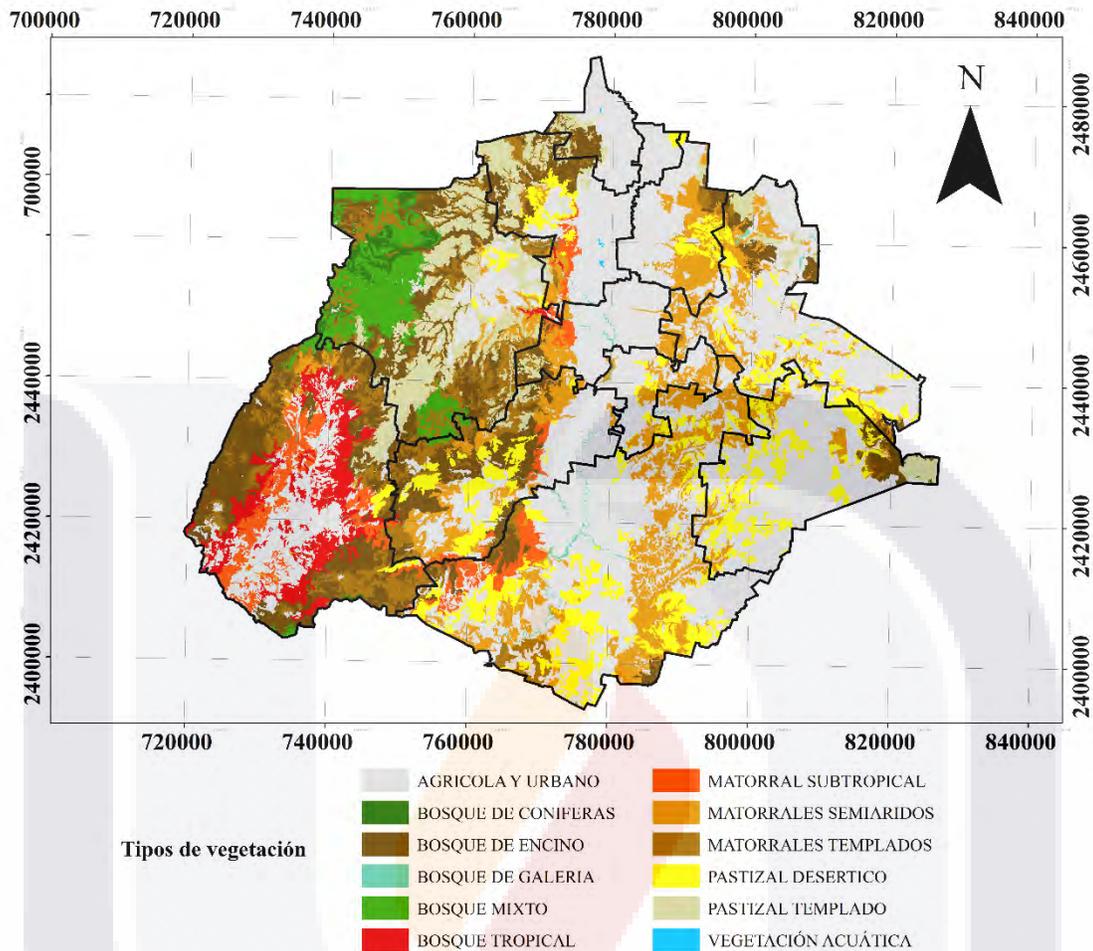


Figura 2. Tipos de vegetación en Aguascalientes, México.

Entre los subtipos de vegetación xerófila hay dos que son los mejor representados: matorral espinoso crasicale (MEC) y pastizal con arbustos (PCA), los cuales ocupan 5.22 % y 8.21 % respectivamente. El MEC está conformado por matorrales secundarios resultado de la alteración de otras comunidades naturales, como pastizales, mezquitales o nopaleras. Los elementos que predominan son huizaches, garruños, nopales y biznagas (Siqueiros *et al.*, 2016). El PCA presenta un estrato arbóreo bajo a muy bajo o arbustivo alto, dándole una fisonomía de pradera arbolada o sabana, en donde predominan *Vachellia shaffneri* (S. Watson) Seigler &

Ebinger, y, en ocasiones *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. (Rodríguez-Ávalos *et al.*, 2014).

**Inventarios florísticos.**

Se llevaron a cabo 21 inventarios de junio a octubre (temporada de lluvias) de 2021 y 2022. Los puntos se ubicaron en parcelas agrícolas abandonadas, 10 colindantes con MEC y 11 colindando con PCA, usando un muestreo estratificado y posteriormente aleatorio apoyándose de imágenes satelitales proporcionadas por INEGI 2000, Google Earth Pro 2022 y sistemas de información geográfica (ArcMap 10.8) (Figura 3).

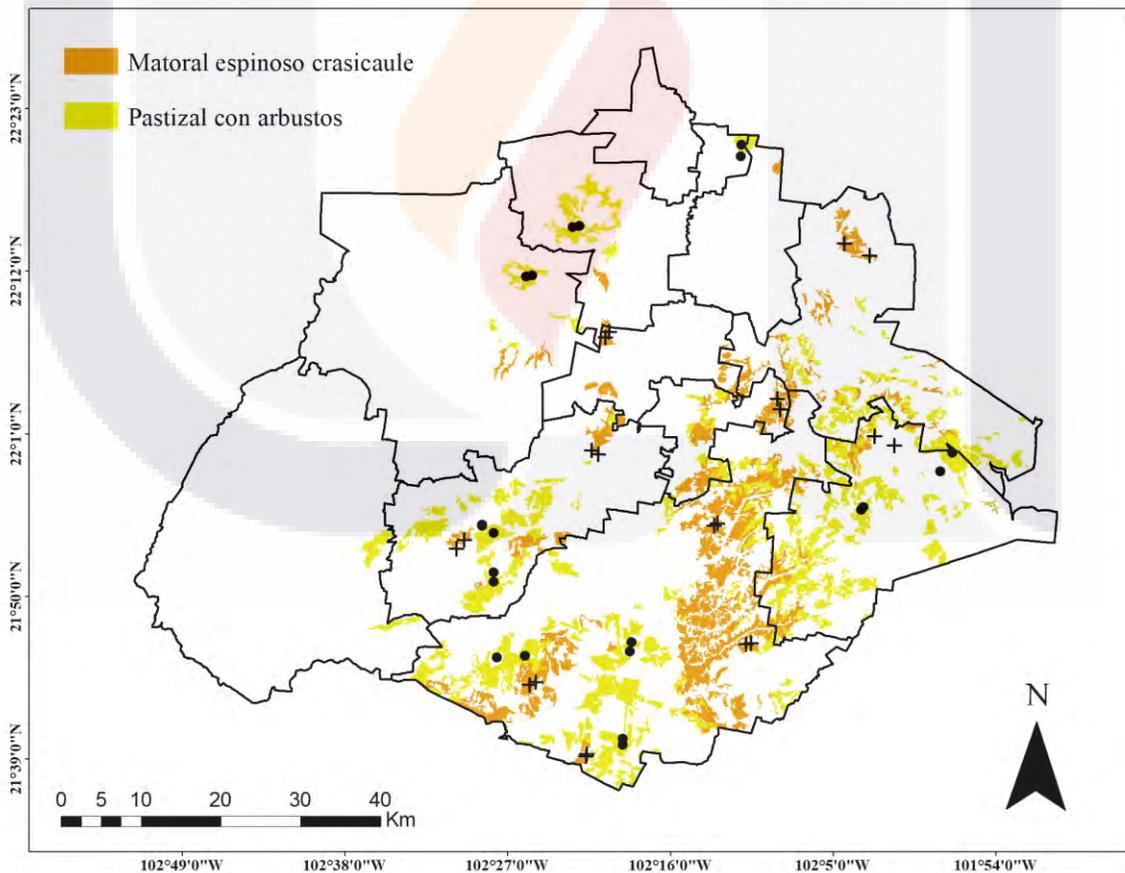


Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreo.

Se tomaron las coordenadas geográficas en Datum WGS84, la elevación y la localidad para cada una de las parcelas visitadas. Se realizaron recorridos libres en las parcelas abandonadas para registrar las especies herbáceas presentes. Se llevó el material recolectado al Herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA) para ser procesado e identificado con la ayuda de literatura especializada (Cabrera-Manuel *et al.*, 2020; De la Cerda-Lemus, 1982, 1989, 1996, 2004, 2011a, b; De la Cerda-Lemus *et al.*, 2004; García-Regalado 2004, 2014; García-Regalado *et al.*, 1999; Lot *et al.*, 2013; Sandoval-Ortega y Siqueiros-Delgado 2018; Sierra-Muñoz, 2018; Siqueiros-Delgado 1996, 1999; Siqueiros-Delgado *et al.*, 2011, 2020). Se revisaron los nombres de los taxones utilizando International Plant Name Index (IPNI) y TROPICOS.org (IPNI, 2023; TROPICOS, 2019). Adicionalmente, se buscó el uso y nombre local (García-Regalado, 2014), endemismo y estatus migratorio para cada una de las especies encontradas (CONABIO 2008; Siqueiros-Delgado *et al.*, 2020; Villaseñor-Ríos y Espinosa, 1998; Villaseñor-Ríos 2016).

### **Análisis de la sucesión ecológica e historia de manejo.**

Se realizaron entrevistas a los dueños de las parcelas abandonadas visitadas con la finalidad de comparar que especies se presentan dependiendo de los años de abandono y para conocer qué factores que influyen en la presencia/ausencia de las mismas. De no poder encontrar al propietario de la parcela, se entrevistó al comisario ejidal o cualquier persona de la comunidad que accediera a proporcionar información de la misma. Estas entrevistas se basaron en un formulario en el cual se buscó obtener principalmente la siguiente información: ¿Cuánto tiempo tiene la parcela sin ser usada para la agricultura?, ¿qué tipo de cultivo se usaba en la parcela?, ¿se usaban aditivos en la parcela? y, de ser así, ¿qué tipo de aditivos se utilizaban (fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc.)?, ¿cuál fue el motivo de abandono de la parcela? y por último, ¿se le da o dio algún uso a la parcela posterior al abandono de las actividades agrícolas?

**Análisis de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo.**

Una vez que se obtuvieron los resultados de las entrevistas, se eligieron ocho sitios para la toma de muestras de suelo; cuatro muestras fueron tomadas en sitios en donde se registró el uso de agroquímicos (dos en MEC y dos en PCA) y cuatro donde no se registró el uso de agroquímicos (dos en MEC y dos en PCA) (Tabla 1). Estas muestras se conformaron por cinco submuestras tomadas de las esquinas y el centro de cada parcela, enfocándose en la zona de la rizosfera de las plantas (20 cm de profundidad aproximadamente). Posteriormente las submuestras se combinaron para tomar 200 gr de suelo el cual fue almacenado en bolsas plásticas para su posterior uso. Para determinar el componente fisicoquímico del suelo se midió: fósforo, materia orgánica, nitrógeno, pH y potasio. Para determinar el componente biológico se realizó un conteo de esporas de micorrizas en suelo seco. Las esporas se extrajeron de las muestras de suelo empleando el método de decantado húmedo y tamizado con solución de sacarosa (Gerdemann y Nicholson, 1963; Herrera, 1993), en el cual se obtiene una fracción líquida con las esporas de micorrizas. Posteriormente se contaron las esporas utilizando una caja de Petri con gradilla. Todos los análisis del suelo fueron llevados a cabo en el Laboratorio de suelos, agua y nutrientes de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, ubicado en el centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Tabla 1. Condiciones de los sitios de muestreo.

No. de sitios muestreados	Características del sitio.
2	Parcela abandonada colindante con PCA donde se registró uso de aditivos o insumos agroquímicos.

2	Parcela abandonada colindante con MEC donde en donde se registró uso de aditivos o insumos agroquímicos.
2	Parcela abandonada colindante con PCA donde NO se registró uso de aditivos o insumos agroquímicos.
2	Parcela abandonada colindante con MEC donde NO se registró uso aditivos o insumos agroquímicos.



## RESULTADOS

### Composición del estrato herbáceo

Se recolectaron más de 300 ejemplares, los cuales constituyen 30 familias, 102 géneros y 139 especies (Anexo 2). En las parcelas visitadas, tanto en MEC como en PCA, las familias con mayor número de especies son Poaceae y Asteraceae con 29 y 26 respectivamente. Los géneros mejor representados son *Eragrostis* Wolf con cinco especies, seguido de *Amaranthus* L., *Bouteloua* Lag., *Cyperus* L. e *Ipomoea* L. con cuatro especies cada uno.

En las parcelas abandonadas colindantes con MEC se registraron 97 especies herbáceas, se encontraron en un rango altitudinal de 1839 a 2071 msnm, y se ubicaron en los municipios de Aguascalientes, Asientos, El Llano, Jesús María, Rincón de Romos y San Francisco de los Romos. En las parcelas colindantes con PCA se registraron 98 especies herbáceas, en un rango entre 1951 a 2083 msnm y se ubicaron en los municipios de Aguascalientes, Cosío, El Llano, Jesús María, Rincón de Romos y San José de Gracia.

En las 21 parcelas visitadas se encontraron 117 especies nativas, 21 exóticas y una de origen incierto. Entre las especies nativas solo 10 son consideradas endémicas de México. Además, 46 tienen algún uso local, ya sea comestible o forrajero o medicinal (Anexo 2).

### Sucesión ecológica del estrato herbáceo

Tanto en los sitios colindantes con MEC como en PCA las primeras plantas en establecerse inmediatamente después del abandono (0-1 años) son *Amaranthus palmeri* S. Watson, *Adenophyllum porophyllum* (Cav.) Hemsl., *Tagetes lunulata* Ortega y *Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers., quienes tienden a dominar la superficie del suelo. De 2-5 años después aparecen los pastos anuales y bianuales de rápido

crecimiento como *Chloris virgata* Sw., *Cynodo dactylon* (L.) Pers. e integrantes del género *Eragrostis*, sin embargo, aún se presentan en su mayoría especies anuales y oportunistas; en las parcelas colindantes con MEC las especies más frecuentes son *Urochloa panicoides*, *Bidens odoratha* Cav., *Bothriochloa barbinodis* (Lag.) Herter, *Chloris virgata*, *Cynodon dactylon*, *Dactilys glomerata* L. y *Eragrostis cilianensis* (All.) Vignolo ex Janch.; en las parcelas colindantes con PCA se presentan las especies *Bromus catharticus* Vahl, *Chloris virgata*, *Cyodon dactylon*, *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees, *Eragrostis intermedia* Hitchc., *Heterosperma pinnatum* Cav. y *Tagetes micrantha* Cav. De los 7 años de abandono en adelante comienza a cambiar la cobertura del estrato herbáceo en donde domina una especie en particular: *Bouteloua chondrosioides*. En las parcelas colindantes con MEC las especies más frecuentes fueron *Bouteloua chondrosioides* (Kunth) Benth. ex S. Watson, *Chloris virgata*, *Eragrostis lehmanniana* Nees y *Eragrostis mexicana* (Hornem.) Link; en las parcelas colindantes con PCA fueron *Bouteloua chondrosioides*, *Bouteloua repens* (Kunth) Scribn., *Eragrostis intermedia* Hitchc. y *Eragrostis mexicana* (Hornem.) Link (Tabla 2, 3).

Tabla 2. Especies herbáceas presentes dependiendo del año de abandono en PCA.

Condición	Años de abandono	Especies más frecuentes
PCA	1-3	<i>Amaranthus palmeri</i> , <i>Bromus catarticus</i> , <i>Chloris virgata</i> , <i>Cyodon dactylon</i> , <i>Eragrostis curvula</i> , <i>Eragrostis intermedia</i> , <i>Heterosperma pinnatum</i> , <i>Tagetes micrantha</i> .
	5-10	<i>Amaranthus palmeri</i> , <i>Bidens odorata</i> , <i>Eragrostis curvula</i> , <i>Rynchelytrum repens</i> , <i>Cenchrus ciliaris</i> .
	10 o más	<i>Bouteloua chondrosioides</i> , <i>Bouteloua repens</i> , <i>Eragrostis intermedia</i> , <i>Eragrostis mexicana</i> , <i>Muhlenbergia ciliata</i> , <i>Simsia amplexicaulis</i>

Tabla 3. Especies herbáceas presentes dependiendo del año de abandono en MEC.

Condición	Años de abandono	Especies más frecuentes
MEC	1-3	<i>Amaranthus palmeri</i> , <i>Urochloa panicoides</i> , <i>Bidens odoratha</i> , <i>Bothriochloa barbinodis</i> , <i>Chloris virgata</i> , <i>Cynodon dactylon</i> , <i>Dactilys glomerata</i> , <i>Eragrostis cilianensis</i> , <i>Eragrostis mexicana</i> , <i>Solanum rostratum</i> .
	10 o más	<i>Bouteloua chondrosioides</i> , <i>Chloris virgata</i> , <i>Eragrostis lehmanniana</i> , <i>Eragrostis mexicana</i> , <i>Tagetes lunulata</i>

### Historia de manejo

Las parcelas visitadas presentaron entre 1-12 años de abandono; el cultivo que se solía sembrar era principalmente maíz y frijol; se encontró que en 16 de las parcelas se usaba algún tipo de agroquímico, solo en cinco no se registró su uso; los agroquímicos más utilizados son los herbicidas, seguidos de los fertilizantes y por último los insecticidas; el principal motivo del abandono de las actividades agrícolas en las parcelas fue la falta de recursos y apoyo del gobierno para continuar sembrando y en segundo lugar la edad avanzada del propietario o persona encargada de la parcela; el único uso registrado en las parcelas visitadas una vez abandonadas es el pastoreo de ganado, principalmente bovino (tabla 4).

Tabla 4. Años de abandono y tipo de cultivo sembrado en las parcelas visitadas. F=frijol, M=maíz.

Subtipo de vegetación	Años de abandono	Tipo de cultivo
MEC	1	M/F

Subtipo de vegetación	Años de abandono	Tipo de cultivo
	1	M/F
	2	M/F
	3	M
	2	M
	10	M/F
	2	M/F
	10	M
	2	M/F
	10	M/F
PCA	2	M
	6	M
	2	M
	2	M
	3	M
	3	M
	10	M/F
	6	M/F
	10	F
	2	M/F
	6	M/F

**Análisis de las características fisicoquímicas del suelo**

En las parcelas donde se registró el uso de agroquímicos el fosforo se encontró entre 46.3-7.82 mg/kg en MEC 1.67-4.37 mg/kg en PCA. La materia orgánica presentó 2.8-2.9% en MEC y 1.3-3% en PCA. El nitrógeno en MEC tuvo 4.34-6.51 mg/kg en MEC y 2.17-6.51 en PCA. El pH fue neutro a moderadamente ácido en MEC y moderadamente ácido en PCA. Por último, el potasio se encontró entre 46.3-7.82 mg/kg en MEC 1.67 y 4.37 mg/kg 4n PCA (Tabla 5).

Por otro lado, en las parcelas que no registraron uso de aditivos, el fósforo se encontró de 3.98-39.3 mg/kg en MEC y 0.81-3.96 en PCA. La materia orgánica presentó 2.3-2.6% en MEC y 1.4-1.88 en PCA. El nitrógeno tuvo 2.25 mg/kg tanto en MEC como en PCA. El pH fue moderadamente ácido tanto en MEC como en PCA. Por último, el potasio se encontró entre 93.72-125.66 mg/kg en MEC y 160.18-215.90 mg/kg en PCA (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de los factores fisicoquímicos del suelo en cada una de las condiciones estudiadas. M.O.=materia orgánica, P=Fósforo, N=nitrógeno, K=potasio.

Sitio visitado	pH	M.O.	N	P	K
MEC <b>con</b> aditivos.	7	2.8	4.34	46.375	396.42
MEC <b>con</b> aditivos	5.3	2.9	6.51	7.825	82.42
PCA <b>con</b> aditivos	5.5	3	6.51	1.675	246.74
PCA <b>con</b> aditivos	5.6	1.2	2.17	4.3725	206.82
MEC <b>sin</b> aditivos	5.5	2.3	3.255	3.9875	125.66
MEC <b>sin</b> aditivos	6.3	2.6	3.255	39.375	93.72
PCA <b>sin</b> aditivos	5.4	1.8	15.19	3.9675	160.18
PCA <b>sin</b> aditivos	5.3	1.4	2.17	0.81	215.9

**Componente biológico del suelo.**

Con relación al componente biológico del suelo, las parcelas en donde se registró el uso de agroquímicos presentaron un mayor número de esporas de micorrizas en MEC que en PCA. Al contrario, en las parcelas donde no se registró el uso de agroquímicos PCA presentó un mayor conteo de esporas que MEC (Tabla 6).

Tabla 6. Factor biológico del suelo en cada una de las condiciones estudiadas. EM=esporas de micorrizas.

<b>Sitio visitado</b>	<b>EM</b>
MEC <b>con</b> aditivos.	56
MEC <b>con</b> aditivos	56
PCA <b>con</b> aditivos	15
PCA <b>con</b> aditivos	20
MEC <b>sin</b> aditivos	35
MEC <b>sin</b> aditivos	27
PCA <b>sin</b> aditivos	36
PCA <b>sin</b> aditivos	34

Ente los sitios afectados por la agricultura y en los cuales no se registró el uso de agroquímicos. El MEC cuenta con un valor promedio menor de esporas de micorrizas con 31 esporas por 50 gr de suelo seco, sin embargo, este valor es muy cercano al encontrado en PCA sin agroquímicos, el cual presentó un valor promedio de 35 esporas. Por otro lado, los sitios en los cuales si se registró el uso de agroquímicos el PCA es el que tiene un promedio menor con solo 17 esporas por 50 gr de suelo seco, valor muy contrastante con el MEC CA el cual presenta el valor más alto entre los sitios afectados por la agricultura con 56.

## DISCUSION

### Composición del estrato herbáceo

Las especies reportadas representa el 7.48% (139) de las 1,856 especies de plantas registradas hasta el momento para el estado de Aguascalientes (J. Martínez-Ramírez pers.comm.). Los resultados concuerdan con lo encontrado por, Rezedowski (2006), Siqueiros-Delgado *et al.* (2020) y Villaseñor-Ríos (2016), en donde se menciona que las familias Poaceae y Asteraceae son las más comunes en sitios con vegetación xerófila o matorral xerófilo. Siqueiros-Delgado *et al.* (2016, 2017) reportan 340 especies para la vegetación xerófila en la entidad, sin embargo, estos estudios se enfocan principalmente en los estratos arbóreo y arbustivo, teniendo como objetivo el definir los tipos de vegetación presentes en la entidad en donde la vegetación herbácea muchas veces no es considerada. Ambos subtipos de vegetación presentan diversidades similares (MEC=97 ssp. y PCA=98 ssp.).

De acuerdo a los resultados, en la vegetación xerófila de Aguascalientes se encuentran solamente 10 de las 658 especies endémicas reportadas en el estado hasta el momento (Villaseñor-Ríos 2016, Siqueiros-Delgado *et al.* 2020). Esto contrasta con las 21 especies de plantas exóticas o introducidas encontradas (Villaseñor-Ríos & Mata 2006, SEMARNAT 2015), siendo Poaceae la familia con mayor número de especies introducidas con 13. A su vez, se encontraron 15 plantas comestibles y 30 medicinales (Barba-Ávila *et al.*, 2003; García-Reglado, 2014; Sandoval-Ortega *et al.*, 2023) de las 67 especies comestibles y 196 medicinales reportadas para el matorral xerófilo en México (Villaseñor y Espinosa, 1998; Cervantes-Ramírez, 2002; Mapes y Basurto, 2016).

### Sucesión ecológica del estrato herbáceo

En México existen algunos estudios que abarcan la sucesión ecológica del matorral xerófilo (Flores-estrada y Moroy-Alta, 2022; Fontana *et al.*, 2015; Monroy-Alta y Ramírez-Saldívar 2018; Ugalde-Ávila *et al.*, 2008), sin embargo, la mayoría se enfocan en el estrato arbustivo y arbóreo. En Aguascalientes también se cuenta con pocas publicaciones científicas y trabajos en el tema de restauración o sucesión ecológica, y aún menos que se enfoquen en el estrato herbáceo (Sosa-Ramírez *et al.*, 2011, 2015).

En las parcelas abandonadas es notoria la dominancia de unas pocas familias y especies, ya que la vegetación se encuentra en diferentes etapas sucesiones las cuales dependen de diferentes factores como la severidad del impacto, el banco de semillas presentes, la capacidad de dispersión de semillas provenientes de predios vecinos y la capacidad de rebrote, entre otras (Boccanelli, 2011; Pincheira-Ulbrich *et al.*, 2008). Después de los primeros dos años de abandono aumenta la diversidad de las parcelas abandonadas, sin embargo, presentan aún en su mayoría especies anuales y oportunistas. Esto pasa ya que la sucesión ecológica es un proceso dinámico y secuencial de sustitución de una comunidad biótica por otra más compleja lo cual lleva a la maduración de un ecosistema (Laska, 2001)

Los integrantes del género *Bouteloua* se comienzan a presentar solamente de 4 a 6 años posterior al abandono de la parcela. En ocasiones se observó que incluso se comienzan a establecer especies arbustivas (género *Acacia*) antes del establecimiento de *Bouteloua chondrosioides*. Esta especie se puede considerar como indicadora de la maduración del ecosistema, ya que es la que domina en sitios con vegetación natural en donde no se ha producido impactos agrícolas (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017).

### **Historia de manejo**

En México existen algunos estudios que abarcan la sucesión ecológica del matorral xerófilo (Flores-estrada y Moroy-Alta, 2022; Fontana *et al.*, 2015; Monroy-Alta y

Ramírez-Saldívar 2018; Ugalde-Ávila *et al.*, 2008), sin embargo, la mayoría se enfocan en el estrato arbustivo y arbóreo. En Aguascalientes también se cuenta con pocas publicaciones científicas y trabajos en el tema de restauración o sucesión ecológica, y aún menos que se enfoquen en el estrato herbáceo (Sosa-Ramírez *et al.*, 2011, 2015).

En las parcelas abandonadas es notoria la dominancia de unas pocas familias y especies, ya que la vegetación se encuentra en diferentes etapas sucesiones las cuales dependen de diferentes factores como la severidad del impacto, el banco de semillas presentes, la capacidad de dispersión de semillas provenientes de predios vecinos y la capacidad de rebrote, entre otras (Boccanelli, 2011; Pincheira-Ulbrich *et al.*, 2008). Después de los primeros dos años de abandono aumenta la diversidad de las parcelas abandonadas, sin embargo, presentan aún en su mayoría especies anuales y oportunistas. Esto pasa ya que la sucesión ecológica es un proceso dinámico y secuencial de sustitución de una comunidad biótica por otra más compleja lo cual lleva a la maduración de un ecosistema (Laska, 2001)

Los integrantes del género *Bouteloua* se comienzan a presentar solamente de 4 a 6 años posterior al abandono de la parcela. En ocasiones se observó que incluso se comienzan a establecer especies arbustivas (género *Acacia*) antes del establecimiento de *Bouteloua chondrosioides*. Esta especie se puede considerar como indicadora de la maduración del ecosistema, ya que es la que domina en sitios con vegetación natural en donde no se ha producido impactos agrícolas (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017).

### **Análisis de las características fisicoquímicas del suelo**

La aplicación excesiva de fertilizantes produce eutrofización, toxicidad de las aguas contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad (Gonzalez-Ulibarry, 2019). Tanto en México como en Aguascalientes el uso

ineficiente de agroquímicos afecta la calidad del suelo (SEDEMA, 2022). Durante las entrevistas realizadas fue notorio el desconocimiento de la cantidad de agroquímicos que se utilizaba en las parcelas, en donde en muchos casos ni siquiera se conocía el nombre del producto que se utilizaba.

La concentración de fósforo tanto en los sitios donde se usaron agroquímicos como en los que no, fue mayor en MEC que en PCA, encontrando en el primero valor bajo a alto, y en el segundo bajo a muy bajo lo que confirma su baja fertilidad (POEA, 2021). La materia orgánica, el nitrógeno en ambos subtipos de vegetación corresponde con lo registrado para la mayor parte de la entidad, en donde se registran suelos pobres y con moderado o bajo contenido de materia orgánica y moderadamente bajo en nitrógeno (Barba-De Alba, 2024).

El pH fue moderadamente ácido a diferencia del registrado en las áreas agrícolas de la entidad, en las cuales se registra como mayormente neutro y poco más alcalino en las zonas áridas (POEA, 2021). Por último, en promedio el potasio en el suelo presentó valor mayor en los sitios en donde se registró el uso de agroquímicos, tanto en MEC como en PCA, sin embargo, en ambas condiciones su valor aún se considera como medio a bajo (POET, 2014). Esto coincide con lo reportado para el resto del país ya que los suelos de México son usualmente bajos en este nutriente.

### **Componente biológico del suelo.**

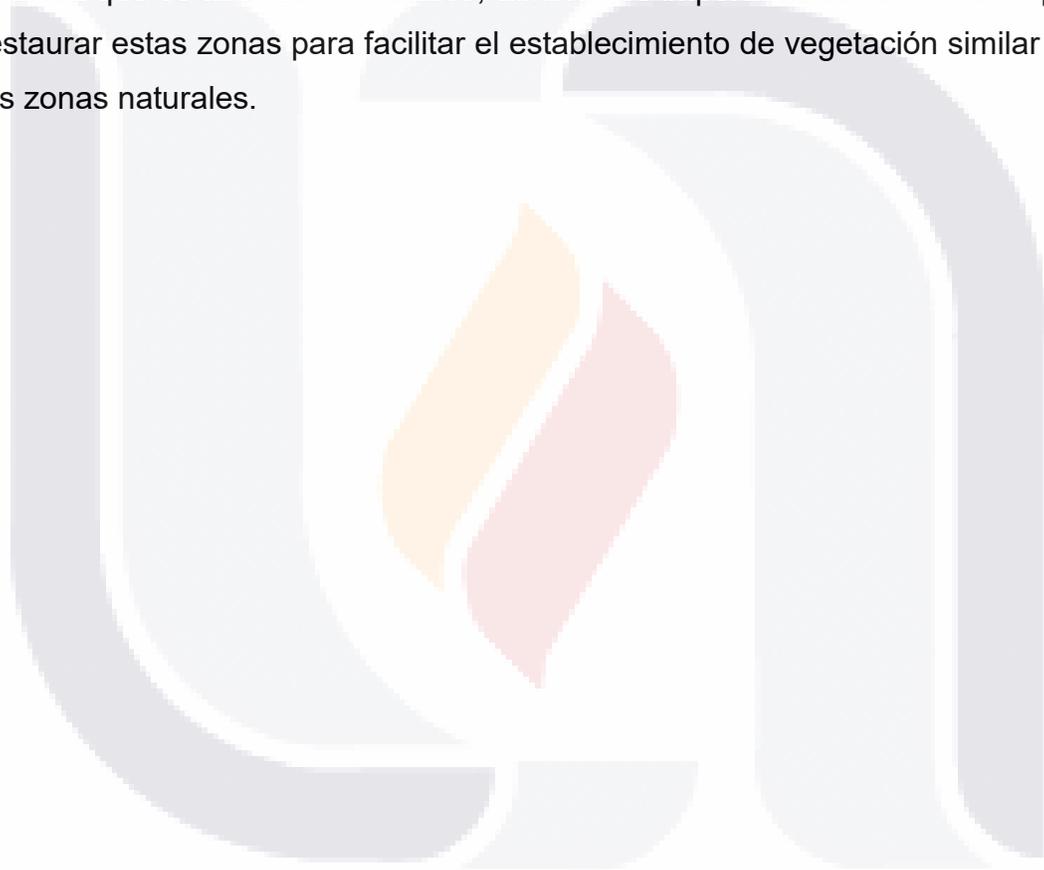
Las micorrizas desempeñan un importante papel en la agricultura y generan una gran cantidad de beneficios para las plantas (Aguilar-Ulloa, *et al.* 2016). En los sitios donde se registró el uso de agroquímicos fue notoria la diferencia entre los subtipos de vegetación, en donde MEC presentó casi el doble de esporas que PCA, sin embargo, en donde no se usaron agroquímicos (a pesar de que PCA presentó un mayor conteo de esporas que MEC) la cantidad de micorrizas no fue mucho mayor en ambos subtipos de vegetación.

Autores como Yang y Crowley (2000) observaron que la utilización de plaguicidas y fertilizantes sintéticos aumentaba la cantidad de fósforo en el suelo y reducía los efectos positivos de las micorrizas. Se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados sobre el suelo o enterrados, tienen influencia sobre las poblaciones de micorrizas, esencialmente sobre la población de esporas (Latacela-Coelo *et al.*, 2017).



## CONCLUSIONES

El estrato herbáceo del matorral xerófilo de Aguascalientes es muy diverso y la sucesión ecológica del estrato herbáceo se ve directamente relacionada con la historia de manejo y calidad del factor biótico y abiótico del suelo. Es necesario continuar con estudios que no solo se enfoquen en conocer que plantas aparecen una vez que se abandona el cultivo, también es importante saber cómo se pueden restaurar estas zonas para facilitar el establecimiento de vegetación similar a la de las zonas naturales.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Ulloa, W., P. Arce-Acuña, F. Galiano-Murillo y T. J. Torres-Cruz. 2016. Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Tecnología en Marcha. Edición Especial Biocontrol*: 5-14
- Barba-Ávila, M. de los D., M. C. Hernández-Duque y M. De la Cerda-Lemus. 2003. Plantas útiles de la región semiárida de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 235 pp.
- Boccanelli, S. I. 2011. Dinámica de la vegetación luego del abandono de campos agrícolas en el sur de la Provincia de Santa Fe, Argentina. *Phyton, Revista Internacional de Botanica Experimental* 80: 227-229
- Cabrera-Manuel, F., M. E. Siqueiros-Delgado, J. Ceja-Romero y J. Sosa-Ramírez. 2020. Orden Commelinales en Aguascalientes, México. *Botanical Sciences* 98:593-611. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.2594>
- Cervantes-Ramírez, M. C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México. Cd. Mx., México. 155 pp.
- Chikoye, D., Schulz, S. y Ekeleme, F. 2011. Evaluation of integrated weed management practices for maize in the northern Guinea savanna of Nigeria. *Crop Protection* 23(10):895-900. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.01.013>
- CONABIO. 2008. La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Cd. Mx., México. 385 pp.
- CONAFOR (2020). Estimación de la tasa de deforestación en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo. Documento Técnico.

Jalisco, México. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/estimacion-de-la-tasa-de-deforestacion-bruta-en-mexico-para-el-periodo-2001-2018-mediante-el-metodo-de-muestreo?idiom=es>

De la Cerda-Lemus, M. 1982. Estudio taxonómico ecológico de la flora y fauna del estado de Aguascalientes. In: UAA. Estudio taxonómico ecológico de la flora y fauna del estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 115 pp.

De la Cerda-Lemus, M. 1989. Cactáceas del estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 98 pp.

De la Cerda-Lemus, M. 1996. Gramíneas del estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 84 pp.

De la Cerda-Lemus, M. 2004. Flora de Aguascalientes. Familia Liliaceae sensulato. *Scientiae Naturae* 6: 5-153.

De la Cerda-Lemus, M. 2011a. La familia Euphorbiaceae en el estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 267 pp.

De la Cerda-Lemus, M. 2011b. La familia Burseraceae en el estado de Aguascalientes, México. *Acta Botánica Mexicana* 94: 1-25. doi: <http://dx.doi.org/10.21829/abm94.2011.269>

De la Cerda-Lemus, M., G. García- Regalado y G. Gonzáles-Adame. 2004. Contribución al conocimiento de la flora del estado de Aguascalientes. Agavaceae, Alliaceae, Amaryllidaceae, Anthericaceae, Asphodelaceae, Calochortaceae, Hyacinthaceae, Hypoxidaceae, Melanthiaceae, Nolinaceae. Clethraceae, Geraniaceae, Rafflesiaceae, Saururaceae, Loasaceae, Loganiaceae y Lentibulariaceae. *Scientiae Naturae* 6: 5-7.

Flores-Estrada, Y. M. y Monroy-Ata A. 2022. Sucesión ecológica en un matorral xerófilo: una hipótesis explicativa. *TIP Revista Especializada en Ciencias*

Químico-Biológicas 25: 1-6. doi:  
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.479>

- Fontana J. L., Barraqueta P., Gomes-César R y Avila-R L. A. 2017. Sucesión y regeneración en restauración ecológica: Sesión oral. En: SIACRE-2015: aportes y conclusiones. Tomando decisiones para revertir la degradación ambiental. Buenos Aires: Universidad Maimónides. 131-138 pp.
- García-Regalado, G. 2004. Asteraceae: las Compuestas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 380 pp.
- García-Regalado, G. 2014. Plantas medicinales de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 498 pp.
- Gerdemann, J., Nicholson, T. (1963). Spores of Mycorrhizal endogene specie extracted from soil by wet sieving and decanting. British Mycological Society 46:235-244
- Gonzalez-Ulbarry, P. 2019. Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Asesoría Técnica Parlamentaria, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 5 pp.
- Granados-Sánchez D., Sánchez-González A., Granados-Victorino R. L., Borja de la Rosa A. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Volumen XVII, Edición Especial: 111-130, 2011.
- Guirado, J. y Mendoza, R. 2000. La regeneración del medio forestal almeriense. En Desertificación en Almería (eds. Carmona, M. y Sánchez, M.), pp. 101-110, Grupo Ecologista Mediterráneo, Almería, España.
- Herrera-Peraza, R. (1993). General methodology to analyze rootlets, raw humus and VA mycorrhizal (VAM) components. Cuba. p. 1-8.

- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Aguascalientes. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- IPNI. 2023. The Royal Botanic Gardens. Kew, Harvard University Herbaria y Libraries and Australian National Herbarium. <http://www.ipni.org> (consultado noviembre de 2022).
- Jorba, M., y Vallejo, R. (2008). La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas*, 17(3).
- Lamb, D., Erskine, P. D., y Parrota, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632. doi: 10.1126/science.1111773
- Laska, G. (2001). The disturbance and vegetation dynamics: a review and an alternative framework. *Plant Ecology*, 157, 77-99. doi: 10.1023/A:1013760320805
- Latacela, W., Colina, E., Castro, C., Santana, D., León, L., García, G., Goyes, M., y Vera, M. 2017. Efectos de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre poblaciones de micorrizas asociadas al cultivo de cacao. *European Scientific Journal* 13(6): 1857- 7431.
- Lot, A., R. Medina-Lemos y F. Chiang-Cabrera. 2013. Plantas acuáticas mexicanas: una contribución a la Flora de México: Monocotiledóneas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. 398 pp.
- Mapes, C. y F. Basurto. 2016. Biodiversity and Edible Plants of México. In: Lira, R., A. Casas Y J. Blancas (eds.). *Ethnobotany of Mexico: Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. Springer. 83-88 pp. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7>

- Martínez-Calderón, V., Sosa-Ramírez, J., González, J., Mendieta-Vázquez, A., y Sandoval Ortega, M. H. (2020). Propagation of *Forestiera phillyreoides*: A potential species for restoration in north-central Mexico. *Madera y Bosques*, 26, e2622052. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2622052>.
- Mascorro-de Loera, R. D., Sosa-Ramírez, J., Luna-Ruiz J. J., Perales-Segovia, C., Cabrera-Manuel. F. 2023. Arvenses en cultivos de maíz de temporal en las tres provincias biogeográficas del estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences* 102(1): 234-255. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.3362>.
- Miranda, J.D., Padilla, F.M., Pugnaire, F.I. (2004). Sucesión y restauración en ambientes Semiáridos. *Ecosistemas*. 13, 55-58. Recuperado de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=162>
- Monroy-Ata, A. y Ramírez Saldívar K. Y. 2018. Relación entre sucesión ecológica vegetal y hongos micorrizógenos arbusculares en un matorral xerófilo en el Centro de México. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 21(2): 13-29. doi: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.157>
- Morrone JJ, (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90. doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Morrone JJ, Escalante T, Rodríguez-Tapia G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa* 4277, 277-279. doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Obieta-Obieta MC. 1997. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque inespecífico de *Pinus hartwegii*. LB Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- PEFEA. (2005). Programa Estrategico Forestal Del Estado De Aguascalientes Vision 2030.

- Pincheira-Ulbrich, J., Rau, J. R. y Hauenstein, E. 2008. Diversidad de árboles y arbustos en fragmentos de bosque nativo en el sur de Chile. *Phyton, Revista Internacional de Botanica Experimental* 77: 321-326.
- POEA. 2021. Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- POET. 2014. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial, estado de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- Pywell RF, Bullock JM, Roy DB, Warman L, Walker K, y Rothery P. 2003. Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. *Journal of Applied Ecology* 40: 65-77. doi:10.1046/j.1365-2664.2003.00762.x.
- Rodríguez-Ávalos JA. 2014. Análisis espacial de la vegetación de Aguascalientes. Distribución geográfica y descripción de las comunidades vegetales naturales de Aguascalientes. PhD Thesis, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-968-1800-02-4
- Sandoval-Ortega, M. H. y M. E. Siqueiros-Delgado. 2018. Las familias Aizoaceae, Molluginaceae y Phytolaccaceae (Caryophyllales) en el estado de Aguascalientes, México. *Polibotánica* 46: 27-47. doi: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.46.2>
- Sandoval-Ortega, M. H., E. E. Loera-Ávila, V. M. Martínez-Calderón y S. G. Zumaya-Mendoza. 2023. Plantas silvestres comestibles del estado de Aguascalientes, México, sus formas de consumo y comercialización. *Polibotánica* 55: 213-230. doi: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.14>
- SEDEMA [Secretaría del Medio Ambiente]. 2022. Suelos y plaguicidas, una relación tóxica. <http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx:8081/culturaambiental/index.php/opci>

ones-de-cultura-ambiental/blog/suelos-y-plaguicidas-una-relacion-toxica-202212061608. (Consultado agosto 2022).

SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2015. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México.

SER (Society for Ecological Restoration International Science y Policy Working Group). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona. <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration> Archivado el 19 de octubre de 2013 en Wayback Machine

SIAP [Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera]. 2022. Estadística de la Producción Agrícola de 2020. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php> (consultado agosto, 2023).

Sierra-Muñoz, J. C. 2018. Taxonomía, Riqueza y Distribución de Familias Selectas del Orden Poales del estado de Aguascalientes, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 831 pp.

Silveira D, Cadenazzi M, Zanoniani R, Boggiano P. 2018. Estructura de las comunidades herbáceas en áreas con plantaciones forestales. Agrociencia Uruguay 221:1-12. doi: <https://doi.org/10.31285/agro.22.1.1>

Siqueiros-Delgado, M. E. 1996. Leguminosas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 193 pp.

Siqueiros-Delgado, M. E. 1999. Flora acuática y subacuática de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 75 pp.

Siqueiros-Delgado ME, Rodríguez-Ávalos JA, Martínez-Ramírez J, Sierra-Muñoz JC. 2016. Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. Botanical Sciences 94: 1-16. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.466>

- Siqueiros-Delgado, M. E., G. García-Regalado, C. Macías-Flores y O. Rosales-Carrillo. 2011. Malvales del estado de Aguascalientes: Bombacaceae, Cistaceae, Malvaceae, Sterculiaceae y Tiliaceae. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 172 pp.
- Siqueiros-Delgado, M. E., G. Murillo-Pérez, J. C. Sierra-Muñoz y J. Martínez-Ramírez. 2020. Flora Dicotiledónea de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 2316 pp.
- Siqueiros-Delgado, M. E., J. A. Rodríguez-Ávalos, J. Martínez-Ramírez y J. C. Sierra-Muñoz, G. García-Regalado. 2017. Vegetación del estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 370 pp.
- Sosa-Ramírez J., Meraz-Jiménez A. de J., Díaz-Núñez V., Ponce Montoya A., Galarza J. L. 2011. La actividad ganadera en un sistema agrosilvopastoril en región árida: el Ejido la Luz, Aguascalientes, México. In Martha Judith Sánchez Gómez (coordinadora general). La encrucijada del México rural. Contrastes regionales en un mundo desigual. Universidad Autónoma Metropolitana. ISBN: 978-607-95231-1-4
- Sosa-Ramírez, J., V. Díaz-Núñez y A. Ponce-Montoya. 2015. Diversidad y productividad del estrato herbáceo en una Sabana de la Sierra Fría de Aguascalientes. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 1(2): 51-66. doi: <https://doi.org/10.18242/ANPScripta.2015.01.01.01.02.003>
- Tilman, D. 1988. Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities. *Monographs in Population Biology* 26. Princeton University Press, Princeton, NJ. 360 pp. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1989.2050388.x>
- Torres-Orozco D., Jiménez-Sierra CL., Sosa-Ramírez J., Cortés-Calva, A., Breceda Solís-Cámara, L., Iñiguez-Dávalos, I y Ortega-Rubio A. (2015). La importancia de las áreas naturales protegidas en nuestro país. En Ortega-

- Rubio, A. Pinkus-Rendón, MJ. y Espitia-Moreno IC. (Editores). Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México. pp. 41-69. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC, La Paz BCS, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. p. 572.
- TROPICOS. 2019. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/> (consultado noviembre de 2022).
- Ugalde, J., Granados-Sánchez, D. y Sánchez-González, A. 2008. Sucesión en el matorral desértico de *Larrea tridentata* (DC.) Cov. en la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México. *Terra Latinoamericana* 26: 153-160.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor, J. L. y G. F. J. Espinosa. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. Cd. Mx., México. 448 pp.
- Villaseñor, J. L. y P. Mata. 2006. Plantas introducidas en México. *Ciencias* 82: 38-40.
- Yang, C. y Crowley, D. E. 2000. Rhizosphere Microbial Community Structure in Relation to Root Location and Plant Iron Nutritional Status. *Applied and Environmental Microbiology* 66(1):345-51. doi: 10.1128/AEM.66.1.345-351.2000.

## CAPÍTULO IV

### GUIA PARA LA RESTAURACIÓN DEL ESTRATO HERBACEO EN LA VEGETACIÓN XERÓFILA DE AGUASCALIENTES

#### INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una de las disciplinas más utilizados en la actualidad para facilitar un medio ambiente sustentable y evitar la degradación ambiental; se define como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (SER, 2004).

En México se calcula que el 90.7 % de la superficie nacional (177 642 000 ha) presenta algún nivel de degradación (CONAFOR, 2020). Entre los principales disturbios se encuentra la conversión de los hábitats naturales a otros usos de suelo y su consecuente fragmentación y degradación, la deforestación, la introducción de especies exóticas, la pérdida de capital natural, entre otras (SEMARNAT, 2010). En particular, en el estado de Aguascalientes se presentan múltiples disturbios tanto antrópicos como naturales, siendo los más importantes el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, urbanas, industriales y mineras, las cuales afectan a casi la mitad de la superficie estatal (POET, 2021). En el estado, solamente se conserva alrededor de un 59 % de vegetación natural, de los cuales, solo el 38 % se encuentra en condición primaria, manteniendo sus elementos originales (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016).

En particular, la vegetación xerófila ocupa en México aproximadamente el 40 % de la superficie, y es el más vasto de todos los tipos de vegetación (Rzedowski, 2006). En Aguascalientes la vegetación xerófila ocupa 21.52 % de la superficie total estatal (Rodríguez-Ávalos, 2014; Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017), sin embargo, presenta

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

múltiples disturbios tanto antrópicos como naturales, de los cuales, los antrópicos ocasionan un impacto mayor a través de actividades como el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, urbanas, industriales y mineras, las cuales afectan a casi la mitad de su superficie (Sosa-Ramírez *et al.*, 2015). El disturbio por actividades agrícolas es la segunda actividad con mayor influencia en el deterioro ambiental con un 19.2 % (después del desarrollo urbano) (POET, 2021), y es el factor con más incidencia en los problemas de sobre-explotación del acuífero y degradación del suelo (POEL, 2016).

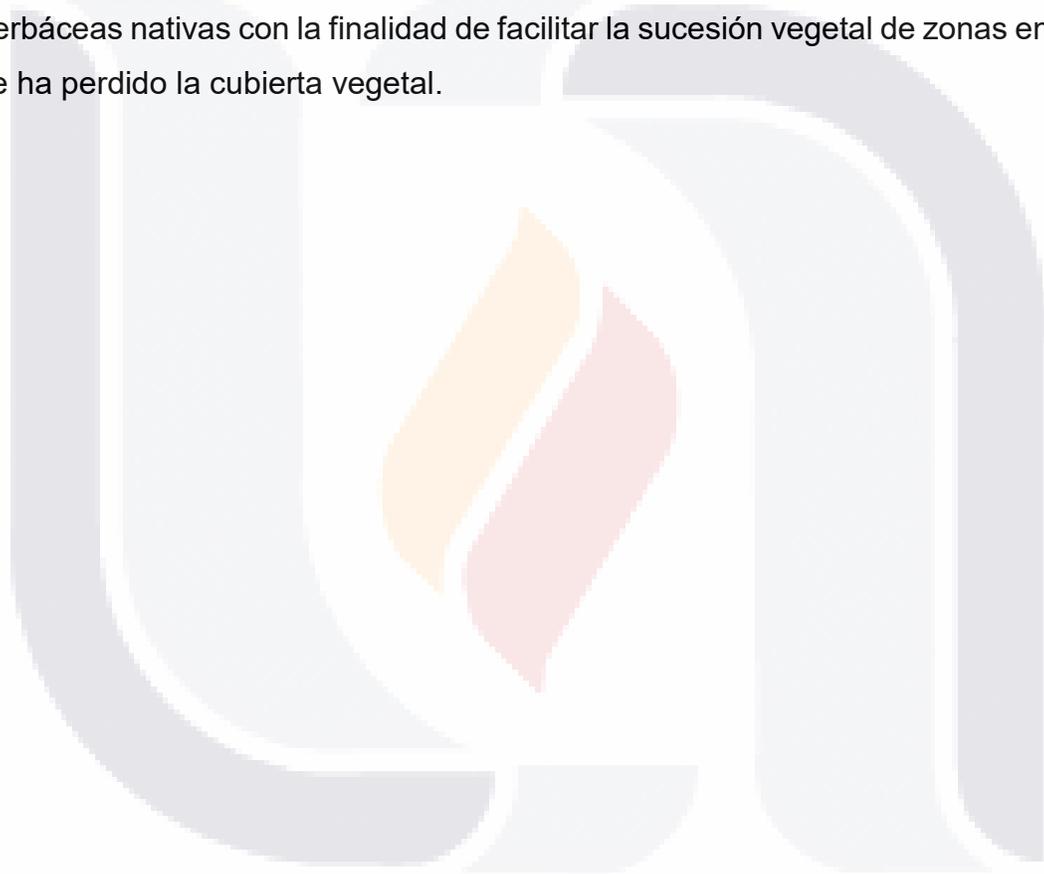
Uno de los retos de la restauración ecológica consiste en encontrar especies nativas que puedan establecerse en estos suelos y que generen condiciones adecuadas para el desarrollo de la sucesión secundaria (Lamb *et al.*, 2005), por lo que existe la necesidad de elegir especies con capacidad de iniciar y acelerar los procesos de desarrollo de la comunidad vegetal (Pywell *et al.*, 2003).

La vegetación herbácea tiene un papel altamente relevante en las zonas áridas ya que se convierte en un regulador de la energía del sol y del flujo de agua en el suelo, ambos factores contribuyen en la formación de biomasa (CONAZA, 2022). Una cubierta herbácea densa, podría comprometer y asistir el establecimiento de componentes clave de los ecosistemas de referencia. La vegetación, principalmente la herbácea, fija físicamente el sustrato en los taludes y frecuentemente se introduce mediante siembra, también determina la primera percepción de naturalización de estas zonas desnudas (Jorba y Vallejo, 2008).

A su vez, es importante que en esfuerzos de restauración se utilicen especies nativas, ya que de acuerdo con Aguirre *et al.* (2009) y Gurevitch y Padilla (2004) el uso de especies introducidas puede desencadenar problemas ecológicos, como la pérdida de biodiversidad, el incremento de enfermedades, la disminución de alimento y nutrientes para las especies nativas.

## OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

Debido a la gran deterioro y presión por actividades antrópicas a las que se ve sometida la vegetación xerófila de Aguascalientes, la presente guía tiene como objetivo proporcionar una serie de herramientas metodológicas para efectuar prácticas de reforestación del estrato herbáceo utilizando principalmente especies herbáceas nativas con la finalidad de facilitar la sucesión vegetal de zonas en donde se ha perdido la cubierta vegetal.



## GUÍA DE RESTAURACIÓN

### Selección de las especies

Seleccionar las especies adecuadas para cualquier proyecto de reforestación es una tarea importante, ya que se tienen que tomar en cuenta factores básicos como la época de fructificación, localización geográfica, tamaños de las poblaciones, resistencia a condiciones climáticas adversas, entre otras (Gold *et al.*, 2004). Se deben elegir especies que no solo sean nativas, sino que puedan captar y fijar nutrientes en el suelo, retengan suelo y humedad, sean de fácil propagación y sean capaces de resistir las condiciones climáticas que se presentan en la entidad (PEFEA, 2005).

En particular, los pastos son la cobertura vegetal más frecuente y abundante en las zonas áridas y semiáridas, debido a mecanismos de adaptación logrados a través de eras geológicas (Robles-Cruz y González-Rebollar, 2001). A su vez, son la fuente de alimento para la fauna silvestre y doméstica de estas zonas; por lo que la productividad de la tierra está en función de la distribución de los mismos (CONAZA, 2022); es uno de los grupos taxonómicos más grandes, contando incluso con especies que son utilizadas como forraje.

Para seleccionar las especies se realizaron 41 inventarios florísticos en los dos subtipos de vegetación xerófila más representativos: matorral xerófilo y pastizal desértico, los cuales se subdividen en cuatro y tres subtipos locales respectivamente (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017) (Tabla 1). Entre los subtipos locales, el matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos son los más representativos, con 5.22% y 8.21% respectivamente. El matorral espinoso crasicaule está conformado por matorrales secundarios resultado de la alteración de otras comunidades naturales, como pastizales, mezquiales o nopaleras. Los elementos que predominan son huizaches, garruños, nopales y biznagas (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2016). El pastizal con arbustos presenta un estrato

arbóreo de bajo a muy bajo o arbustivo alto, dándole una fisionomía de pradera arbolada o sabana, en donde predominan *Vachellia shaffneri* (S. Watson) Seigler & Ebinger y en ocasiones *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. (Rodríguez-Ávalos *et al.*, 2014). Estos inventarios tuvieron como objetivo identificar las especies herbáceas más frecuentes en los dos subtipos de vegetación locales antes mencionados.

También se llevó a cabo una investigación bibliográfica con la finalidad de identificar que esfuerzos de restauración se están realizando en la entidad (PEFEA, 2030) y en el resto de México, y en particular si hay estudios que se enfoquen en el estrato herbáceo (CONAZA, 2022; CONAFOR, 2020; Rodríguez-Calderon y Monroy-Alta, 2024; Venegas-López, 2016).

Tanto la revisión bibliográfica como los inventarios florísticos revelaron que existen al menos tres especies de pastos que pueden ser utilizados para las actividades de reforestación y que son abundantes en la vegetación xerófila de Aguascalientes:

Tabla 1. Especies nativas más frecuentes y que cuentan con las características adecuadas para ser utilizadas las actividades de restauración.

<b>Especie</b>	<b>Origen</b>	<b>Ciclo de vida</b>
<i>Bouteloua chondrosioides</i> (Kunth) Benth. ex S. Watson	Nativa	Perenne
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. in Marcy	Nativa	Perenne
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	Nativa	Perenne

Estas especies se presentan en macollos por lo que cuentan con la capacidad de captar y fijar nutrientes en el suelo, retención de la humedad, son consideradas como nodrizas, son de fácil propagación, tienen una tasa de crecimiento rápida y

son capaces de resistir las condiciones climáticas limitantes en la entidad (CONAFOR, 2020).

### **Recolección de semilla**

Uno de los métodos más eficientes para la restauración del estrato herbáceo es la recolección de semillas. La semilla es la forma más práctica y eficiente para recolectar, transportar, estudiar y almacenar la diversidad vegetal, por corresponder a un estado compacto, resistente e independiente dentro del ciclo de vida de una planta (Gold *et al.*, 2004). Una vez que se tienen seleccionadas las especies para la recolección de semillas se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- 1) Identificar y evaluar poblaciones potenciales a ser recolectadas.
- 2) Preparar y organizar las expediciones de recolección de semillas.
- 3) Recolección adecuada de semillas e información asociada (coordenadas, altitud y localidad).
- 4) Manejo de las semillas recolectadas.

#### 1) Identificación de los sitios de recolección de semillas:

Es importante contar con una buena planeación en la cual se revisará información bibliográfica y geográfica de las poblaciones de las especies deseadas. Con la finalidad de garantizar que las plantas sean capaces de soportar las condiciones climatológicas del sitio a restaurar, lo ideal es obtener semillas de poblaciones vecinas (INIFAP, 2022). Para la mayoría de las plantas silvestres, una sola población puede contener gran parte de la diversidad genética de una especie (Gold *et al.*, 2004).

Por lo antes mencionado, se deben realizar pequeñas expediciones a áreas vecinas al sitio a restaurar en las cuales se identificará la ubicación de las poblaciones de las especies seleccionadas. Estas deben ser marcadas, ya sea de manera física o digital, con el uso de GPS o sistemas de información geográfica.

2) Preparación y organización de las expediciones de recolección de semillas:

El primer punto importante a tomar en cuenta es la temporada en que las especies seleccionadas tienen semilla. Se debe tener conocimiento sobre las condiciones climáticas que se pueden esperar en la época de recolección de las semillas, con el fin de planificar el manejo de las mismas (Gold *et al.*, 2004).

Tabla 2. Época de floración y presencia de semilla de las especies seleccionadas para la restauración.

Especie	Floración	Presencia de Semilla
<i>Bouteloua chondrosioides</i> (Kunth) Benth. ex S. Watson	Mayo - Septiembre	Octubre
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. in Marcy	Julio - Septiembre	Octubre
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	Julio - septiembre	Octubre

Una vez que se tiene identificada la época adecuada para recolectar semilla se puede utilizar la información previamente recopilada (localidades potenciales, fenología de las especies priorizadas) para definir un itinerario preliminar sobre el viaje de recolección (Gold *et al.*, 2004).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Es importante tener en cuenta que en muchos casos se requieren permisos especiales para la recolección de germoplasma por lo que es necesario revisar las legislaciones locales.

### 3) Recolección adecuada de semillas e información asociada

La cosecha se debe llevar a cabo de manera manual, con la ayuda de chapeadora o machete, la altura de corte para gramíneas de crecimiento rastrero se debe realizar el corte de 5 a 10 cm de altura, y 40 cm para las de crecimiento erecto o amacollado. Para contar con una recolección adecuada se deben seguir los siguientes pasos (Sierra-Tristán *et al.*, 2014; Enríquez-Quiróz, 1999):

3.1) Los tallos florales deben cortarse de 20 a 30 cm por debajo de la espiga, cuidando de no realizar esta operación muy fuerte para evitar la caída de las semillas maduras.

3.2) Después del corte de uniformización es recomendable sacar el material cortado para que éste no obstaculice el rebrote de las plantas.

3.3) Se debe seleccionar un sitio para amontonar las inflorescencias. Las espigas se deben depositar temporalmente en lonas o plásticos para evitar la pérdida de las mismas.

3.4) La altura de las pilas no deben de ser mayores a 60 cm para evitar calentamiento excesivo y evitar pérdidas de viabilidad. Las pilas deben de cubrirse con una capa de material vegetal del mismo pasto de 15 cm de espesor, para mantener un ambiente (humedad y temperatura) similar en toda la pila.

De manera adicional, se debe elaborar una bitácora que incluya los datos de la localidad de colecta, coordenadas y cantidad de germoplasma cosechado por sitio.

#### 4) Manejo de la semilla recolectada

Una vez cosechada, la semilla se debe secar bajo techo durante 3 - 4 días. Para obtener un secado uniforme las semillas se deben esparcir en lonas o plásticos en capas de 10 a 5 cm, las cuales se deben mover al menos una vez al día para permitir la aireación de las mismas (Enríquez-Quiróz, 1999).

#### **Siembra de la semilla**

Una vez que se han secado las semillas se procederá a transportarlas al sitio de restauración para su siembra. Este paso se debe llevar a cabo teniendo en cuenta la época del año adecuada para garantizar la germinación y crecimiento de las plantas; también se debe considerar una cantidad adecuada de semillas dependiendo de la superficie a restaurar (CONAZA, 2022).

Antes de la siembra se debe preparar el terreno aplicando una cama de siembra con el fin de que la semilla tenga un mejor contacto con el suelo y pueda desarrollar sus raíces (Winkel *et al.*, 1991). Esta cama de siembra se puede hacer de forma manual o mecanizada con la ayuda de tractor o rodillos. La profundidad de la cama de siembra debe ser de 0 a 3 % de pendiente y más de 50 cm de profundidad (Sierra-Tristán *et al.*, 2014).

Una vez que se tenga la cama de siembra se debe proceder a plantar la semilla; en el caso de los pastos seleccionados, la semilla se debe sembrar entre 1 - 1.5 cm de profundidad, ya sea de manera manual o con equipo mecanizado (sembradora) (Sierra-Tristán *et al.*, 2014). La cantidad de semilla a sembrar se describe en la tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de semilla y época de siembra de las especies seleccionadas para la restauración.

Especie	Cantidad de semilla por hectárea	Época de siembra
<i>Bouteloua chondrosioides</i> (Kunth) Benth. ex S. Watson	8-10 kg/ha	Mayo-Agosto
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. in Marcy	8-10 kg/ha	Mayo-Agosto
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	5-8 kg/ha	Mayo-Agosto

Dada las características de las plántulas de los pastos, la siembra o resiembra de estos se debe hacer antes del inicio de la época de lluvias (Enríquez-Quiroz, 1999). Se puede sembrar desde mayo hasta finales de agosto. Si en el año de siembra no se presentan lluvias, un buen porcentaje de semilla permanecerá viable para el siguiente año (Sierra-Tristán *et al.*, 2014).

**Seguimiento**

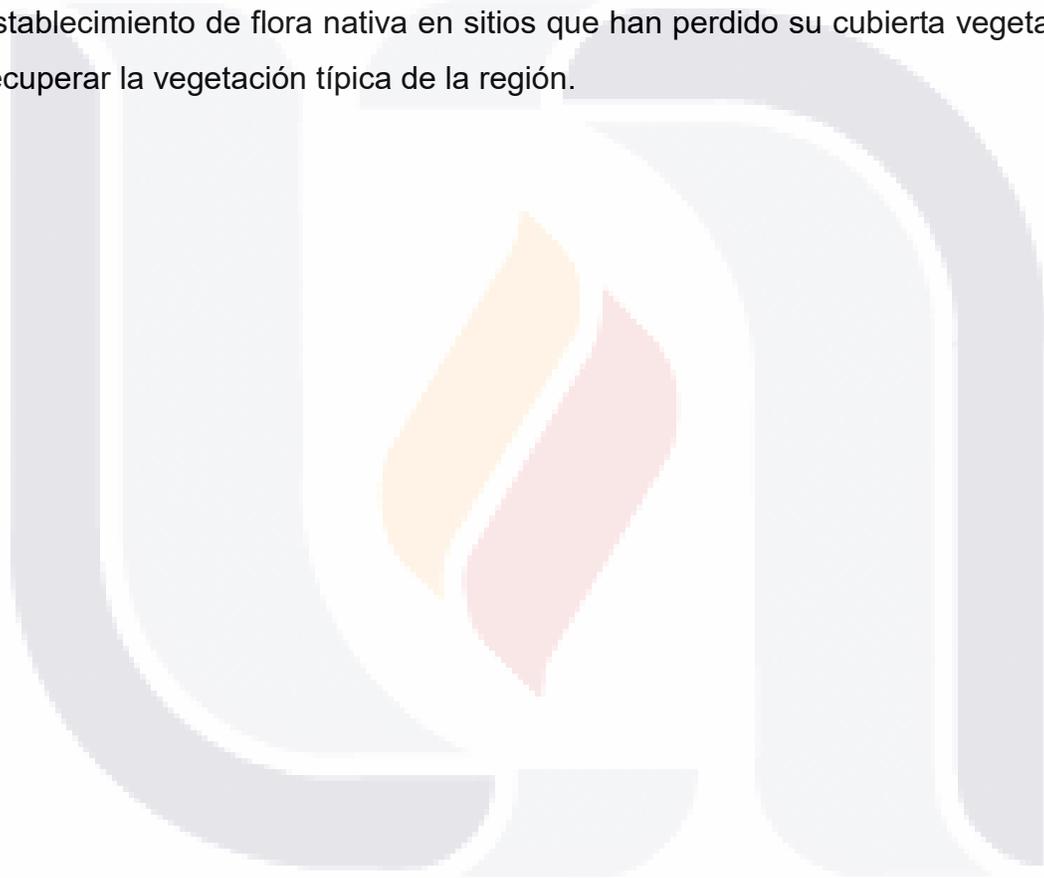
Es importante mantener un seguimiento del área una vez que se realizó la siembra, en particular para aplicar riegos de emergencia dependiendo de las condiciones climáticas anuales (Enríquez-Quiroz, 1999). En caso de que se presente un año con poca precipitación se debe implementar un riego ya sea por gravedad o aspersión, preferentemente en los meses de septiembre u octubre (CONAZA, 2022). También se recomienda mantener los terrenos libres de malezas no deseadas. El control de maleza se puede hacer por medios mecánicos y químicos, sin embargo, para evitar la afectación a los pastos se recomienda que el control de malezas sea de manera

manual en el cual se eliminen las plantas no deseadas, en particular las especies exóticas (Rodríguez-Calderón y Monroy-Alta, 2024).



## CONCLUSIONES

Los sitios degradados pueden ser ayudados con el establecimiento de plantas herbáceas nativas, al promover la captación de suelo, humedad y al facilitar la sucesión ecológica actuando con nodrizas de árboles y arbustos. Con la aplicación de esta guía de restauración se presentan metodologías sencillas para promover el establecimiento de flora nativa en sitios que han perdido su cubierta vegetal, y así recuperar la vegetación típica de la región.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, A., R. Mendoza, H. Arredondo et al. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 277-318.
- Comisión nacional de Zonas Áridas (CONAZA). 2022. Restauración de zonas áridas y semiáridas con pastos nativos. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- CONAFOR (2020). Estimación de la tasa de deforestación en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo. Documento Técnico. Jalisco, México. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/estimacion-de-la-tasa-dedeforestacion-bruta-en-mexico-para-el-periodo-2001-2018-mediante-elmetododemuestreo?idiom=es>
- Enríquez-Quiróz, F. 1999. Producción de semillas de pastos tropicales. INIFAP – SAGAR, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Unión Ganadera Regional de Jalisco.
- Gold, K., León-Lobos, P., Way, M. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA 110: 62.
- Gurevitch, J. and Padilla, D.K. (2004) Are Invasive Species a Major Cause of Extinctions?. Trends in Ecology and Evolution, 19: 470-474. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.005>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2022. Producción de semilla de pasto banderilla (*Bouteloua curtipendula*). In. Programa de Investigación: Pastizales y Cultivos Forrajeros. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México. 18 pp.

- Jorba, M., y Vallejo, R. (2008). La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas*, 17(3).
- Lamb, D., Erskine, P. D., y Parrota, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632. doi: 10.1126/science.1111773
- PEFEA. (2005). Programa Estratégico Forestal Del Estado De Aguascalientes Visión 2030.
- POEL. 2016. Programa de Ordenamiento Ecológico Local, municipio de Aguascalientes 2015-2040. Aguascalientes, México.
- POET. 2014. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial, estado de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- POET. 2021. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial, estado de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- Pywell RF, Bullock JM, Roy DB, Warman L, Walker K, y Rothery P. 2003. Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. *Journal of Applied Ecology* 40: 65-77. doi: 10.1046/j.1365-2664.2003.00762.x.
- Robles-Cruz, A. B., González-Rebollar, J. L. 2001. Pastos de zonas áridas y semiáridas del sureste ibérico. *Archivos de Zootecnia*, 50(192): 501-515.
- Rodríguez-Ávalos, J. A. 2014. Análisis espacial de la vegetación de Aguascalientes. Distribución geográfica y descripción de las comunidades vegetales naturales de Aguascalientes. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 295 pp.
- Rodríguez-Calderón, R., O. y Monroy-Alta, A. 2024. Establecimiento de plantas de zacate navajita (*Bouteloua gracilis*) inoculadas con hongos micorrizógenos arbusculares y sometidas a sequía en condiciones de invernadero. In: Monroy-Alta, A. y Castillo-Agüero, S. 2024. Restauración ecológica:

proyectos, estudios de caso y prospectivas. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 219 pp.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. Mx., México. 505 pp.

Sánchez-Ken, J. G. 2019. Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. Acta Botánica Mexicana 126: e1379. doi: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1379>

SEMARNAT. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5173091yfecha=30/12/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091yfecha=30/12/2010).

SER (Society for Ecological Restoration International Science y Policy Working Group). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona. <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration> Archivado el 19 de octubre de 2013 en Wayback Machine

Sierra-Tristán, J. S., Ramírez-Garduño, H. y Gutiérrez-Ronquillo, E. 2014. Paquete tecnológico para la siembra de pastos en los agostaderos de Chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Folleto Técnico Núm. 50, ISBN: 978-607-37-0279-9

Siqueiros-Delgado, M. E., J. A. Rodríguez-Ávalos, J. Martínez-Ramírez y J. C. Sierra-Muñoz. 2016. Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. Botanical Sciences 94: 1-16. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.466>

- Siqueiros-Delgado, M. E., J. A. Rodríguez-Ávalos, J. Martínez-Ramírez y J. C. Sierra-Muñoz, G. García-Regalado. 2017. Vegetación del estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 370 pp.
- Sosa-Ramírez, J., V. Díaz-Núñez y A. Ponce-Montoya. 2015. Diversidad y productividad del estrato herbáceo en una Sabana de la Sierra Fría de Aguascalientes. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 1(2): 51-66. doi: <https://doi.org/10.18242/ANPScripta.2015.01.01.01.02.003>
- Vanegas-López, M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. In: CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. México 158 pp.
- Winkel V. K., B. A. Roundy y J. R. Cox. 1991. Influence of seedbed microsite characteristics on grass seedling emergence. *J. Range Manage.* 44(3): 210-214.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES GENERALES

La vegetación xerófila en Aguascalientes es muy diversa. Entre los subtipos de vegetación estudiados el MEC presenta mayor número de especies que el PCA, y en general presenta valores de diversidad más altos. Las especies más frecuentes, y que a su vez son nativas, son ideales para su aplicación en programas de restauración en sitios donde se ha abandonado la agricultura. El conocimiento de la sucesión ecológica en este tipo de vegetación, y en particular en el estrato herbáceo es esencial para la aplicación de medidas y estrategias para su protección y restauración. Es importante continuar con los estudios en este tipo de vegetación, ya que se cuentan con pocas aportaciones en el tema no solo en la entidad, sino también en México.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Listado florístico de especies herbáceas presentes para cada subtipo de vegetación xerófila estudiado en Aguascalientes, México. Nuevo registro en Aguascalientes=\*, matorral espinoso crasicaule primario=MECP, matorral espinoso crasicaule secundario=MECS, pastizal con arbustos primario=PCAP, pastizal con arbustos secundario=PCAS. Todos los ejemplares fueron colectados por Florencia Cabrera Manuel y están depositados en el Herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA).

Familia	Especie	No. de espécime n de respaldo	Subtipo de vegetació n
PTERIDOFITAS			
Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum engelmannii</i> Prantl	1060	PCAP
ANGIOSPERMAS			
Acanthaceae	<i>Dyschoriste microphylla</i> (Cav.) Kuntze	962	MECP
	<i>Tetramerium nervosum</i> Nees	1024	MECP
Amaranthaceae	<i>Alternanthera caracasana</i> Kunth	997	PCAS
	<i>Amaranthus cruentus</i> L.	963	MECS
	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	1069	MECS

		PCAS
		PCAP
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson	1113	MECS
		MECP
		PCAS
		PCAP
<i>Amaranthus powellii</i> S. Watson	1126	MECS
		MECP
		PCAS
<i>Amaranthus torreyi</i> (A. Gray) Benth ex S. Watson	1068	MECP
<i>Chenopodium berlandieri</i> Moq.	1094	PCAP
<i>Dysphania graveolens</i> Mosyakin & Clemants	879	MECS
		MECP
		PCAS
		PCAP
<i>Froelichia interrupta</i> (L.) Moq.	1025	MECP
<i>Gomphrena serrata</i> L.	883	MECS
		MECP
		PCAS
		PCAP

	<i>Guilleminea densa</i> (Willd. ex Schult.) Moq.	895	MECS MECP PCAS PCAP
	<i>Salsola tragus</i> L.	1026	MECS PCAS PCAP
Anacampserotaceae	<i>Talinopsis frutescens</i> A. Gray	939	MECP PCAP
Apiaceae	<i>Eryngium heterophyllum</i> Engelm.	964	MECS PCAP
Apocynaceae	<i>Funastrum pannosum</i> (Decne.) Schltr.	996	PCAS PCAP
	<i>Polystemma pilosum</i> (Benth.) Morillo	1070	MECP
Asparagaceae	<i>Echeandia flavescens</i> (Schult. & Schult. f.) Cruden	1112	PCAP
	<i>Milla biflora</i> Cav.	1114	PCAP
Asteraceae	<i>Adenophyllum porophyllum</i> (Cav.) Hemsl.	1127	MECS MECP PCAS PCAP

<i>Aphanostephus ramosissimus</i> DC.	938	MECS MECP PCAP
<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	1130	MECP
<i>Baileya multiradiata</i> Harv. & A. Gray	961	MECS
<i>Bidens aurea</i> (Aiton) Sherff	1093	PCAS
<i>Bidens ferulifolia</i> (Jacq.) Sweet	935	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Bidens odorata</i> Cav.	1023	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	1133	MECP PCAS PCAP
<i>Conyza microcephala</i> Hemsl.	1156	PCAS MECS MECP

<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	1021	MECS MECP PCAP
<i>Erigeron delphinifolius</i> Willd.	1151	PCAS
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	1111	MECS PCAS PCAP
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	932	MECP PCAP
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	874	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Heterotheca inuloides</i> Cass.	995	MECS
<i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth	1009	MECS
<i>Melampodium sericeum</i> Lag.	966	MECS MECP PCAP
<i>Parthenium bipinnatifidum</i> (Ortega) Rollins	960	MECS MECP PCAP

<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	1027	PCAS
<i>Pectis prostrata</i> Cav.	1067	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Picradeniopsis schaffneri</i> (S. Watson) B.G. Baldwin	1157	PCAP
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	931	MECP PCAP
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	1028	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze ex Thell.	1110	MECP PCAS PCAP
<i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.) Pers.	959	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Stevia micrantha</i> Lag.	886	MECP
<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	1091	MECP

<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	958	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	930	MECS PCAS PCAP
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	957	MECS
<i>Thymophylla acerosa</i> (DC.) Strother	1018	PCAP
<i>Thymophylla setifolia</i> Lag.	1066	MECS MECP PCAP
<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	1014	MECS MECP PCAS
<i>Tridax coronopifolia</i> (Kunth) Hemsl.	926	MECP
<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray	993	MECS
<i>Xanthisma gymnocephalum</i> (DC.) D.R. Morgan & R.L. Hartm.	994	MECS
<i>Xanthisma spinulosum</i> (Pursh) D.R. Morgan & R.L. Hartm.	1973	MECP
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	991	MECS MECP

			PCAS
			PCAP
Brassicaceae	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	1013	PCAS
	<i>Lepidium virginicum</i> L.	1029	MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	1095	MECS
			PCAS
Cactaceae	<i>Ferocactus latispinus</i> (Haw.) Britton & Rose	1087	PCAP
	<i>Mammillaria uncinata</i> Zucc. ex Pfeiff.	925	MECP
			PCAS
			PCAP
Caryophyllaceae	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	1134	MECP
			PCAP
	<i>Drymaria glandulosa</i> C. Presl	1193	MECP
	<i>Drymaria leptophylla</i> (Schltdl. & Cham.) Fenzl ex Rohrb.	1150	PCAS
	<i>Drymaria villosa</i> Schltdl. & Cham.	1065	MECP
	<i>Spergularia mexicana</i> Hemsl.	953	MECP
Cistaceae	<i>Crocanthemum glomeratum</i> (Lag.) Janch.	1135	MECP
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	1115	MECP
			PCAP

	<i>Commelina erecta</i> L.	990	MECP
Convolvulaceae	<i>Dichondra argentea</i> Willd.	923	MECS
			MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	967	MECS
			MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Evolvulus sericeus</i> Sw.	1012	MECP
	<i>Ipomoea aristolochiifolia</i> G. Don	1086	MECP
	<i>Ipomoea capillacea</i> (Kunth) G. Don	1136	MECS
			PCAS
			PCAP
	<i>Ipomoea costellata</i> Torr.	1149	MECS
	<i>Ipomoea longifolia</i> Benth.	1155	PCAS
	<i>Ipomoea pubescens</i> Lam.	1202	MECP
			PCAP
	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	1147	MECS
			MECP
			PCAS

			PCAP
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i> L.	1172	PCAS
	<i>Sechiopsis triquetra</i> (Moç. & Sessé ex Ser.) Naudin	1179	MECP
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	1171	MECS
			MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Cyperus manimae</i> Kunth	920	PCAS
			PCAP
	<i>Cyperus odoratus</i> L.	1011	MECP
	<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	1146	MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Cyperus squarrosus</i> L.	1064	PCAS
			PCAP
Euphorbiaceae	<i>Acalypha mexicana</i> Müll. Arg.	919	MECS
			MECP
	<i>Acalypha neomexicana</i> Müll. Arg.	952	MECP
	<i>Euphorbia cuphosperma</i> (Engelm.) Boiss.	1109	MECP
			PCAS
			PCAP

	<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	1108	MECP PCAP
	<i>Euphorbia hirta</i> L.	897	MECP
	<i>Euphorbia indivisa</i> (Engelm.) Tidestr.	917	MECS MECP PCAS PCAP
	<i>Euphorbia nutans</i> Lag.	918	MECP
	<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	1063	MECP PCAP
	<i>Euphorbia serpillifolia</i> Pers.	1085	MECP
Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	896	MECS PCAS PCAP
	<i>Crotalaria mollicula</i> Kunth	1010	MECS PCAP
	<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	916	MECS MECP PCAS
	<i>Dalea foliolosa</i> (Aiton) Barneby	969	MECS MECP

			PCAS
			PCAP
	<i>Dalea leporina</i> (Aiton) Bullock	887	MECS
			PCAS
			PCAP
	<i>Desmodium procumbens</i> (Mill.) C.L. Hitchc.	1075	MECS
			MECP
			PCAP
	<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ortega) A. Delgado	985	MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Nissolia microptera</i> Poir.	1030	MECP
	<i>Senna bauhinioides</i> (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby	1107	MECS
	<i>Zornia thymifolia</i> Kunth	885	MECS
			MECP
			PCAS
			PCAP
Heliotropaceae	<i>Euploca pringlei</i> (B.L. Rob.) Halse & Feuillet	998	MECP
Iridaceae	<i>Sisyrinchium angustissimum</i> (B.L. Rob. & Greenm.) Greenm. & C.H. Thomps.	1033	PCAS
			PCAP
Lamiaceae	<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B. Pastore	1000	MECP

	<i>Salvia leptostachys</i> Benth.	970	MECP PCAP
	<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	1034	MECP PCAP
	<i>Tetradlea coulteri</i> A. Gray	972	MECS MECP
Loasaceae	<i>Mentzelia aspera</i> L.	951	MECS MECP
	<i>Mentzelia hispida</i> Willd.	1076	MECP
Malpighiaceae	<i>Gaudichaudia implexa</i> S.L. Jessup	1118	MECP PCAP
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schtdl.	1137	MECS PCAS PCAP
	<i>Anoda thurberi</i> A. Gray	1203	MECP
	<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	1213	MECP PCAP
	<i>Malva parviflora</i> L.	1062	PCAS PCAP
	<i>Malvastrum bicuspidatum</i> (S. Watson) Rose	1008	MECP
	<i>Sida abutilifolia</i> Mill.	880	MECS

			MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Sida linearis</i> Cav.	101	PCAS
			PCAP
Martyniaceae	<i>Proboscidea louisianica</i> (Mill.) Thell.	889	MECS
			PCAS
			PCAP
Molluginaceae	<i>Mollugo verticillata</i> L.	1035	MECP
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis glabrifolia</i> (Ortega) I.M. Johnst.	1061	MECP
	<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	700	MECP
Onagraceae	<i>Oenothera elata</i> Kunth	888	MECP
	<i>Oenothera kunthiana</i> (Spach) Munz	984-b	MECP
	<i>Oenothera suffrutescens</i> (Moç. & Sessé ex Ser.) W.L. Wagner & Hoch	1178	MECS
Orobanchaceae	<i>Buchnera obliqua</i> Benth.	1214	PCAP
	<i>Castilleja scorzonerifolia</i> Kunth	1169	PCAP
Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet	1159	MECS
Plantaginaceae	<i>Mecardonia procumbens</i> (Mill.) Small	1194	MECP
			PCAS
	<i>Plantago major</i> L.	1036	PCAS
	<i>Plantago nivea</i> Kunth	915	PCAS

			PCAP
Plumbaginaceae	<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	1123	MECP
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i> L.	1215	MECS
			MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Aristida divaricata</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	1077	PCAP
	<i>Bothriochloa barbinodis</i> (Lag.) Herter	982	MECS
			MECP
			PCAS
	<i>Bouteloua aristidoides</i> (Kunth) Griseb.	950	MECP
	<i>Bouteloua chondrosioides</i> (Kunth) Benth. ex S. Watson	873	MECS
			MECP
			PCAS
			PCAP
	<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	913	MECS
			MECP
			PCAP
	<i>Bouteloua diversispicula</i> Columbus	1145	MECP
			PCAP
	<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	1143	MECS

		MECP
		PCAS
		PCAP
<i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.	1217	MECP
		PCAS
		PCAP
<i>Bouteloua radicata</i> (E. Fourn.) Griffiths	1175	MECS
<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr.	1216	MECS
		PCAS
<i>Bromus catharticus</i> Vahl	1007	MECS
		PCAS
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	1165	MECP
		PCAS
		PCAP
<i>Cenchrus clandestinus</i> (Hochst. ex Chiov.) Morrone*	891	MECS
<i>Cenchrus spinifex</i> Cav.	1166	MECS
		PCAS
		PCAP
<i>Chloris gayana</i> Kunth	1138	MECS
<i>Chloris rufescens</i> Lag.	973	MECP
		PCAS

<i>Chloris virgata</i> Sw.	1152	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	1084	MECS PCAS PCAP
<i>Dactylis glomerata</i> L.	1084	MECS
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	1218	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Digitaria ternata</i> (A. Rich.) Stapf	1037	MECP PCAS PCAP
<i>Disakisperma dubium</i> (Kunth) P.M. Peterson & N. Snow	949	MECP PCAP
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	882	PCAS
<i>Eleusine multiflora</i> Hochst. ex A. Rich.	1192	PCAS
<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.	1124	MECP MECP

<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vignolo ex Janch.	1191	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees*	1106	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.	1006	MECP PCAS
<i>Eragrostis lehmanniana</i> Nees	884	MECS PCAS
<i>Eragrostis lugens</i> Nees	899	PCAP
<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	983	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Eragrostis pectinacea</i> (Michx.) Nees	912	MECP
<i>Eriochloa acuminata</i> (J. Presl) Kunth	1125	MECS PCAP
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult.	1002	PCAP

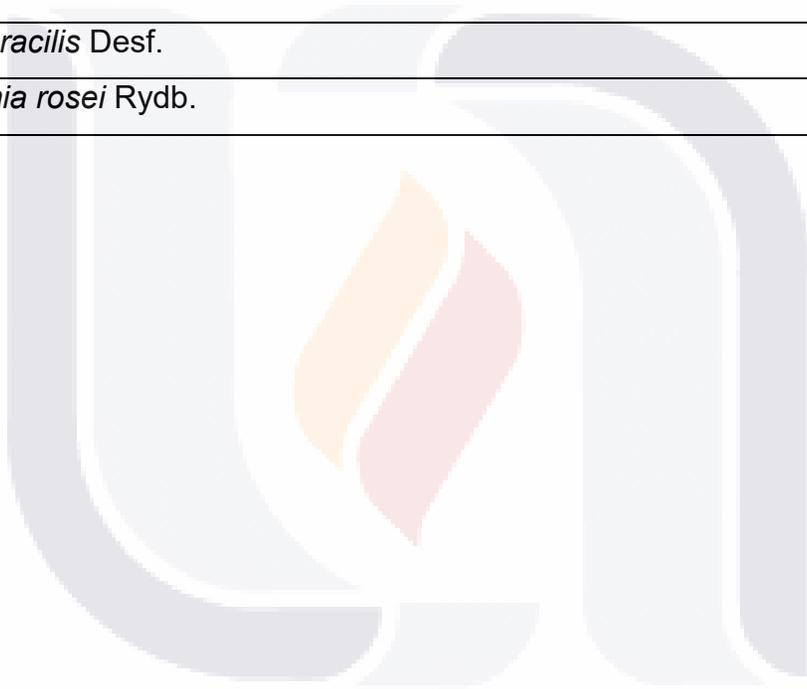
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	881	MECS MECP PCAS PCAP
<i>Microchloa kunthii</i> Desv.	911	MECP PCAS PCAP
<i>Muhlenbergia ciliata</i> (Kunth) Kunth	974	MECP
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	984-a	PCAP
<i>Muhlenbergia phalaroides</i> (Kunth) P.M. Peterson	1039	MECP PCAS PCAP
<i>Muhlenbergia phleoides</i> (Kunth) P.M. Peterson	1043	PCAP
<i>Munroa pulchella</i> (Kunth) Amarilla	1139	MECS PCAP
<i>Paspalum crinitum</i> Chase ex Hitchc.	1079	MECS
<i>Paspalum notatum</i> Flüggé	890	PCAS
<i>Setaria grisebachii</i> E. Fourn.	1100	MECP PCAP
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	1045	MECS MECP

	<i>Sporobolus atrovirens</i> (Kunth) Kunth	1099	PCAS PCAP
	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	894	MECS
	<i>Sporobolus macrospermus</i> Scribn. ex Beal	1080	MECP
	<i>Sporobolus trichodes</i> Hitchc.	1046	MECP PCAP
	<i>Tragus berteronianus</i> Schult.	947	MECP
	<i>Tripogonella spicata</i> (Nees) P.M. Peterson & Romasch.	1140	MECP PCAS PCAP
	<i>Urochloa panicoides</i> P. Beauv.*	1153	MECS MECP PCAS PCAP
Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i> (Cav.) G. Don	1003	MECS MECP PCAP
Polygalaceae	<i>Hebecarpa obscura</i> (Benth.) J.R. Abbott	940	PCAS PCAP
	<i>Senega glochidiata</i> (Kunth) J.F.B. Pastore	1167	PCAS PCAP

Portulacaceae	<i>Portulaca mexicana</i> P. Wilson	1154	PCAS
			PCAP
	<i>Portulaca oleracea</i> L.	975	MECS
			MECP
			PCAS
			PCAP
Primulaceae	<i>Lysimachia arvensis</i> (L.) U. Manns & Anderb.	941	MECP
	<i>Lysimachia minima</i> (L.) U. Manns & Anderb.	1168	MECS
			PCAP
Ranunculaceae	<i>Clematis drummondii</i> Torr. & A. Gray	1190	MECP
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i> L.	1047	PCAS
Rubiaceae	<i>Hexasepalum teres</i> (Walter) J.H. Kirkbr.	1174	MECS
			MECP
			PCAP
	<i>Houstonia rubra</i> Cav.	1081	MECS
	<i>Spermacoce suaveolens</i> (G. Mey.) Kuntze	1004	MECS
			MECP
			PCAS
			PCAP
Sapindaceae	<i>Serjania brachycarpa</i> A. Gray ex Radlk.	1108	MECP
Solanaceae	<i>Datura innoxia</i> Mill.	1083	MECS

			MECP
	<i>Nicotiana obtusifolia</i> M. Martens & Galeotti	893	MECS
	<i>Physalis angulata</i> L.	1186	MECP PCAS PCAP
	<i>Physalis nicandroides</i> Schtdl.	1105	MECS PCAS
	<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	1173	MECS MECP PCAP
	<i>Physalis solanacea</i> (Schtdl.) Axelius	948	MECP
	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	980	MECS MECP PCAS PCAP
	<i>Solanum rostratum</i> Dunal	910	MECS MECP PCAS PCAP
Talinaceae	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	981	MECP
Verbenaceae	<i>Priva mexicana</i> (L.) Pers.	1170	MECP

	<i>Verbena bipinnatifida</i> Schauer	1049	MECS
	<i>Verbena bracteata</i> Cav. ex Lag. & Rodr.	1097	PCAS
	<i>Verbena canescens</i> Kunth	1096	MECS
	<i>Verbena carolina</i> L.	1048	MECP
	<i>Verbena gracilis</i> Desf.	901	MECS
Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia rosei</i> Rydb.	900	MECP



**Anexo 2:** Listado florístico de especies herbáceas presentes en parcelas abandonadas colindantes con matorral espinoso crasicaule y pastizal con arbustos en Aguascalientes, México. Nuevo registro en Aguascalientes=\*, \*\*=endémica C=comestible, EX=exótica, F=forraje, I=incierto, N=nativa, M=medicinal, MEC=matorral espinoso crasicaule, PCA=pastizal con arbusto, T = tóxica. Todos los ejemplares fueron colectados por Florencia Cabrera Manuel y están depositados en el Herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Origen</b>	<b>Uso local</b>	<b>Condición</b>
Amaranthaceae	<i>Alternanthera caracasana</i> Kunth	N		PCA CA
	<i>Amaranthus cruentus</i> L.	N		MEC CA
	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	N	C	MEC CA PCA CA
	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson	N	C	MEC CA PCA CA
	<i>Amaranthus powellii</i> S. Watson	N	C	MEC CA PCA CA
	<i>Dysphania graveolens</i> Mosyakin & Clemants	N	M	MEC CA PCA CA
	<i>Gomphrena serrata</i> L.	N	M	MEC CA PCA CA
	<i>Guilleminea densa</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Moq.	N	M	MEC CA PCA CA
	<i>Salsola tragus</i> L.	EX		MEC CA

				PCA CA
Apiaceae	<i>Eryngium heterophyllum</i> Engelm.	N	M	MEC CA
Apocynaceae	<i>Funastrum pannosum</i> (Decne.) Schltr.**	N		PCA CA
Asteraceae	<i>Adenophyllum porophyllum</i> Hemsl.	N	M	MEC CA
				PCA CA
	<i>Aphanostephus ramosissimus</i> DC.	N	M / C	MEC CA
	<i>Baileya multiradiata</i> Harv. & A. Gray	N		MEC CA
	<i>Bidens aurea</i> Sherff	N		PCA CA
	<i>Bidens ferulifolia</i> (Jacq.) Sweet	N		MEC CA
				PCA CA
	<i>Bidens odorata</i> Cav.	N	M	MEC CA
				PCA CA
	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	N		PCA CA
	<i>Conyza microcephala</i> Hemsl.**	N		PCA CA
				MEC CA
	<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	N	M	MEC CA
	<i>Erigeron delphinifolius</i> Willd.	N		PCA CA
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	N		MEC CA
				PCA CA
	<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	N		MEC CA

			PCA CA
<i>Heterotheca inuloides</i> Cass.**	N		MEC CA
<i>Melampodium sericeum</i> Lag.	N		MEC CA
<i>Parthenium bipinnatifidum</i> (Ortega) Rollins**	N	M	MEC CA
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	N		PCA CA
<i>Pectis prostrata</i> Cav.	N		MEC CA
			PCA CA
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	N	M	MEC CA
			PCA CA
<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze	N		PCA CA
<i>Simsia amplexicaulis</i> Pers.	N		MEC CA
			PCA CA
<i>Tagetes lunulata</i> Ortega**	N	M	MEC CA
			PCA CA
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	N	C	MEC CA
			PCA CA
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	EX	M / C	MEC CA
<i>Thymophylla setifolia</i> Lag.	N		MEC CA
<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	N		MEC CA
			PCA CA
<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray	N		MEC CA

	<i>Xanthisma gymnocephalum</i> (DC.) D.R. Morgan & R.L. Hartm.	N	M	MEC CA
	<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	N	M	MEC CA PCA CA
Brassicaceae	<i>Brassica nigra</i> W.D.J. Koch	EX		PCA CA
	<i>Lepidium virginicum</i> L.	N	M	PCA CA
	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	EX		MEC CA PCA CA
Cactaceae	<i>Mammillaria uncinata</i> Zucc. ex Pfeiff.**	N	M / C	PCA CA
Caryophyllaceae	<i>Drymaria leptophylla</i> (Cham. & Schltl.) Fenzl ex Rohrb.	N		PCA CA
Convolvulaceae	<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	N	M	MEC CA PCA CA
	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	N		MEC CA PCA CA
	<i>Ipomoea capillacea</i> (Kunth) G. Don	N	C	MEC CA PCA CA
	<i>Ipomoea costellata</i> Torr.	N		MEC CA
	<i>Ipomoea longifolia</i> Benth.	N		PCA CA
	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	N	M	MEC CA PCA CA
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i> L.	N	C	PCA CA

Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	N	C	MEC CA PCA CA
	<i>Cyperus manimae</i> Kunth	N		PCA CA
	<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	N		PCA CA
	<i>Cyperus squarrosus</i> L.	N		PCA CA
Euphorbiaceae	<i>Acalypha mexicana</i> Müll. Arg.	N		MEC CA
	<i>Euphorbia cuphosperma</i> (Engelm.) Boiss.	N		PCA CA
	<i>Euphorbia indivisa</i> (Engelm.) Tidestr.	N		MEC CA PCA CA
Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	N		MEC CA PCA CA
	<i>Crotalaria mollicula</i> Kunth	N		MEC CA
	<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	N	M	MEC CA PCA CA
	<i>Dalea foliolosa</i> (Aiton) Barneby	N		MEC CA PCA CA
	<i>Dalea leporina</i> (Aiton) Bullock	N		MEC CA PCA CA
	<i>Desmodium procumbens</i> (Mill.) Hitchc.	N		MEC CA
	<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ortega) A. Delgado	N	C	PCA CA

	<i>Senna bauhinoides</i> (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby	N		MEC CA
	<i>Zornia thymifolia</i> Kunth	N	M	MEC CA PCA CA
Iridaceae	<i>Sisyrinchium angustissimum</i> Greenm. & C.H. Thomps.**	N		PCA CA
Lamiaceae	<i>Tetradlea coulteri</i> A. Gray	N		MEC CA
Loasaceae	<i>Mentzelia aspera</i> L.	N		MEC CA
Malvaceae	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schtdl.	N		MEC CA PCA CA
	<i>Malva parviflora</i> L.	EX	M / C	PCA CA
	<i>Melampodium perfoliatum</i> Kunth	N		MEC CA
	<i>Sida abutifolia</i> Mill.	N	M	MEC CA PCA CA
	<i>Sida linearis</i> Cav.**	N		PCA CA
Martyniaceae	<i>Proboscidea louisiana</i> (Mill.) Wooton & Standl.	N	M / C	MEC CA PCA CA
Onagraceae	<i>Oenothera suffrutescens</i> (Ser.) W.L. Wagner & Hoch	N		MEC CA
Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet	N	M	MEC CA
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	EX	M	PCA CA
	<i>Plantago nivea</i> Kunth	N		PCA CA
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i> L.	N		MEC CA

			PCA CA
<i>Bothriochloa barbinodis</i> (Lag.) Herter	N		MEC CA
			PCA CA
<i>Bouteloua chondrosioides</i> (Kunth) Benth. ex S. Watson	N	F	MEC CA
			PCA CA
<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	N	F	MEC CA
			PCA CA
<i>Bouteloua radicata</i> Griffiths	N		MEC CA
<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn.	N	F	MEC CA
			PCA CA
<i>Bromus catharticus</i> Vahl	EX		MEC CA
			PCA CA
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	EX	F	PCA CA
<i>Cenchrus incertus</i> M.A. Curtis	N		MEC CA
			PCA CA
<i>Chloris gayana</i> Kunth	EX	F	MEC CA
<i>Chloris rufescens</i> Lag.	N		PCA CA
<i>Chloris virgata</i> Sw.	N		MEC CA
			PCA CA
<i>Chondrosum hirsutum</i> (Lag.) Sweet	N		PCA CA
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	EX	F	MEC CA

			PCA CA
<i>Dactylis glomerata</i> L.	EX	F	MEC CA
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	EX		MEC CA
			PCA CA
<i>Digitaria ternata</i> (A. Rich.) Stapf	EX		PCA CA
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	N		PCA CA
<i>Eleusine multiflora</i> Hochst. ex A. Rich.	EX		PCA CA
<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vignolo ex Janch.	EX		MEC CA
			PCA CA
<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees*	EX		MEC CA
			PCA CA
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.	N		PCA CA
<i>Eragrostis lehmanniana</i> Nees	EX		MEC CA
			PCA CA
<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	N		MEC CA
			PCA CA
<i>Eriochloa acuminata</i> Kunth	N		MEC CA
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	EX		MEC CA
			PCA CA
<i>Microchloa kunthii</i> Desv.	N		PCA CA

	<i>Muhlenbergia phalaroides</i> (Kunth) P.M. Peterson	N		PCA CA
	<i>Munroa pulchella</i> (Kunth) Amarilla	N		MEC CA
	<i>Paspalum crinitum</i> Chase**	N		MEC CA
	<i>Paspalum notatum</i> Flüggé	N		PCA CA
	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.*	EX		MEC CA
	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	N		MEC CA
	<i>Sporobolus atrovirens</i> Kunth**	N		PCA CA
	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	N		MEC CA
	<i>Tripogon spicatus</i> (Nees) Ekman	N		PCA CA
	<i>Urochloa panicoides</i> P. Beauv.*	EX		MEC CA PCA CA
Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i> (Cav.) G. Don	N	M	MEC CA
Polygalaceae	<i>Hebecarpa obscura</i> (Benth.) J.R. Abbott	N		PCA CA
	<i>Polygala glochidata</i> Kunth	N	M	PCA CA
Portulacaceae	<i>Portulaca mexicana</i> P. Wilson	N		PCA CA
	<i>Portulaca oleracea</i> L.	N	M / C	MEC CA PCA CA
Primulaceae	<i>Anagallis minima</i> (L.) E.H.L. Krause	I		MEC CA
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i> L.	EX		PCA CA
Rubiaceae	<i>Borreria suaveolens</i> G. Mey.	N		MEC CA

				PCA CA
	<i>Diodia teres</i> Walter	N		MEC CA
	<i>Hedyotis rubra</i> A. Gray	N		MEC CA
Scrophulariaceae	<i>Mecardonia procumbens</i> (Mill.) Small	N		PCA CA
Solanaceae	<i>Datura inoxia</i> Mill.	N	M / T	MEC CA
	<i>Nicotiana obtusifolia</i> M. Martens & Galeotti	N		MEC CA
	<i>Physalis angulata</i> L.	N		PCA CA
	<i>Physalis nicandroides</i> Schltld.	N		MEC CA
				PCA CA
	<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	N	M / C	MEC CA
	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	N		MEC CA
				PCA CA
	<i>Solanum rostratum</i> Dunal	N		MEC CA
				PCA CA
Verbenaceae	<i>Glandularia bipinnatifida</i> (Nutt.) Nutt.	N	M	MEC CA
	<i>Verbena bracteata</i> Lag. & Rodr.	N		PCA CA
	<i>Verbena canescens</i> Kunth	N		MEC CA
	<i>Verbena gracilis</i> Desf.	N		MEC CA