

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL ZACATAL GIPSÓFILO  
EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO

Tesis

Que presenta LETICIA CASTILLO BALCAZAR

como requisito parcial para obtener el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

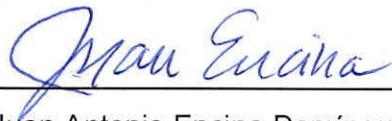
Torreón, Coahuila

Julio, 2023

COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL ZACATAL GIPSÓFILO  
EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO

Tesis

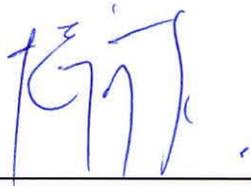
Elaborado por LETICIA CASTILLO BALCAZAR como requisito parcial para  
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la  
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Juan Antonio Encina Domínguez  
Director de tesis



Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque  
Asesor



Dr. José Eduardo García Martínez  
Asesor



Dr. Perpetuo Álvarez Vásquez  
Asesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno  
Jefe del departamento de Postgrado



Dr. Antonio Flores Navela  
Subdirector de postgrado

## Agradecimientos

A mi Alma Mater, que una vez más me brindo la oportunidad de concluir este logro.

De manera especial expreso mi más sincero agradecimiento al **Dr. Juan Antonio Encina Domínguez**, por aceptar dirigir el proceso de esta tesis. Por compartir su experiencia y conocimiento, animarme a superarme constantemente quien además de contribuir a la formación de la presente investigación me demostró un estilo de trabajo cooperativo, profesional y humano que representa un modelo a seguir.

Al **Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque** por su confianza y apoyar la realización este trabajo y guiarme en los pasos necesarios. Su generosidad y ayuda permanentemente han sido un gran apoyo durante la realización de la presente tesis.

Al **Dr. José Eduardo García Martínez** por su valioso apoyo y siempre oportunas e inteligentes observaciones en la revisión, corrección y sugerencias para la mejoría de esta tesis.

Al **Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez** por ser un excelente profesor, una excelente guía y por sus consejos. Quien con la sabiduría de sus valiosos conocimientos me ayudaron a crecer de manera profesional

Al **M.C Eber G. Chávez Lugo** por sus observaciones en la revisión, corrección y sugerencias para la mejoría de esta tesis.

Al CONACYT por el apoyo económico para poder realizar mis estudios de posgrado.

A todos los que no están en esta línea y contribuyeron a que este proyecto se realizara exitosamente, especialmente aquellas personas que me abrieron sus puertas y compartieron su conocimiento.

*A mi madre*

**Hilaria Balcazar Escobar**

## Índice general

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Presencia de suelos yesosos en el noreste de México .....	3
2.2 Especies de plantas gipsófilas en el Desierto Chihuahuense.....	4
2.3 Comunidades vegetales y riqueza florística en el estado de Coahuila .....	5
2.4 Zacatal .....	7
2.5 Especies de Plantas Endémicas del estado de Coahuila .....	8
2.6 Degradación del zacatal por efecto del sobrepastoreo .....	9
2.7 Conservación de los zacatales en el norte de México .....	10
2.8 Especies ruderales en el zacatal.....	11
2.9 Estudios florísticos sobre la flora y vegetación gipsófila en México.....	11
2.10 Diversidad .....	13
2.11 Riqueza.....	13
3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1 Localización y selección del área de estudio.....	15
3.2 Determinación del área de estudio .....	16
3.3 Diseño de muestreo .....	17
3.4 Metodología para muestreo de vegetación .....	18
3.5 Cálculos derivados de la medición de la vegetación.....	19
3.6 Cálculo de los atributos de la vegetación por especie.....	19
3.7 Estimación de la diversidad vegetal de las comunidades estudiadas.....	20
4 RESULTADOS .....	22
4.1 Composición y riqueza florística .....	22
4.2 Aspectos estructurales del estrato arbustivo y herbáceo en el zacatal estudiado .....	23
4.3 Índices de Diversidad y Riqueza de especies .....	26
5 DISCUSIÓN .....	27
5.1 Composición y riqueza florística .....	27

5.2 Aspectos estructurales del estrato arbustivo y herbáceo en el zacatal estudiado .....	28
6 CONCLUSIONES.....	29
LITERATURA CITADA .....	30
Anexos.....	40
1. Flora registrada en los 36 sitios de muestreo en el zacatal gipsófilo del sureste de Coahuila. .....	40
2. Memoria fotográfica .....	45
3. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo .....	48

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b>	Tipos de suelo en el área de estudio.....	16
<b>Figura 2.</b>	Tipos de vegetación en el área de estudio .....	16
<b>Figura 3.</b>	Localización del área de estudio. ....	17
<b>Figura 4.</b>	Distribución sistemática de las estaciones que integran un sitio de muestreo.....	19
<b>Figura 5.</b>	Zacatal de <i>Muhlenbergia villiflora</i> y <i>Bouteloua chasei</i> . ....	22
<b>Figura 6.</b>	Familias con mayor riqueza de géneros y especies en el área de estudio .....	23

## Lista de cuadros

<b>Cuadro 1.</b>	Tipos de vegetación y comunidades presentes en Coahuila. ....	5
<b>Cuadro 2.</b>	Atributos estructurales del estrato arbustivo y herbáceo del zacatal gipsófilo .....	25
<b>Cuadro 3.</b>	Índices de diversidad, equitatividad y dominancia del zacatal.....	26

## **RESUMEN**

Composición, estructura y diversidad del zacatal gipsófilo en el sureste de  
Coahuila, México

**LETICIA CASTILLO BALCAZAR**

Presentada como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias en  
Producción Agropecuaria

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dr. Juan Antonio Encina Domínguez

Director de Tesis

Para conocer la diversidad de especies vegetales del zacatal gipsófilo en el sureste de Coahuila se establecieron 36 sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup>, para arbustivas y herbáceas en 1 m<sup>2</sup>, para cada estrato se tomaron altura y cobertura de los individuos. Se obtuvo densidad, cobertura, frecuencia y el valor de importancia relativa (VIR) por especie, así como el índice de Shannon-Wiener. Se realizaron 233 colectas de material botánico que se incluyeron en el herbario ANSM. De manera complementaria se realizó revisión de inventarios florísticos adyacentes al área de estudio. Se registraron 33 familias, 76 géneros y 100 especies de plantas vasculares. Las familias con mayor número de géneros y especies, Asteraceae (19/20), son Poaceae (13/23), Fabaceae (4/5) y Cactaceae (3/6) respectivamente. Los géneros con mayor registro de especies son *Aristida*, *Bouteloua* y *Muhlenbergia* con 4 especies cada una. Se identificaron 7 especies endémicas del sureste de Coahuila y al zacatal gipsófilo. Las especies de mayor valor de importancia relativa (VIR) y por ello las dominantes en la estructura y

fisonomía para el estrato arbustivo son: *Larrea tridentata* (32.07 %), *Flourensia cernua* (16.87 %), *Parthenium incanum* (12.65 %). Para el estrato herbáceo son *Bouteloua chasei* (10.60 %), *Dicranocarpus parviflorus* (6.63 %), *Muhlenbergia villiflora* (6.57 %). Los valores de Shannon-Wiener para el estrato arbustivo fue de 2.03 nats y 3.29 nats para el estrato herbáceo. El suelo yesoso propicia una vegetación especial, lo que da lugar a las especies endémicas las cuales requieren de un programa de conservación para su manejo.

**Palabras clave:** *Especie endémica, Especies gipsófilas, Suelo yesoso.*

## ABSTRACT

### COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL ZACATAL GIPSÓFILO EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO

**LETICIA CASTILLO BALCAZAR**

Presented as a partial requirement to obtain the degree of: Master of Science in  
Agropecuarian Production

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dr. Juan Antonio Encina Domínguez  
Thesis's Director

In order to know the diversity of plant species of the gypsophile zacatal in the southeast of Coahuila, 36 sampling sites of 100 m<sup>2</sup> were established, for shrubs and herbaceous plants in 1 m<sup>2</sup>, for each stratum height and cover of the individuals were taken. Density, coverage, frequency and the relative importance value (VIR) by species were obtained, as well as the Shannon-Wiener index. 233 collections of botanical material were made and included in the ANSM herbarium. In a complementary way, a review of floristic inventories adjacent to the study area was carried out. 33 families, 76 genera and 100 species of vascular plants were recorded. The families with the highest number of genera and species, Asteraceae (19/20), are Poaceae (13/23), Fabaceae (4/5) and Cactaceae (3/6) respectively. The genera with the highest record of species are *Aristida*, *Bouteloua* and *Muhlenbergia* with 4 species each. Seven endemic species of southeastern Coahuila and the gypsophile grass were identified. The species with the highest value of relative importance (VIR) and therefore the dominant ones in the structure and physiognomy for the shrub layer are: *Larrea tridentata* (32.07

%), *Flourensia cernua* (16.87 %), *Parthenium incanum* (12.65 %). For the herbaceous stratum they are *Bouteloua chasei* (10.60 %), *Dicranocarpus parviflorus* (6.63 %), *Muhlenbergia villiflora* (6.57 %). The Shannon-Wiener values for the shrub layer were 2.03 nats and 3.29 nats for the herbaceous layer. The chalky soil favors a special vegetation, which gives rise to endemic species which require a conservation program for their management.

**Keywords:** *Chalky soil, Endemic species. Gypsophile species.*

## 1 INTRODUCCIÓN

El zacatal es una comunidad donde dominan las gramíneas en su composición florística así como en su fisonomía (Rzedowski, 2006) Debido a su extensión menor a los 400 km<sup>2</sup>, los zacatales albergan especies endémicas y brindan hábitat a *Cynomis mexicanus*, se considera que poseen una valiosa riqueza biológica con características destacables, como la presencia de biodiversidad y especies endémicas de importantes para la conservación (Estrada-Castillon *et al.* 2010). El término “gipsófila” se refiere a las plantas que con crecimiento en sustratos yesosos (Mota *et al.*, 2009) y que se adaptaron de forma fisiológica, fenológica y morfológica (Mota *et al.*, 2016, Pérez-García *et al.*, 2017).

Las exposiciones de yeso y los suelos yesosos tienen una cobertura de 100 millones de hectáreas a nivel mundial, en regiones áridas y semiáridas (Eswaran y Gong, 1991; Verheye y Boyadgiev, 1997; Herrero y Porta, 2000; Herrero, 2004;). En el Desierto Chihuahuense, en México las zonas yesosas se presentan en los estados del norte a excepción la península de baja california (Turner y Power 1979). Rzedowski (2006) menciona que el zacatal gipsófilo es una comunidad vegetal que se localiza en San Luis Potosí, Chihuahua, Nuevo León y Coahuila.

Las características físicas de los suelos de yeso (gypsisols) varían dependiendo de su origen y clima local (Mota *et al.*, 2011). De acuerdo con el listado florístico de Johnston (1941) en su trabajo “Gipsofilia entre las plantas del desierto mexicano” menciona 38 especies en el Altiplano Mexicano. Por su parte Alexander *et al.*, (2014) menciona que esta vegetación alberga más de 200 especies de gipsófilas en 35 familias. Es una comunidad vegetal rica en especies endémicas a los suelos yesosos (Villarreal y Valdés, 1992-1993) como *Muhlenbergia purpusii* y *Bouteloua chasei* (Rzedowski, 1955).

Un criterio para considerar si una especie es gipsófila definir si existe una estrategia adaptativa que se pueda vincular a la gipsófilia y determinar en qué consiste (Mota, 2011). Moore *et al.*, (2014) establecen que cada una de las floras

gipsófilas evolucionaron de forma independiente, extrayendo sus taxones constituyentes de linajes de plantas locales, el Desierto Chihuahuense tiene la flora de gipsófilas más grande del mundo, con centros de diversidad en la misma región y es un banco de pruebas importante para estudios.

Los estados con mayor número de sitios con suelos yesosos registrados son Nuevo León y Coahuila. Además, existen otros sitios en Chihuahua en matorrales o pastizales xerófilos e incluso en dunas de yeso, como las de la cuenca de Cuatro Ciénegas (Ortiz-Brunel *et al.*, 2023). La presencia de pequeños roedores beneficia terrenos yesosos, y pueden observarse múltiples de montículos de sustrato hechos por estos animales. Esta cita constituye una excelente descripción de los hábitats en donde se encontró *Bouteloua chasei* (Reeder y Reeder, 1969). La diversidad de características físicas de los yesos, junto con los diferentes relieves y climas, promueve el desarrollo de muchos tipos de vegetación en yesos (Rubio *et al.*, 2000).

En México, el aprovechamiento de los zacatales no es óptimo debido a que no existe un programa de manejo, lo que ocasiona su pérdida y propicia la invasión de especies no deseables (Valdés-Reyna, 1999). Los zacatales de Coahuila han sido degradados en las últimas décadas debido a la urbanización, agricultura y minería, esto ha provocado la pérdida de biodiversidad y problemas de erosión del suelo. Para el presente estudio se planteó el objetivo de determinar la composición y los atributos de la vegetación de las especies del zacatal gipsófilo, el cual está determinado por endemismos propios del área, por ello es necesario proponer acciones y garantizar su conservación.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Presencia de suelos yesosos en el noreste de México

El sulfato de calcio pentahidratado conocido como yeso es una evaporita que se encuentra en regiones templadas y áridas con baja precipitación. Éste se obtiene de lluvia con presencia iones sulfato y calcio y por la evaporación de las soluciones que contienen estos iones durante el proceso de salinización de los suelos; por el movimiento de placas tectónicas queda expuesto, de forma hidratada o anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) (Turner y Powell., 1979).

Johnston (1941) menciona que los terrenos con presencia de yeso presenta un suelo blanquecino, cretoso y friable. Al ser golpeado, normalmente, se escucha hueco. Estos suelos poseen conductos subterráneos donde circula el agua de lluvia, lo que los hace frágiles y propensos a derrumbes y hundimientos.

Los depósitos de yeso se forman a lo largo de los años por la evaporación de mares antiguos, que por procesos geológicos quedaron aislados en valles y colinas o formando dunas desde el tiempo del terciario (Valdés-Reyna, 2015). Este tipo de suelo es relevante en las clasificaciones de los suelos por su amplia extensión en regiones áridas y semiáridas del norte de México, y su presencia en grandes cantidades limita el aprovechamiento del área, principalmente en actividades agrícolas y de ingeniería civil (Stoops *et al.*, 1981).

Al conocer la composición mineral del suelo ayuda a conocer las relaciones del proceso de su formación entre ellos y con el material disponible a su alrededor, y así conocer su formación y los aspectos productivos (FAO, 1990).

Los suelos yesosos se distribuyen alrededor a nivel mundial (Horton *et al.*, 2015; Pérez-García *et al.*, 2017). Sin embargo, está fuertemente relacionado con ambientes áridos y semiáridos (Pérez-García *et al.*, 2017).

Dentro de Desierto Chihuahuense, el suelo yesoso, está presente en grandes superficies, en el fondo de valles o en bolsones y/o en cuencas endorreicas y

también llegando a formar dunas y lomeríos (González-Medrano, 2012), por ejemplo el Altiplano Potosino con una superficie de 96 000 ha (CETENAL, 1972). El uso de suelo en estas regiones es la ganadería extensiva y la agricultura, actividades de importancia en el sector económico y ambiental. No obstante, el alto contenido de yeso exige un manejo diferenciado, lo cual requiere conocer su ubicación y extensión ([Martínez et al., 2005](#)).

La mayoría de los depósitos principales de yeso en el desierto chihuahuense se encuentran en Nuevo México y Texas, especificados por (Waterfall, 1946). Johnston (1941) menciona que los sitios de yeso del Desierto Chihuahuense en México se localizan en Nuevo León, entre Monclova y Monterrey y la vecindad de san Roberto; en San Luis Potosí, vecindad de Matehuala y de Huizache; en norte de Zacatecas, en la vecindad de Sierra Hermosa y Concepción del Oro; en Coahuila entre San Pedro y Cuatro Ciénegas; y en Coahuila y Chihuahua, muchos sitios generalmente se encuentran al norte de Torreón y al este de la Ciudad de Chihuahua.

## **2.2 Especies de plantas gipsófilas en el Desierto Chihuahuense**

Las plantas adaptadas a suelos yesosos o gipsisóles se les conoce como gipsófilas y se ha realizado poca investigación sobre como el yeso es un factor edáfico en procesos de distribución y especiación ([Turner et al., 1979](#)). Estas plantas forman un tipo de vegetación con una estrategia diferente, las gipsófilas componen un aflora antigua adaptada a regiones áridas con menor competencia (Mota J. F., 2011).

Las plantas funcionan como un indicador de yeso en el sustrato, Johnston (1941), Waterfall (1946) destacaron la especificidad de ciertas especies a suelos yesosos. Johnston (1941) así como Turner y Powell (1979), mencionan que en especiación el sustrato con yeso es un factor decisivo, causando flóruas gipsófilas, las cuales poseen un grado alto de endemismo (Turner y Powell, 1979;

Rzedowski, 2006;), mientras que Escudero *et al.*, (2015) menciona que la vegetación gipsófila está influenciada por la existencia de suelos con yeso y escasa precipitación de manera simultánea, es decir, la presencia de yeso no garantiza el desarrollo de este tipo de vegetación.

El yeso es un ambiente estresante que impone severas restricciones a las plantas, donde los taxones se restringen a este tipo de sustrato, con procesos ecofisiológicos únicos, algunos de ellos endémicos de una región o incluso especies rigurosamente distribuidas localmente (Mota Poveda *et al.*, 2016).

Johnston (1941) clasificó a las gipsófitas en facultativas y obligadas. Las facultativas son aquellas que toleran el yeso, cuya distribución típica es en suelos libres de yeso pero se pueden encontrar ejemplares en zonas aledañas con sustrato mezclado con yeso, sin afectación por diferencias del sustrato. Las obligadas dependen del yeso y nunca crecerán alejadas de suelos yesosos. Posteriormente, Turner y Powell (1979) mencionan un tercer grupo de gipsófitas con especies afines al yeso, y pueden encontrarse en sustratos yesosos, mezclados o puros.

### 2.3 Comunidades vegetales y riqueza florística en el estado de Coahuila

En Coahuila hay seis tipos de vegetación, la dominante es el matorral xerófilo (Rzedowski, 2006), Encina-Domínguez y colaboradores (2018) mencionan que su distribución estatal corresponde al 82 % de la superficie. En el cuadro 1. se lista los tipos de vegetación que Villarreal y Valdés (1992-1993) mencionan para el estado.

**Cuadro 1.** Tipos de vegetación y comunidades presentes en Coahuila.

Tipo de vegetación	Comunidad vegetal	Provincia florística	Equivalencia clasificación de Rzedowski (1978)
Matorral desértico Chihuahuense	Matorral roseto filo	Altiplanicie	Matorral xerófilo
	Matorral microfilo		

	Izotal		
	Matorral halófilo y hipsofilo		
Matorral submontano	Matorral submontano	Sierra Madre Oriental	Matorral xerófilo
Matorral tamaulipeco	Matorral tamaulipeco	Planicie Costera del Noreste	Matorral xerófilo
Bosque de montaña	Bosque de encino	Sierra Madre Oriental	Bosque de <i>Quercus</i>
	Bosque de pino		Bosque de coníferas
	Bosque de oyamel		Bosque de coníferas
	Vegetación alpina y subalpina		
Zacatal	Zacatal mediano abierto	Todas las provincias	Pastizal
	Zacatal amacollado		
	Zacatal halófilo y gipsófilo		
Vegetación ribereña, acuática y subacuática	Vegetación ribereña, acuática y subacuática	Planicie Costera del Noreste	Vegetación acuática y subacuática

Fuente: Villarreal y Valdés 1992-1993.

Cantú-Ayala *et al.* (2011) mencionan que en Coahuila 83% de su superficie presenta vegetación natural primaria; destaca tres comunidades vegetales: matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo y matorral espinoso tamaulipeco, que en conjunto ocupan el 63.5% del territorio y 77% del total de vegetación primaria.

La vegetación comprende comunidades vegetales que se presentan en los ambientes más xéricos, siendo estos, el matorral desértico microfilo, matorral desértico rosetófilo y en menor superficie el matorral halófilo y gipsófilo, por su parte los zacatales ocupan el 5.68% (Anónimo, 2002).

Villarreal-Quintanilla (2001) menciona que Coahuila está integrado por 3,207 especies de flora. Agrupadas en 147 familias, las que tienen la mayor riqueza son: Asteraceae (523), Poaceae (331), Fabaceae (223), Cactácea (169) y Euphorbiaceae (109).

## 2.4 Zacatal

Esta vegetación pertenece a las comunidades dominadas por gramíneas (Rzedowski, 2006). La familia Poaceae (Gramineae), está distribuida a nivel mundial, y es una de las diversas con alrededor de 11,000 especies (Watson y Dallwitz, 1992). De igual manera, las gramíneas es un grupo de importancia en términos de producción agrícola, y desde el punto de vista económico la utilización como forraje para el ganado (Valdés-Reyna 2015).

Watson y Dallwitz (1992) mencionan que este tipo de vegetación se desarrolla en valles con suelos profundos, entre los 800 y 2 500 m de altitud con altura media de 20 a 70 cm. Aunque también pueden ser menor de 5 a 13 cm (Ceballos *et al.*, 1993) en sustrato salino y alcalino, con clima árido y semiárido, con superficie cercana a la costra, en regiones aledañas al mar como lagunas costeras y en suelos volcánicos (Rzedowski, 2006).

Los pastizales del Desierto Chihuahuense son de importancia ecológica por los recursos faunísticos e hidrológicos que ayudan en desarrollo de actividades económicas como la ganadería o actividades recreativas como la observación de aves (Abbott, 2016).

El pastizal natural se encuentra dentro del Altiplano mexicano, en estados como Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, Sonora, Jalisco, Michoacán; Guanajuato, (Rzedowski, 2006). En Coahuila cuenta tiene una superficie de 447 711 ha, 298 413 ha son de pastizal halófilo y 9 105 ha de pastizal gipsófilo y 172 790 ha de pastizal inducido (INEGI 2014). Los pastizales de Coahuila brindan servicios ambientales como es la captura de carbono para mitigar el calentamiento global y mantener la biodiversidad. Al ser hábitat de *Cynomys mexicanus* se recomiendan como sitios prioritarios para conservación (Cruz-Angón *et al.*, 2019).

La comunidad más característica se presenta en una serie de valles y planicies del sureste del estado, se trata de un zacatal mediano abierto en asociación con plantas xerófilas; las gramíneas dominantes son: *Aristida divaricata*, *Bouteloua*

*gracilis*, *B. curtipendula* y *B. dactyloides*, con arbustos dispersos de *Cylindropuntia imbricata*, *Flourensia cernua*, *Opuntia rastrera*, *Larrea tridentata*, *Prosopis glandulosa* y *Yucca carnerosana* y (Valdés-Reyna, 2015).

En algunas áreas con vegetación gipsófila del centro y sur del estado se presenta el zacatal gipsófilo, donde son frecuentes especies como: *Achnatherum editorum*, *Bouteloua chasei*, *Muhlenbergia arenicola*, *M. gypsofila*, *M. villiflora*, y *Scleropogon brevifolius* (Valdés-Reyna, 2015) los pastizales gipsófilos se encuentran en su mayoría al sur de Coahuila (Cruz-Angón *et al.*, 2019).

## **2.5 Especies de Plantas Endémicas del estado de Coahuila**

El estado de Coahuila presenta una gran variedad de condiciones fisiográficas, climáticas y edáficas lo que favorece una gran diversidad de vegetación (Villarreal, 2001) además está incluido en su mayoría al Desierto Chihuahuense y le contribuye más que otro estado en número de especies endémicas Henrickson y Johnston (inédito). Según Villaseñor *et al.* (1998), un grupo taxonómico se considera endémico de un área si todas las poblaciones se encuentran restringidas a esa misma región, aunque esta área puede ser variable.

Se observan frecuentemente endemismos a nivel de especie en regiones templadas y subhúmedas, así como en zonas áridas y semiáridas (Rzedowski, 1991a).

Coahuila cuenta con diversas características de relieve, clima y de suelos que han propiciado una diversidad resaltable en tipos de vegetación y una estimación de la flora con alrededor de 3,100 especies y otras categorías taxonómicas infraespecíficas de plantas vasculares (Villarreal-Quintanilla, 2001).

Se mencionan especies propias de la vegetación gipsófila y de los pastizales del norte de México, Rzedowski, (1991a) menciona que, en las regiones templadas, subhúmedas y áridas, se presentan con frecuencia endemismos, especialmente

a nivel de especies. La zona de Coahuila en su concepto de Megacoahuila destaca por su abundancia de endemismos locales en su flora, abarcando casi el 12% de su distribución. Por tanto, es un área valiosa para llevar a cabo medidas conservacionistas significativas. (Villarreal y Encina, 2005), siendo Cuatro Ciénegas el más sobresaliente (58 especies).

La riqueza de especies de flora vascular para especies endémicas al estado de Coahuila equivale a 11.2% del total de la flora nativa estimada consta de 350 especies y taxa infraespecíficos. (Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez, 2005).

Johnston (1941) y Rzedowski (1991b) señalan que Dentro de los tipos de plantas endémicas que se relacionan con las características del suelo, se encuentran las gipsófitas que tienen un largo proceso evolutivo y suelen concentrarse en zonas que sirvieron como refugio durante las épocas de cambios climáticos de los periodos Terciario y Cuaternario..

Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez (2005), en su estudio de plantas vasculares endémicas de Coahuila mencionan que para el zacatal se presentan 7 taxa endémicos en el estado de Coahuila.

## **2.6 Degradación del zacatal por efecto del sobrepastoreo**

La degradación de un pastizal se observa cuando su productividad es reducida por la alteración en la composición de su vegetación, con un aumento de la presencia de plantas indeseables (Vázquez y Encina-Domínguez, 2020). Su estudio a nivel mundial se considera importante (Holzer y Kriechbaun, 2001) principalmente en América Latina y es derivado de múltiples factores ambientales y socioeconómicos como topografía, clima y sistemas de producción agropecuarios (Bourman *et al.*, 1999). El factor dominante son las actividades humanas, especialmente la transformación de áreas con vegetación en potreros ganaderos o parcelas agrícolas (SEMARNAT, 2009).

La agricultura se reconoce como responsable de alteraciones del suelo en los pastizales, mientras que el sobrepastoreo afecta negativamente a los pastizales mediante la introducción de altas cargas de ganado, lo cual compacta el suelo, aumenta la exposición de áreas sin vegetación y promueve la escorrentía del agua, arrastrando partículas del suelo (Márquez *et al.*, 2009).

De acuerdo con COTECOCA (2004), la ganadería se lleva a cabo en la mayoría del país, cubriendo una extensión de 109 millones de hectáreas, lo que equivale al 56% del área total de México.

De acuerdo con el informe de SEMARNAT (2009), se estima que el sobrepastoreo afecta aproximadamente a 47 millones de hectáreas, lo que equivale al 24% de la superficie total del país (43% de la superficie destinada a la ganadería). Según el estudio de Ramírez *et al.* (2001), en la región del Noreste de México se ha observado que los animales en pastoreo se alimentan de una amplia gama de plantas, principalmente de especies de zacates nativos (Vázquez y Encina-Domínguez, 2020).

## **2.7 Conservación de los zacatales en el norte de México**

Según el informe de SEMARNAT (2009), aproximadamente el 95% de los pastizales semiáridos en México sufren de sobrepastoreo y son considerados como ecosistemas con menor conservación (Coupland, (1979; CONABIO, 1998).

Una de las actividades para proteger este tipo de ecosistema es la creación de la Estrategia para la Conservación de los Pastizales del Desierto Chihuahuense, con la participación de los estados de la región, donde se plantean los principios para la conservación y el uso sostenible de los pastizales (Diario Oficial, 2009).

Otra medida implementada es la creación de la Reserva de la Biosfera Janos (RBJ), al noroeste del estado de Chihuahua, mediante un decreto del gobierno federal. Esta reserva abarca una superficie de 526,482 hectáreas, de las cuales

el 41.56% corresponde a pastizales naturales que se conservan en su estado original (Diario Oficial, 2009).

En esta región se ha logrado con éxito la conservación de los pastizales, considerándola como una ANP representativa del ecosistema. Además, asegura una conexión con los pastizales de Norteamérica. La RBJ alberga una alta biodiversidad por la relación biogeográfica entre la ecorregión del Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental. La combinación de bosques templados y pastizales en esta área es parte de un continuo de pastizales semiáridos presentes en Nuevo México, Arizona, Texas y Chihuahua y alberga un mosaico de especies prioritarias.

## **2.8 Especies ruderales en el zacatal**

Los cambios en el ambiente, procesos ecológicos y de evolución tiene un efecto en la composición de la flora en diversas comunidades vegetales, como las malezas (Mortimer, 2003; Poggio, 2012). A nivel de escalas ecológicas de tiempo, se distinguen la pre-adaptación y la inmigración de las especies no nativas a hábitats desocupados (Mortimer, 2003) o compitiendo lo que provoca desplazamiento de especies nativas y beneficia la aparición de especies ruderales (Firbank *et al.*, 1990; Ghersa & Holt 1995). Por la perturbación humana las malezas podrían ser más abundantes y llegar a reemplazar algunas especies nativas (Baruch *et al.*, 1989).

## **2.9 Estudios florísticos sobre la flora y vegetación gipsófila en México**

Carabias, *et al* (1999) realizan el programa de manejo del área de protección de flora y fauna Cuatro Ciénegas donde presentan un listado florístico de las especies en el ANP además de la caracterización de las zonas de vegetación.

Sánchez del Pino (1999) hace la descripción con claves de especies y géneros de la familia Amaranthaceae, revisó los herbarios CHAPA, ENGB Y MEXU. Recopilo monografías, revisiones y tratamientos florísticos, datos de floración y fructificación, hábitat y nombres vulgares.

Estrada-Castillón *et al*, (2010) clasificaron 39 zonas con pastizal halófilo al noreste de México, se identificaron 53 familias, 174 géneros y 284 especies de plantas vasculares, de las cuales 17 son endémicas. Además, se observó que las malezas eran dominantes sobre las endémicas y que la maquinaria agrícola es el principal motivo de la degradación del pastizal. Se estima que el pastizal del noreste de México tuvo una reducción de 71.5% en su distribución hasta el año 2007.

Ochoterena *et al* (2020) reportaron 297 especies en 187 géneros y 60 familias de plantas vasculares de los suelos yesosos en el municipio de Cuatro Ciénegas, 31 especies son gipsófilas, cinco son halogypsófilas y tres son ya sea gipsófilos o halogypsófilos; 15 son endémicas del municipio. Utilizo técnicas de teledetección para revelar afloramientos de yeso no explorado botánicamente y presenta una lista de verificación de las especies de plantas vasculares que se presentan en los afloramientos de yeso dentro de Cuatro Ciénegas.

Torres-Alba (2020) elaboró un listado florístico de gipsófilas en el desierto Chihuahuense, en municipios de Nuevo León y realizó un mapa con posibles afloramientos de yeso en distintas zonas.

Ortiz-Brunel *et al* (2023) registró los centros de endemismo de especies gipsófilas en México utilizo el índice de endemismo ponderado corregido (CWE) y estableció que los sitios más colectados son Cuatro Ciénegas (Coahuila) y Santo Domingo Tonalá (Oaxaca) menciona que México alberga la flora más diversa del mundo.

## 2.10 Diversidad

El término biodiversidad fue introducida a finales de la década de 1980 y significa diversidad o variedad biológica. Es el producto de un proceso evolutivo complejo e irrepetible que va más allá del ámbito de estudio general de la Ecología. Moreno (2011) menciona de esta manera se puede diferenciar entre diversidad y biodiversidad, estos patrones son derivados de factores ecológicos generados por procesos impredecibles, con procesos que se detectan a escala espacial local o regional (Moreno, 2001).

Desde los niveles de los ecosistemas hasta las poblaciones y los genes, se observa una diversidad y una interconexión entre los diferentes niveles de organización de la vida. Es posible que una especie determinada tenga poblaciones en diferentes ecosistemas o comunidades, incluso en aquellos considerados similares. (Moreno, 2001).

## 2.11 Riqueza

La medida más frecuentemente utilizada es el número de especies por diferentes razones (Gaston, 1996; Moreno, 2000): Primero, la riqueza de especies refleja diferentes aspectos de la biodiversidad. Segundo, aunque el concepto de especie se puede definir de diferentes manera, su significado es fácilmente comprendido (Aguilera y Silva, 1997). En tercer lugar las especies son fáciles de detectar y cuantificar, al menos en algunos grupos. Y cuarto, Aunque no se dispone de un conocimiento taxonómico completo (especialmente en grupos como hongos, insectos y otros invertebrados en regiones tropicales), hay una gran cantidad de datos disponibles sobre la cantidad de especies existentes (Mayr, 1992).

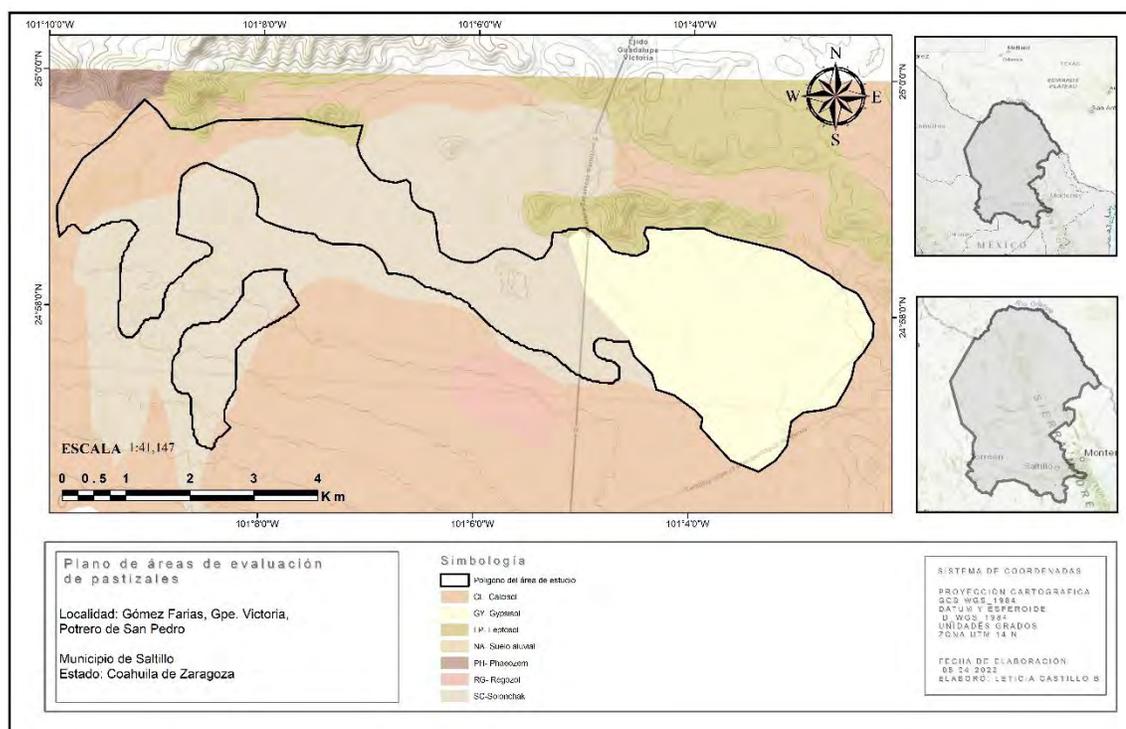
Soberón y Llorente (1993) describen que la riqueza de un lugar se estima como el valor en el cual una curva de acumulación de especies alcanza su punto de estabilización máximo.

Whittaker (1972) propone el concepto de diversidad gamma como “la cantidad total de especies en un conjunto de hábitats, como un paisaje, un área geográfica o una isla”. Esta diversidad gamma es el resultado de la combinación de la diversidad puntual de un sitio o también llamada alfa y el grado de recambio existente entre ellas, conocido como diversidad beta. Para comprender mejor la diversidad alfa, es importante realizar una definición más precisa del aspecto biológico que se desea describir. Esto puede incluir el número de especies presentes en una comunidad (riqueza) o la estructura de la comunidad en términos de dominancia, equidad o la combinación de riqueza y equidad.

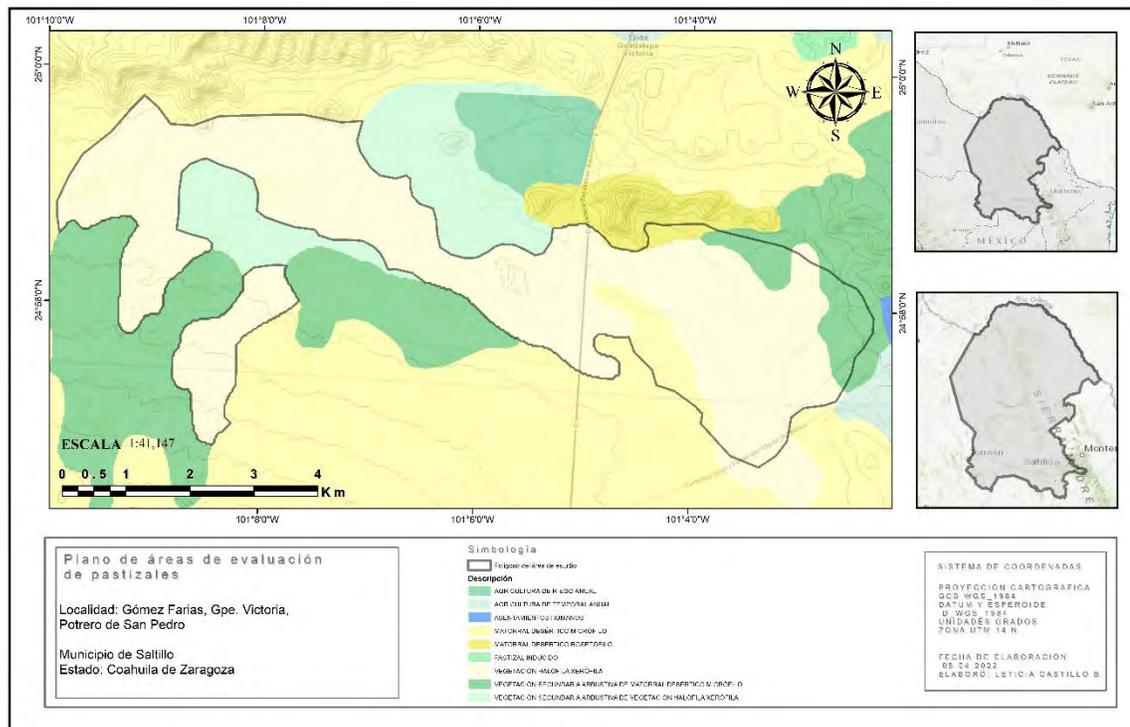
### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización y selección del área de estudio

El área de estudio se localiza en el suroeste del estado de Coahuila en el ejido congregación Nuevo Gómez Farías, Guadalupe victoria y Potrero de San Pedro, abarca 740.95 ha. Los suelos son yesosos, y con vegetación gipsófila. Se ubica Entre las coordenadas 24°56'y 25°0'N latitud y de longitud entre 101°10' y 101°02'W con una altitud media de 1990 m. El clima es semiseco-templado BS1 kw(x') con lluvias de 350 mm anuales, las cuales se presentan de forma torrencial en verano e invierno frío. La temperatura media anual es de 12 a 18° C' (INEGI, 1981a). Los suelos dominantes son Gy-Gypsisol, Sc-Solonchak y Cl-Calcisol (Figura 1). De acuerdo a la serie IV del INEGI la vegetación es halófila xerófila, matorral desértico micrófilo y rosetófilo (Figura 2). En zacatal gipsófilo se localiza en el sureste de Coahuila, en altitudes de 1921 m a 1874 m.



**Figura 1.** Tipos de suelo en el área de estudio



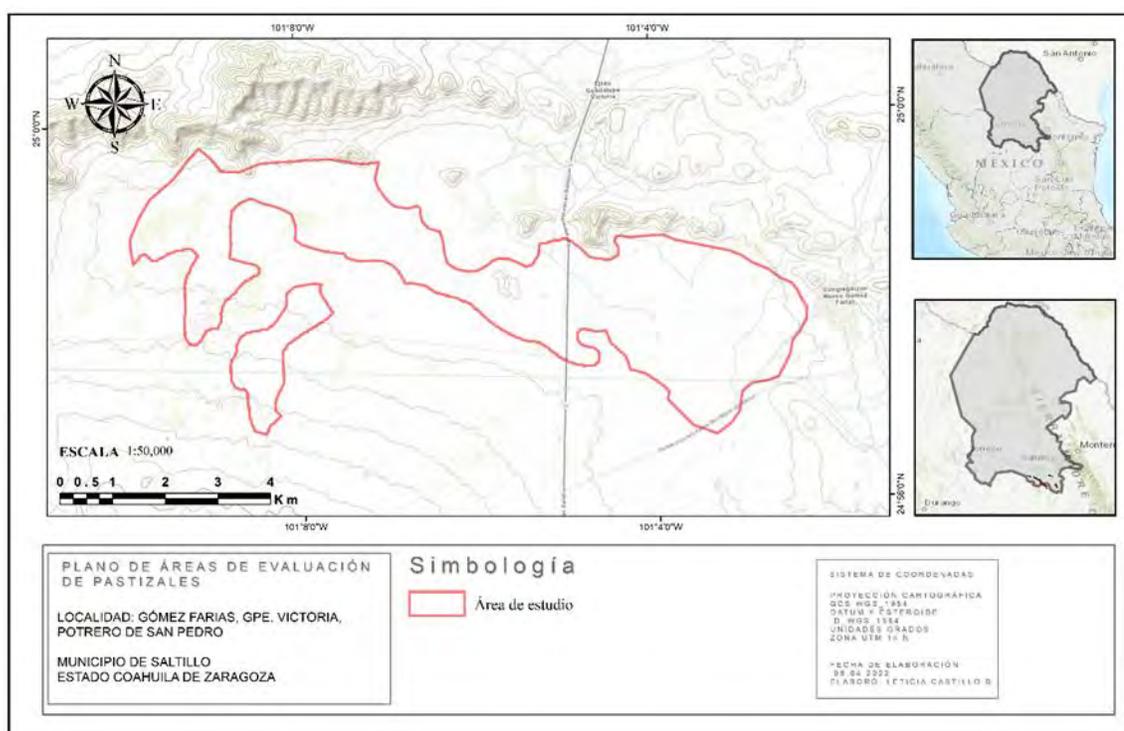
**Figura 2.** Tipos de vegetación en el área de estudio

El área fue seleccionada con base a mapas topográficos y de uso de suelo, según la cercanía de las áreas con vegetación gipsófila y de suelos con características de yeso, dentro del área correspondiente a los ejidos Guadalupe Victoria y Gómez Farías.

### 3.2 Determinación del área de estudio

Se descargó el archivo vectorial de uso de suelo y vegetación del INEGI en escala 1:250 000 de la serie VII. En el programa ArcMap 10.5 ESRI se extrajo la capa de pastizal gipsófilo que posteriormente se visualizó en la base de mapas que permitió diferenciar los afloramientos de yeso del desierto Chihuahuense,

principalmente del sur de Saltillo, Coahuila. Se trazó un polígono en el mismo programa que posteriormente se exportó como archivo. kml e importó a su vez en ArcMap con formato Shape para la elaboración de un mapa donde se identificó el área de suelo yesoso y área de estudio (Figura 3). Se establecieron 36 sitios de muestreo en el mapa según la vegetación satelital visible.



**Figura 3.** Localización del área de estudio.

### 3.3 Diseño de muestreo

De acuerdo con Mostacedo (2000) el tipo de muestreo más sencillo de realizar es el aleatorio y se utiliza cuando el conocimiento del área donde se pretende realizar el estudio es escaso

De igual manera se utilizó el método de cuadrantes el cual, es una de las formas más comunes de para muestrear vegetación, al realizar muestreos homogéneos

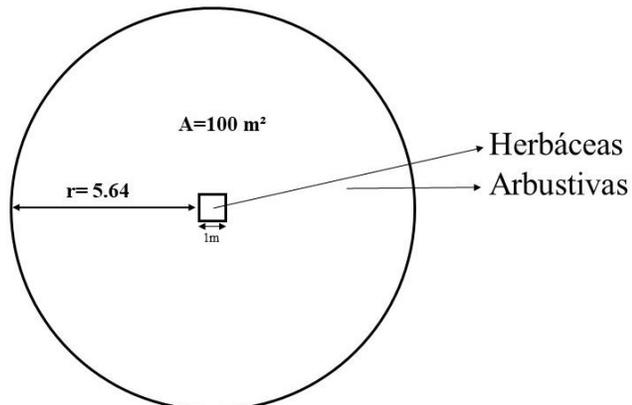
y con un menor impacto, en comparación a los transectos. En este método se utiliza un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. El tamaño del cuadrante está estrechamente relacionado con las necesidades y requerimientos del muestreo (Mostacedo, 2000).

### **3.4 Metodología para muestreo de vegetación**

Se seleccionaron los sitios de muestreo según los patrones de distribución de la vegetación visible satelital, siguiendo con la elaboración de un mapa de los polígonos a estudiar y áreas adyacentes dentro del estado de Coahuila.

Se ubicó en campo mediante GPS. Se distribuyeron 36 sitios de muestreo dentro del área utilizando el método del cuadrante de 1x1 m<sup>2</sup> para herbáceas y 10x10 m<sup>2</sup> para arbustivas. La delimitación de los cuadrantes se realizó con parcelas de plástico, las herbáceas se midieron considerando la cobertura de cada individuo de cada una de las especies presentes dentro de la parcela y se contabilizó el número de individuos por especie para ser anotados en el formato. Los recorridos iniciales se realizaron durante el mes de septiembre del 2021 para contemplar la vegetación de temporal y hasta octubre del 2022.

Se realizaron colectas botánicas en los sitios de muestreo, para elaboración de colección posteriormente fueron depositados en el herbario ANSM para su correcta identificación.



**Figura 4.** Ejemplificación de la distribución de las estaciones de cada sitio de muestreo.

### 3.5 Cálculos derivados de la medición de la vegetación

El tratamiento de los datos obtenidos en campo se realizó de acuerdo al trabajo de Muller-Dombois y Ellenberg (1974).

### 3.6 Cálculo de los atributos de la vegetación por especie

Se calcularon atributos de la vegetación como densidad, dominancia y frecuencia de para la obtención del Índice de Dominancia Relativa o Valor de Importancia Ecológica (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Para el cálculo de los atributos de la vegetación se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{Densidad} &= \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área muestreada}} \\ \text{Densidad relativa} &= \frac{\text{Densidad por especie}}{\text{Densidad de todas las especies}} \quad \times 100 \\ \text{Dominancia} &= \frac{\text{Área cubierta o área basal}}{\text{Área muestreada}} \\ \text{Dominancia relativa} &= \frac{\text{Dominancia por especie}}{\text{Dominancia total de todas las especies}} \quad \times 100 \\ \text{Frecuencia} &= \frac{\text{Número de parcelas con la especie}}{\text{Número total de parcelas}} \\ \text{Frecuencia relativa} &= \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Suma de la frecuencia de todas las especies}} \quad \times 100 \end{aligned}$$

Nota: Se suma la frecuencia de todas las especies.

El Valor de Importancia Relativa resulta de la sumatoria de los valores relativos de cada uno de los atributos ecológicos.

$$\text{VIR} = \text{Dens. Rel.} + \text{Dom. Rel.} + \text{Frec. Rel.} / 3$$

### 3.7 Estimación de la diversidad vegetal de las comunidades estudiadas

Dominancia de Simpson

$$D = \sum p_i^2$$

Donde:

Pi = número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para la medir diversidad se utilizó el índice de Shannon-Weiner, el cual es de los más utilizados para medir la diversidad debido a que toma en cuenta (Magurran, 1988). Éste tiene una gran aceptación debido a que toma en cuenta el número de especies diferentes y sus proporciones relativas, dándole mayor confiabilidad que a un simple listado.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$H' = - \sum P_i - \ln(P_i)$$

Donde:

$H'$  = Índice de Shannon

$P_i = F_{ri} / \sum F_{ri}$

$F_{ri}$  = Frecuencia de la especie  $i$

$\sum F_{ri}$  = Sumatoria de todas las frecuencias de todas las especies observadas.

La equitatividad de Pielou, mide la proporción de la riqueza y abundancia observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, donde 1 indica que todas las especies presentan igual abundancia (Kresbs, 1999). Para fines prácticos los valores de este índice se transforman a porcentajes.

$$I.E. = I.S. / H_{max}$$

Donde:

$I.E.$  = índice de equitatividad de Pielou

$I.S.$  = índice de Diversidad de Shannon-Wiener

$H_{max} = \log^2 S$

$S$  = Número de especies

## 4 RESULTADOS

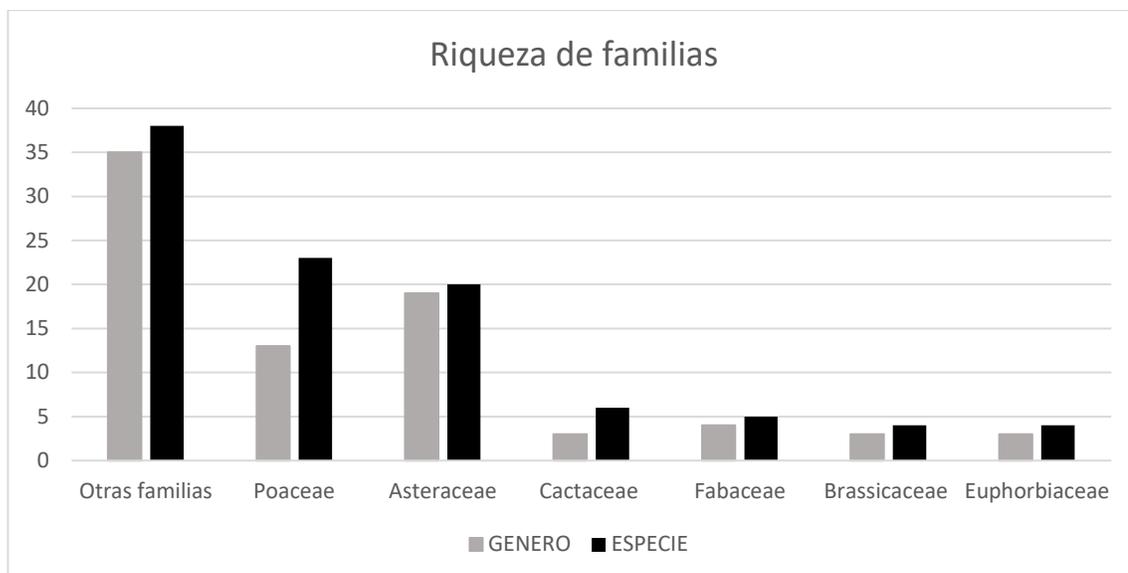
### 4.1 Composición y riqueza florística

La flora vascular está integrada por 100 especies en 76 géneros agrupadas en 33 familias. Las eudicotiledoneas incluyen 30 familias, 63 géneros, 76 especies. Para las especies monocotiledóneas se registraron 3, 16, 26 respectivamente y las gimnospermas solo con una especie. (Apéndice 1).



**Figura 5.** Zacatal de *Muhlenbergia villiflora* y *Bouteloua chasei*.

Las familias Poaceae (23 géneros), Asteraceae (20) y Cactaceae (6), son las mejor representadas en géneros, seguidas por Fabaceae (5), Brassicaceae (4), Euphorbiaceae (4) y Asparagaceae (3). *Aristida* (4), *Bouteloua* (4) y *Muhlenbergia* (4), *Opuntia* (3) son los géneros con mayor riqueza. Los 100 taxa registrados se concentran en 4 formas biológicas: 49 herbáceas perennes 20 anuales, 6 crasicaules, 5 arbustos y 3 rosetófilas (Figura 6).



**Figura 6.** Familias con mayor riqueza de géneros y especies en el área de estudio

Siete especies son endémicas al pastizal gipsófilo del Noreste de México: *Bouteloua chasei*, *Nama hispidum* var. *gypsicola*, *Thelesperma scabridulum*, *Muhlenbergia villiflora*, *Drymaria lyropetala*, *Dicranocarpus parviflorus*, y *Nerisyrenia gracilis* que representa el 7% de la flora en el zacatal estudiado.

Dentro del zacatal investigado, se colectaron seis especies (equivalentes al 6 % de la flora presente) que la CONABIO (2023) clasifica como malezas de tipo ruderal: *Cucurbita foetidissima*, *Gaura coccinea*, *Opuntia imbricata*, *Solanum elaeagnifolium*, *Sphaeralcea hastulata* y *Viguiera dentata*. La mayoría de estas especies ruderales se consideran nativas de México en términos de su migración, siendo *Solanum elaeagnifolium* la única especie que posiblemente sea nativa.

#### 4.2 Aspectos estructurales del estrato arbustivo y herbáceo en el zacatal estudiado

El estrato arbustivo se presente de forma aislada y presentan alturas de 70-215 cm. Es más abundante en áreas de transición con el Matorral Desértico Microfilo. Se registraron 86 especies, las que tienen un mayor densidad y valor de importancia relativa (VIR) en la estructura y fisonomía son: *Larrea tridentata* con 413 ind/ha y un VIR de 32.07 %, *Flourensia cernua* con una densidad de 273 ind/ha y un VIR de 16.87 %, *Parthenium incanum* (12.65 %), *Ephedra compacta* (10.34 %), *Peganum mexicanum* (6.24 %).

El estrato herbáceo las especies presentan una altura de 10-30 cm, las especies dominantes en la estructura son *Bouteloua chasei* con 35 556 ind/ha y un VIR de 10.60 %, especie perenne propia de este zacatal. En la estación lluviosa se presenta la especie anual *Dicranocarpus parviflorus* con una densidad de 18 333 y un VIR de 6.63 %, con menor densidad de presenta *Muhlenbergia villiflora* (6.57 %) especie gipsòfila propia del noreste de México, *Aristida havardii* (6.42%), *Xanthisma spinulosum* (6.37 %), *Enneapogon desvauxii* (5.49 %) (Cuadro 1).

Se registraron algunas especies con baja densidad y VIR cuatro pertenecen a la familia Cactaceae: *Baccharis pteronioides*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *Mammillaria heyderi*, *Opuntia engelmannii* y *Thelocactus bicolor* tales especies suman un VIR de 1.1 %, por su parte las herbáceas como: *Erioneuron avenaceum*, *Manfreda virginica*, *Muhlenbergia repens*, *Thymophylla setifolia*, *Verbena neomexicana* con VIR menor a 0.21 %.

El VIR registrado para malezas presentes en el zacatal considerado importante por tener valores mayores a 1 % en dos especies: *Gaura coccinea* 3.37 % y *Viguiera dentata* 1.76 %.

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cactáceas *Mammillaria heyderi*, *Manfreda virginica* y *Thelocactus bicolor* se consideran organismos de lento crecimiento y difícil regeneración.

En el zacatal, se pueden encontrar especies gipsofilas como: *Bouteloua chasei* y *Muhlenbergia villiflora*. Con frecuencia, se pueden ver agrupaciones circulares de estas plantas, que se propagan mediante rizomas, y que presentan un espacio

vacío en el centro debido a la muerte natural de las plantas que dieron origen a la agrupación.

**Cuadro 2.** Atributos estructurales del estrato arbustivo y herbáceo del zacatal gipsófilo

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp (%)*
<i>Larrea tridentata</i>	127.85	50.20	413	28.05	17.95	32.07
<i>Flourensia cernua</i>	80.78	21.79	273	18.55	10.26	16.87
<i>Parthenium incanum</i>	63	10.64	213	14.48	12.82	12.65
<i>Ephedra compacta</i>	8.26	3.57	253	17.19	10.26	10.34
<i>Peganum mexicanum</i>	8.16	2.89	120	8.14	7.69	6.24
<i>Tiquilia canescens</i>	4.16	0.72	40	2.71	10.26	4.56
<i>Agave americana</i>	78.33	3.94	40	2.71	2.56	3.07
<i>Jatropha dioica</i>	26.83	1.20	40	2.71	2.56	2.16
<i>Prosopis glandulosa</i>	164	1.52	7	0.45	2.56	1.51
<i>Opuntia microdasys</i>	36.5	0.68	13	0.90	2.56	1.38
<b>Otras especies (8)</b>	<b>48.13</b>	<b>2.84</b>	<b>60</b>	<b>4.07</b>	<b>20.51</b>	<b>9.14</b>
ESTRATO HERBACEO						
Especie	Altura media (cm)	Dominancia relativa (%)	Densidad (ind/ha)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Valor de imp (%)*
<i>Bouteoua chasei</i>	21.18	12.33	35556	14.27	5.19	10.60
<i>Dicranocarpus parviflorus</i>	21.67	7.80	18333	7.36	4.72	6.63
<i>Muhlenbergia villiflora</i>	13.18	7.53	18611	7.47	4.72	6.57
<i>Aristida havardii</i>	14.33	6.06	21111	8.47	4.72	6.42
<i>Xanthisma spinulosum</i>	8.28	5.64	14722	5.91	7.55	6.37
<i>Enneapogon desvauxii</i>	17.68	4.90	14722	5.91	5.66	5.49
<i>Nerisyrenia gracilis</i>	9.45	3.14	15278	6.13	4.25	4.51
<i>Flaveria oppositifolia</i>	11.15	3.53	11389	4.57	3.77	3.96
<i>Euphorbia stictospora</i>	8.88	4.18	6389	2.56	4.25	3.66
<i>Calylophus lavandulifolius</i>	8.25	2.84	9167	3.68	4.25	3.59
<b>Otras especies (58)</b>	<b>23.63</b>	<b>42.05</b>	<b>83889</b>	<b>33.67</b>	<b>50.94</b>	<b>42.22</b>

\*Valor de importancia: Dom rel. + Dens. Rel. + Frec rel. / 3

### 4.3 Índices de Diversidad y Riqueza de especies

Las medidas de diversidad calculadas para cada estrato se presentan en el cuadro 3, estas mostraron una tendencia similar pero mayor en el estrato herbáceo tanto en diversidad, equitatividad y dominancia. Los arbustos presentan una riqueza de 18 especies, y un índice de diversidad 2.030 nats equitatividad 48.7 % y dominancia de 0.47. El estrato herbáceo, registró una riqueza de 68 especies, una diversidad de 3.299 nats, una equitatividad 54.2 % y dominancia de 0.39. Usando como referencia el criterio de Margalef (1972), los valores de diversidad para los estratos arbustivo y herbáceo es medio y alto respectivamente

**Cuadro 3.** Índices de diversidad, equitatividad y dominancia del zacatal

<b>ESTRATO</b>	<b>INDICADORES DE DIVERSIDAD</b>		
	<b>Índice de diversidad</b>	<b>Equitatividad</b>	<b>Índice de Dominancia</b>
Arbustivo	2.030	48.7	0.474
Herbáceo	3.299	54.2	0.399

## 5 DISCUSIÓN

### 5.1 Composición y riqueza florística

Se listan 91 especies nativas a México de las cuales 14 son endémicas al país (Villaseñor, 2016), 13 al desierto Chihuahuense (Villarreal-Quintanilla *et al.*, 2017) *Thelesperma scabridulum* a Coahuila (Villarreal-Quintanilla y Encina-Domínguez, 2015), *Dicranocarpus parviflorus* a la región del Noreste (Estrada-Castillon *et al.*, 2010).

Cuatro especies como propias de suelo yesoso: *Bouteloua chasei* (Gomez, 1973; Estrada-Castillón *et al.* 2010), *Dicranocarpus parviflorus*, *Muhlenbergia villiflora*, *Nama hispida* var. *Gipsicola*, *Nerisyrenia gracilis* (Johnston, 1941), *Drymaria lyropetala* var. *Coahuilana*, (Ortiz-Brunel *et al.*, 2023), *Thelesperma scabridulum* (Johnston, 1941; Estrada-Castillón *et al.*, 2010).

*Dicranocarpus parviflorus* como gipsófila comparte distribución con Cuatro Ciénegas Ochoterena *et al.*, (2020), Ninguna otra especie registrada para el zacatal estudiado se menciona en listados florísticos para el Área Natural Protegida (Pinkava, 1984; Carabias *et al.*, 1999) por el contrario Estrada-Castillón *et al.* (2010) las lista en los pastizales halófilos del noreste de México.

Sánchez del Pino (1999), describió 10 géneros y 36 especies de la familia Amaranthaceae en la flora halófila y gipsófila de México, de las cuales en el área estudiada se registraron dos especies: *Krascheninnikovia lanata* y *Atriplex canescens*.

Arévalo *et al* (2022) registraron 161 especies en un pastizal dominado por el género *Bouteloua* spp. para la sierra de Zapalinamé en el sureste de Coahuila, sin registro de *Bouteloua chasei* ni *B. karwinski*.

La flora registrada representa el 3.11 % de la riqueza estatal (Villarreal-Quintanilla 2001) 47.61 % para pastizal, 42.37 % para vegetación gipsófila y halófila

reportado en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental y 1.43 % del total general para la Sierra por Salinas-Rodríguez *et al.*, (2021).

Las familias mejor representadas son: Poaceae, Asteraceae, Cactaceae, y Fabaceae, y de acuerdo con Villaseñor (2003, 2004) esta tendencia se observa en la mayor parte de México.

Las especies de la familia Poaceae registradas corresponden al 7.21% del total registrado para el estado de Coahuila por Valdés-Reyna *et al.*, (2015) que registraron 319 especies distribuidas en ocho subfamilias, 19 tribus y 97 géneros con un mayor número de especies *Muhlenbergia* (32 especies), *Bouteloua* (21), de igual manera que en el presente estudio en *Bouteloua* (4) y *Muhlenbergia* (4).

## **5.2 Aspectos estructurales del estrato arbustivo y herbáceo en el zacatal estudiado**

La comparación para valores de importancia relativa con un estudio realizado por Álvarez-Lopezello *et al.*, (2016) en un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México de las 55 especies registradas en el análisis estructural, 4 de ellas mostraron un VIR mayor al 5% y aportan cerca del 32% de la suma del valor de importancia, son menores a los registrados en este estudio para el estrato herbáceo que registro 6 especies con valores mayores a 5% que en conjunto suman más de 42. % de VIR. pero menores que los registrados en un zacatal de toboso en el Noreste de Coahuila donde Encina-Domínguez y Valdés-Reyna (2014) registraron valores mayores a 5 % en 4 especies que en conjunto suman más de 50 %.

## 6 CONCLUSIONES

La composición de especies para este zacatal está integrada por la gramínea *Bouteloua chasei* con el valor de importancia más alto es la especie representativa del área de estudio, endémica a los suelos yesosos no comparte distribución con Cuatro Ciénegas.

La riqueza de estos zacatales es alta a pesar de no ser un área con alta densidad.

Los suelos yesosos son comunes en regiones áridas y semiáridas se asocian a una baja vegetación, lo que da lugar a las especies endémicas que requieren de un programa de conservación para su manejo. El alto registro de especies ruderales podrían reemplazar a las especies nativas al zacatal al ser mejor competidoras.,

Es importante profundizar en el estudio de las zonas de yeso, coleccionar gipsofilas en áreas poco accesibles realizar estudios comparativos excluidos y con pastoreo, además de evitar el cambio de uso de suelo para prevenir la pérdida del pastizal,

Sugerir estrategias de conservación y aprovechamiento. con la finalidad de dar un correcto manejo y de ser necesario restaurar estos ecosistemas.

## LITERATURA CITADA

- Abbott, L.B. (2006). Grassland Ecology and Diversity. P. 126. *En Grasslands Ecosystems, Endangered Species, and Sustainable Ranching in the Mexico-US Borderlands: Conference Proceedings*. Presented at the RMRS-P40. Fort Collins, CO: U.S. department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research station.
- Aguilera, M. M. Y J. F. Silva. (1997). Especies y biodiversidad. *Interciencia*, 22: 299-306
- Álvarez-Lopezello, J., Rivas-Manzano, I. V., Aguilera-Gómez, L. I., & González-Ledesma, M. (2016). Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(3), 980-989.
- Alexander, P. J., Douglas, N. A., Ochoterena, H., Flores-Olvera, H., & Moore, M. J. (2014). Recent findings on the gypsum flora of the rim of the Guadalupe Mountains, New Mexico, USA: A new species of *Nerisyrenia* (Brassicaceae), a new state record, and an updated checklist. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 8(2), 383-393.
- Anónimo. (2002). Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Instituto Coahuilense de Ecología, Gobierno Del Estado de Coahuila.
- Arévalo, J. R., González-Montelongo, C., Encina-Domínguez, J. A., García, E., & Mellado, M. (2022). Changes in Richness and Species Composition after Five Years of Grazing Exclusion in an Endemic Pasture of Northern Mexico. *Land*, 11(11), 1962.
- Baruch, Z., A.B. Hernández, & M.G. Montilla. 1989. Dinámica del crecimiento, fenología y repartición de biomasa de gramíneas nativas e introducidas en una sabana neotropical. *Ecotropicos* 2:1–13.

- Bourman, B.A.M., Nieuwenhuyse, A. e Ibrahim, M. (1999). Pasture degradation and restoration by legumes in humid tropical Costa Rica. *Tropical Grassland*, v.33. Pp 98-110
- Cantú, C., González, F. N., Marmolejo, J. G., Saucedo, J. I. U., Estrada, E., & Rentería, L. (2011). Los vacíos y omisiones de conservación de Coahuila, México, con especial referencia a sus tipos de vegetación. *CIENCIA-UANL*, 14(1), 69-74.
- Carabias, L. J., Provencio, E., De la Maza, J., & Moncada, Y. S. (1999). Programa de manejo del área de protección de flora y fauna Cuatro Ciénegas. *Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP. D. F, México, 167pp.*
- Casby-Horton, S., Herrero, J., & Rolong, N. A. (2015). Gypsum Soils—Their Morphology, Classification, Function, and Landscapes. *Advances in Agronomy*, 130, 231–290. doi: 10.1016/BS.AGRON.2014.10.002
- Ceballos, G., E. Mellink, y L.R. Hanebury. (1993). Distribution and conservation status of prairie dogs *Cynomys mexicanus* and *Cynomys ludovicianus* in Mexico. *Biological Conservation* 63: 105-112.
- CETENAL. (1972). Cartas de uso del suelo y edafológicas F14 A25, F14 A24, F14 A23 y F14 A14, escala 1:50 000. SPP, México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2014). Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico> [accessed Julio 2023].
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1998). La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 350 p

- COTECOCA, (2004). Comité Técnico Consultivo de Coeficientes de Agostadero, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Coupland, R.T. (1979). Natural temperate grasslands. In: Coupland, R. T. (ed.) Grassland ecosystems of the world. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain. Pp 41–111.
- Cruz Angón, A., Nájera Cordero, K. C., & Canales Gutiérrez, E. (2019). La biodiversidad en Coahuila estudio de estado.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2009). Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la zona conocida como Janos, localizada en el Municipio de Janos, en el Estado de Chihuahua.
- Dias-Filho, M.B. (2003). Degradação de pastagens. Processos, causas e estratégias de recuperação. Embrapa Amazônia Oriental. Ed. Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes. Pp 152.
- Encina-Domínguez, J. A., Valdés-Reyna, J., & Villarreal-Quintanilla, J. A. (2014). Estructura de un zacatal de toboso (*Hilaria mutica*: Poaceae) asociado a sustrato ígneo en el Noreste de Coahuila, México. Journal of the Botanical Research Institute of Texas, 8(2).
- Encina-Domínguez JA, Valdés-Reyna J, & Villarreal-Quintanilla JA. (2018). Tipos de vegetación y comunidades vegetales. In: La Biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado. Comisión Para El Conocimiento y Uso de La Biodiversidad (CONABIO)/Gobierno Del Estado de Coahuila de Zaragoza. ISBN: 978-607-8570-05-8., II., 89–110.
- Escudero, A., Palacio, S., Maestre, F. T., & Luzuriaga, A. L. (2015). Plant life on gypsum: A review of its multiple facets. In Biological Reviews (Vol. 90, Issue 1, pp. 1–18). Blackwell Publishing Ltd. doi: 10.1111/brv.12092

- Estrada-Castillón, E., Scott-Morales, L., Villarreal-Quintanilla, J. A., Jurado-Ybarra, E., Cotera-Correa, M., Cantú-Ayala, C., & García-Pérez, J. (2010). Clasificación de los pastizales halófilos del noreste de México asociados con perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*): Diversidad y endemismo de Especies. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(2). doi: 10.22201/ib.20078706e.2010.002.231
- Eswaran, H., & Zi-Tong, G. (1991). Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum. Occurrence, characteristics, and genesis of carbonate, gypsum, and silica accumulations in soils, 26, 89-119.
- FAO Soils Bulletin. (1990). Management of gypsiferous soils. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Ed.; Vol. 62). Rome.
- Felipe Martínez, J., & Zaragoza, M. (2005). Un enfoque multiescala en la cartografía y génesis de suelos yesosos de San Luis Potosí, México Tesis Doctoral.
- Firbank, LG, Cousens, R., Mortimer, AM y Smith, RGR (1990). Efectos del tipo de suelo en las relaciones entre el rendimiento de los cultivos y la densidad de malezas entre el trigo de invierno y *Bromus sterilis*. *Revista de ecología aplicada*, 308-318.
- Gaston, K.J. (1996). Species richness: measure and measurement. In: *Biodiversity, a biology of numbers and difference*. K. J. Gaston (Ed.) Blackwell Science, Cambridge, pp.77-113
- Gómez G., A. 1973. Ecología del pastizal de *Bouteloua chasei*. Tesis. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Mex. 90 pp.
- González-Medrano M.F. (2012). Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. (Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)., Ed.; 1ª ed.). México D.F.
- Herrero, J.; Porta, J. (2000). The terminology and the concepts of gypsum-rich soils. *Geoderma*, 96, 47–61.

- Herrero, J. (2004). Revisiting the definitions of gypsic and petrogypsic horizons in soil taxonomy and world reference base for soil resources. *Geoderma*, 120, 1–5
- Holzer, W. y Kriechbaum, M. (2001). Pastures in south and central Tibet (China) II. Probable causes of pasture degradation. *Bodenkultur*, v.52: 37-44 p.
- INEGI. (1981a). Síntesis geográfica de Coahuila. (c). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F., 163.
- INEGI. Instituto Nacional de estadística y geografía. (2014). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, serie v (capa unión). INEGI, Aguascalientes.
- Johnston, I. M. (1941). Gypsophily among Mexican desert plants. *Journal of the Arnold Arboretum*. 22: 145-170.
- Koleff, P., M. Tambutti, I.J. March. (2009). Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México. En: *Capital natural de México, vol. II: estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 651-778.
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*, 2nd ed. Addison-Wesley Educational. 620 p.
- Márquez-Madrid M., Ruiz-Garduño, R.R., Valdez-Cepeda, R.D., Blanco-Macías, F., Pérez Pérez V.G. (2009). Estado de degradación del suelo en los pastizales de la cuenca del río Juchipila. Manejo sustentable de Pastizales. VI Simposio Internacional de Pastizales. 16-27 p.
- Mayr, E. (1992). A local flora and the biological species concept. *American Journal of Botany*, 79: 222-238
- Moore, M.J.; Mota, J.F.; Douglas, N.A.; Flores-Olvera, H.; Ochoterena, H. (2014). The ecology, assembly and evolution of gypsophile floras. In *Plant Ecology and Evolution in Harsh Environments*, 1st ed.; Rajakaruna, N., Boyd, R.S.,

- Harris, T.B., Eds.; Nova Science Publishers: Hauppauge, NY, USA, pp. 97–128.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Moreno, C. E. (2000). Diversidad de quirópteros en un paisaje del centro de Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver., México. 150 pp
- Mortiner, A. M, (2003). Clasificación y ecología de las malezas. Manejo de malezas para países en desarrollo, Cap. 2. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal.
- Mota Poveda, J. F., Garrido Becerra, J. A., Pérez-García, F. J., Salmerón-Sánchez, E., Sánchez-Gómez, P., & Merlo, E. (2016). Conceptual baseline for a global checklist of gypsophytes. *Lazaroa*, 37(0). doi: 10.5209/LAZA.54044
- Mota, J.F., Sánchez-Gómez, P.; Guirado, J.S, (2011). Diversidad Vegetal de las Yeseras Ibéricas, 1st ed.; El reto de los archipiélagos edáficos para la biología de la conservación. ADFI--Mediterráneo Asesores Consultores: Almería, Spain.
- Mota, J.F., Sánchez-Gómez, P., Calvente, M. E. M., Rodríguez, P. C., Lumbreras, E. L., De la Cruz Rot, M., & García, F. J. P. (2009). Aproximación a la checklist de los gipsófitos ibéricos. In *Anales de Biología* (No. 31, pp. 71-80). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Muller, D. & H. Ellenberg. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. Inc., New York. 547 p.
- Ochoterena, H., Flores-Olvera, H., Gómez-Hinostrosa, C., & Moore, M. J. (2020). Gypsum and plant species: a marvel of Cuatro Ciénegas and the Chihuahuan Desert. *Plant Diversity and Ecology in the Chihuahuan Desert: Emphasis on the Cuatro Ciénegas Basin*, 129-165.

- Ortiz-Brunel, J. P., Ochoterena, H., Moore, M. J., Aragón-Parada, J., Flores, J., Munguía-Lino, G., & Flores-Olvera, H. (2023). Patterns of Richness and Endemism in the Gypsicolous Flora of Mexico. *Diversity*, 15(4), 522.
- Pérez-García, F. J., Martínez-Hernández, F., Mendoza-Fernández, A. J., Merlo, M. E., Sola, F., Salmerón-Sánchez, E., Garrido-Becerra, J. A., & Mota, J. F. (2017). Towards a global checklist of the world gypsophytes: A qualitative approach. *Plant Sociology*, 54(2), 61–76. doi: 10.7338/pls2017542S1/06
- Pinkava, D. J. (1981). Vegetación y flora de la región del Bolsón de Cuatro Ciénegas. III Cactaceae a Compositae. *Botanical Sciences*, (41), 127-151.
- Poggio, S. L., (2012). Cambios florísticos en comunidades de malezas: un marco conceptual basado en reglas de ensamblaje. *Ecología austral*, 22 (2), 150-158.
- Ramírez, R.G., Enríquez A., Lozano F. (2001). Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México. *CIENCIA UANL / VOL. IV, No. 3: 8 p*
- Reeder, J. H., y Reeder, CG (1969). Citología y distribución de *Bouteloua karwinskii* y *B. chasei*. *Ciencias Botánicas*, (30), 113-120.
- Rubio, A.; Escudero, A. (2000). Small-scale spatial soil-plant relationship in semi-arid gypsum environments. *Plant Soil*, 220, 139–150.
- Rzedowski, J. (2006). 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. 1ra Edición. Editorial Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. (1991a). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Bot. Mex.* 14, 3–21.
- Rzedowski, J. (1991b). El endemismo en la flora fanerogámica mexicana, una apreciación analítica preliminar. *Acta Bot. Mex.* 15, 47–64.

- Rzedowski, J. (1961). Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rzedowski, Jerzy. (1965). Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Acta Cient. Potos. doi: 10.3/JQUERY-UI.JS
- Rzedowski, J. (1955). Notas sobre la flora y la vegetación del estado de San Luis Potosí. 2. Estudio de diferencias florísticas y ecológicas condicionadas por ciertos tipos de sustrato geológico. Ciencia (México) 15:141-158.
- Salinas-Rodríguez, M. M., Hernández-Sandoval, L., Carrillo-Reyes, P., Castillo-Gómez, H. A., Castro-Castro, A., Estrada-Castillón, E., ... & Zamudio-Ruíz, S. (2022). Diversidad de plantas vasculares de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, México. Botanical Sciences, 100(2), 469-492.
- SEMARNAT. (2009). Informe de la situación del medio ambiente en México. Edición 2008. Compendio de Estadísticas Ambientales. México D. F. Capítulo 3. Suelos
- Soberón, J. Y J. Llorente. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. Conservation biology, 7: 480-488.
- Stoops, G., & M. Ilaiwi. (1981). Gypsum in arid soils morphology and genesis. In: F. H. Beinroth y A. Osman (Edts.). Proceedings Third International Soil Classification Workshop, Damascus, ACSAD/ SS/, 175 – 185. – 185.
- Turner, B. L., & A. M. Powell. (1979). Desiertos, yeso y endemismo. Recursos vegetales de tierras áridas. Universidad Técnica de Texas. Lubbock, Estados Unidos, 96–116.
- Valdés-Reyna, J. (2015). Gramíneas de Coahuila (CONABIO, Ed.).
- Valdés-Reyna, J. (1999). Pastizales del desierto. PRONATURA.
- Vázquez Coronel, Y., & Encina Domínguez, J. A. (2020). Caracterización del suelo, ordenación y diversidad de especies del zacatal semidesértico de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México.

- Verheye, W. H., & Boyadgiev, T. G. (1997). Evaluating the land use potential of gypsiferous soils from field pedogenic characteristics. *Soil Use and Management*, 13(2), 97-103.
- Villarreal-Quintanilla, J. Á., & Encina-Domínguez, J. A. (2005). Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botánica Mexicana*, 70. doi: 10.21829/abm70.2005.986
- Villarreal-Quintanilla, J. Á., (2001). Flora de Coahuila. Listados florísticos de México. (Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México., Ed.). México D.F.
- Villarreal-Quintanilla, J. Á., (2001). Flora de Coahuila. Listados florísticos de México. (Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México., Ed.). México D.F.
- Villarreal-Quintanilla, J. Á., & Valdés-Reyna, J. (1992). Vegetación de Coahuila, México. *Revista de Manejo de Pastizales*. *Revista de Manejo de Pastizales*.
- Villaseñor, J.L (2004). Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Ciencias Botánicas*, (75), 105-135.
- Villaseñor, J.L. (2003). Diversidad y distribución de las magnoliophyta de México. *Interciencia*, 28(3), 160-167.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902.
- Villaseñor, J. L, G. Ibarra, & D. Ocaña. (1998). Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. (*Conservation Biology* 12(5), Ed.).
- Waterfall, U. T. (1946). Observations on the Desert Gypsum Flora of Southwestern Texas and Adjacent New Mexico. *American Midland Naturalist*, 36(2), 456. doi: 10.2307/2421515

Watson, L., and M. Dallwitz. (1992). *The grass genera of the world*. Center for Agriculture and Biosciences (CAB) International, Wallingford, England. 1038 p.

Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251

## Anexos

### 1. Flora registrada en los 36 sitios de muestreo en el zacatal gipsófilo del sureste de Coahuila.

\*\*Especies endémicas al zacatal gipsófilo \*endémicas al Desierto Chihuahuense  
 \*\*\*endémica al noreste de México (\*)endémicas a México ((\*)) endémicas a Coahuila. Los números de colecta después del taxón corresponden a Leticia Balcazar (LB). a = arbusto, c = crasicaule, h = herbácea, r = rosetófila. M = maleza ruderal.

---

#### GIMNOSPERMAS

##### Ephedraceae

(\*)*Ephedra compacta* Rose, LB 155, 215, 222; a

#### MONOCOTILEDÓNEAS

##### Asparagaceae

*Agave americana* L.; r.

*Agave lechuguilla* Torr.; r

*Manfreda virginica* (L.) Salisb. ex-Rose; r

##### Bromeliaceae

*Tillandsia recurvata* (L.) L., LB 178, 199; h

##### Poaceae

(\*)*Achnatherum editorum* (E. Fourn.) Valdes-Reyna y Barkworth, LB 131; h

*Achnatherum eminens* (Cav.) Barkworth, LB 179; h

*Aristida adscensionis* L., LB 138; h

*Aristida curvifolia* E. Fourn., LB 224; h

*Aristida havardii* Vasey, LB 154, 181; h

*Aristida pansa* Wooton & Standl., LB 115; h

*Bothriochloa saccharoides* (S. W.) Rydb., LB 284; h

(\*)\*\**Bouteloua chasei* Swallen, LB 109, 136, 153, 213; h

*Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus, LB 285; h

*Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Steud., LB 118; h

(\*)*Bouteloua karwinskii* (E. Fourn.) Griffiths, LB 276; h

*Chloris virgata* Sw., LB 204; h

*Enneapogon desvauxii* P. Beauv., LB 122, 133, 151, 214; h  
*Eragrostis Mexicana* (Hornem.), LB 205; h  
*Eroneuron avenaceum* (Kunth) Tateoka var. *avenaceum*, LB 119; h  
*Muhlenbergia arenacea* (Buckley) Hitchc., LB 198; h  
*Muhlenbergia repens* (J. Presl) Hitchc., LB 187; h  
*Muhlenbergia tenuifolia* (Kunth) Trin., LB 116; h  
 (\*\*)*Muhlenbergia villiflora* Hitchc., LB 157, 221, 223; h  
*Munroa pulchella* (Kunt) L. D. Amarilla, LB 123; h  
*Panicum hallii* Vasey, LB 145; h  
*Scleropogon brevifolius* Phil., LB 121, 146, 168, 197; h  
 \**Sporobolus airoides* (Torr.) Torr., LB 169, 196; h

## DICOTILEDÓNEAS

### Acanthaceae

*Dyschoriste linearis* (Torr. & A. Gray) Kuntze, LB 142; h

### Amaranthaceae

*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., LB 150; h  
*Krascheninnikovia lanata* (Pursh) A. Meeuse & A. Smith, LB 149; h

### Asteraceae

*Acourtia nana* (A. Gray) Reveal & R.M. King, LB 228; h  
*Baccharis pteronioides* DC., LB 201; h  
*Bahia absinthifolia* Benth., LB 128; h  
*Dyssodia acerosa* DC., LB 114, 171; h  
 \*\*\**Dicranocarpus parviflorus* A. Gray, LB 101, 132, 159; h  
 (\*)*Flaveria oppositifolia* (DC.) Rydb., LB 107, 148, 160; h  
 \**Flourensia cernua* DC., LB 200, 173; a  
 (\*)*Grindelia oxylepis* Greene, LB 229; h  
*Gutierrezia texana* (DC.) Torr. & A. Gray, LB 206; h  
*Gymnosperma glutinosum* (Spreng.) Less., LB 176; h  
*Parthenium incanum* Kunth, LB 137, 174, 189, 217; h  
*Psilostrophe gnaphalodes* DC., LB 127; h  
*Ratibida columnifera* (Nutt.) Wooton & Standl., LB 210; h  
 ((\*\*))*Thelesperma scabridulum* S.F. Blake, LB 108, 156; h  
*Thymophylla setifolia* Lag., LB 185; h  
*Thymophylla pentachaeta* (DC.) Small, LB 286; h  
*Viguiera dentata* (Cav.) Spreng., LB 147; h M

*Xanthisma spinulosum* (Pursh) D.R. Morgan & R.L. Hartm., LB 102, 143, 158, 182; h

*Xanthium strumarium* L., LB 208; h

(\*)*Zaluzania triloba* (Ortega) Pers., LB 170; h

### **Apocynaceae**

*Asclepias brachystephana* Engelm. ex Torr., LB 188; h

### **Boraginaceae**

*Cryptantha mexicana* (Brandege) I.M. Johnst., LB 227; h

*Tiquilia canescens* (A. DC.) A.T. Richardson, LB 124, 184, 219; h

### **Brassicaceae**

*Lepidium montanum* Nutt., LB 162, 203; h

(\*)\*\**Nerisyrenia gracilis* I.M. Johnst., LB 105, 161; h

(\*)*Nerisyrenia mexicana* (J.D. Bacon) B.L. Turner, LB 287; h

*Selenia dissecta* Torr. & A. Gray, LB 288; h

### **Cactaceae**

*Cylindropuntia leptocaulis* (DC.) F.M. Knuth, LB 126, c

(\*)\**Mammillaria chionocephala* J.A. Purpus, c

*Mammillaria heyderi* Muehlenpf., c

\**Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm. var. *rastrera* (F.A.C. Weber)

Pinkava

\**Opuntia imbricata* (Haw.) DC., c M

*Opuntia tunicata* (Lehm.) Pfeiff., c

### **Caryophyllaceae**

(\*)\*\**Drymaria lyropetala* var. *coahuilana* I.M. Johnst., LB 165; h

### **Cucurbitaceae**

*Cucurbita foetidissima* Kunth, LB 287; h, M

### **Euphorbiaceae**

*Acalypha monostachya* Cav., LB 125; h

\**Euphorbia exstipulata* Engelm., LB 144; h

*Euphorbia stictospora* Engelm., LB 104, 140, 166, 183; h

*Jatropha dioica* Sessé ex. Cerv, LB 290; h

### **Fabaceae**

*Dalea greggii* A. Gray, LB 291; h

(\*)*Hoffmannseggia watsonii* (Fisher) Rose, LB 141; h  
*Prosopis glandulosa* Torr.; a  
*Senna bauhinoides* (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby, LB 291; h  
*Senna wislizeni* (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby, LB 293; a

### **Geraniaceae**

*Erodium circuitarium* subsp. *zairae* AP Khokhr. LB 209; h

### **Hydrophyllaceae**

*Phacelia robusta* (J.F. Macbr.) I.M. Johnst., LB 163, h

### **Lamiaceae**

*Salvia reflexa* Hornem., LB 192; h

### **Loasaceae**

*Mentzelia multiflora* (Nutt.) A. Gray, LB 111, 193, 226; h

### **Malvaceae**

*Sphaeralcea hastulata* A. Gray, LB 191; h,M

### **Martyniaceae**

*Proboscidea parviflora* (Wooton) Wooton & Standl., LB 230; h

### **Namaceae**

\*\**Nama hispida* A. Gray var. *gipsicola* I. M. Johnst., LB 110; h  
*Nama stevensii* C.L. Hitchc., LB 294; h

### **Nitrariaceae**

*Peganum mexicanum* A. Gray, LB 195, 216; h

### **Nyctaginaceae**

*Allionia incarnata* L., LB 120, 190, 218; h

### **Onagraceae**

*Calylophus lavandulifolius* (Torr. & A. Gray) P.H. Raven, LB 103, 135, 164; h  
*Gaura coccinea* Pursh, LB 106, 130, 152, 194; h M

### **Orobanchaceae**

*Castilleja mexicana* (Hemsl.) A. Gray, LB 112; h  
*Castilleja lanata* A. Gray, LB 295; h

**Polemoniaceae**

*Loeselia greggii* S. Watson, LB 117; h

**Polygonaceae**

\**Eriogonum jamesii* Benth. var. *undulatum* (Benth.) S. Stokes ex M.E. Jones, LB 231; h

**Resedaceae**

*Oligomeris linifolia* (Vahl) J.F. Macbr., LB 232; h

**Rubiaceae**

*Houstonia rubra* Cav., LB 113, 167; h

**Scrophulariaceae**

*Buddleja scordioides* Kunth, LB 211, 226; h

**Solanaceae**

*Chamaesaracha coronopus* (Dunal) A. Gray, LB 134; h

*Solanum elaeagnifolium* Cav., LB 202; h M

**Verbenaceae**

*Glandularia bipinnatifida* (Nutt.) Nutt., LB 233; h

*Verbena neomexicana* Small, LB 186; h

**Zygophyllaceae**

*Larrea tridentata* (DC.) Coville, LB 129, 139, 172, 180, 212; a

*Kallstroemia parviflora* Norton, LB 220; h

## 2. Memoria fotográfica



**Fotografía 1 y 2.** Registro de atributos de la vegetación



**Fotografía 3.** Vegetación dominada por: *Aristida havardii*, *Bouteloua chasei*, *Dicranocarpus parviflorus*, *Thelesperma scabridulum* y *Xanthisma spinulosum*.



**Fotografía 4.** Zacatal de *Muhlenbergia villiflora*



**Fotografía 4 y 5.** Zacatall de *Bouteloua chasei* con herbáceas *Mentzelia multiflora* y *Viguiera dentata*.

### 3.Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo

SITIO	LATITUD (N )	LONGITUD (O)	ALTITUD (m)
1	24°58'27.18"	101° 4'53.82"	1891
2	24°58'10.45"	101° 4'51.50"	1887
3	24°58'1.66"	101° 4'36.06"	1888
4	24°58'24.42"	101° 4'25.85"	1889
5	24°58'32.24"	101° 4'0.96"	1898
6	24°58'28.82"	101° 3'35.69"	1892
7	24°58'9.87"	101° 3'10.24"	1888
8	24°58'13.09"	101° 3'24.06"	1888
9	24°59'1.26"	101° 7'24.07"	1889
10	24°57'49.25"	101° 3'39.74"	1888
11	24°57'53.85"	101° 4'3.74"	1885
12	24°57'51.92"	101° 4'24.06"	1887
13	24°57'31.47"	101° 4'10.10"	1887
14	24°57'31"	101°03'41"	1887
15	24°57'18.68"	101° 3'17.84"	1887
16	24°57'09"	101°03'47"	1890
17	24°56'52"	101°03'21"	1878
18	24°57'21.9"	101°03'31.8"	1888
19	24°56'49.3"	101°03'17.3"	1874
20	24°57'54.7"	101°2'30.5"	1894
21	24°58'04.3"	101°2'26.2"	1878
22	24°57'35.04"	101° 4'36.68"	1889
23	24°57'46.68"	101° 5'24.68"	1887
24	24°58'16.31"	101° 5'6.79"	1886
25	24°58'12.41"	101° 5'56.24"	1886
26	24°58'20.37"	101° 6'21.05"	1885
27	24°58'45.60"	101° 6'31.21"	1885
28	24°58'29.59"	101° 6'48.89"	1886
29	24°59'13.03"	101° 7'17.00"	1894
30	24°58'44.65"	101° 7'26.71"	1896
31	24°58'56.37"	101° 8'10.55"	1910
32	24°58'51.9"	101° 7'50.8"	1885
33	24°58'27.12"	101° 8'45.02"	1894
34	24°58'16.1"	101° 09'07"	1865
35	24°58'02.6"	101° 7'59.0"	1905
36	24°57'43.4"	101° 8'13.7"	1921