

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**Distribución espacial y mortalidad de especies de cactáceas en el  
rescate de flora en el noreste de Durango, México**

POR

**JOSÉ DE JESÚS ÁGUILA PÉREZ**

**T E S I S**

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

**Enero de 2022**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**Distribución espacial y mortalidad de especies de cactáceas en el rescate de flora  
en el noreste de Durango, México**

**T E S I S**

Presentada por

**JOSÉ DE JESÚS ÁGUILA PÉREZ**

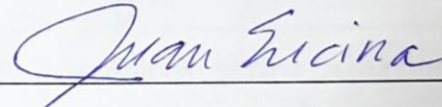
y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para  
obtener el título profesional de

**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**


**A P R O B A D A**

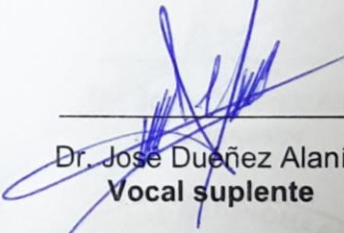
  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Hernández Herrera

**Presidente**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Antonio Encina Domínguez

**Vocal**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Antonio Granados Montelongo  
**Vocal**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Dueñez Alanís  
**Vocal suplente**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Dueñez Alanís  
**Coordinador de la División de Ciencia Animal**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México



Enero de 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Distribución espacial y mortalidad de especies de cactáceas en el rescate de flora  
en el noreste de Durango, México

TESIS

Presentada por

**JOSÉ DE JESÚS ÁGUILA PÉREZ**

Como requisito parcial para obtener el título profesional de

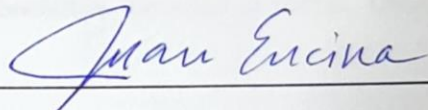
**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

Fue dirigida por el siguiente comité:



Dr. José Antonio Hernández Herrera

**Asesor Principal**



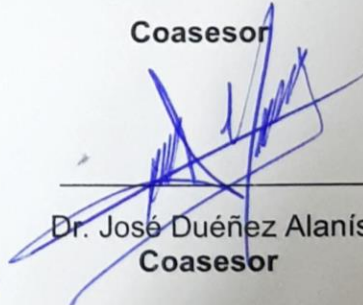
Dr. Juan Antonio Encina Domínguez

**Coasesor**



Dr. Juan Antonio Granados Montelongo

**Coasesor**



Dr. José Duéñez Alanís

**Coasesor**



Dr. José Duéñez Alanís

**Coordinador de la División de Ciencia Animal**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México



Enero de 2022

## DEDICATORIAS

El presente trabajo es dedicado principalmente a **Dios** con mucho amor y gratitud, por brindarme la oportunidad de llegar hasta este día, lleno de bendiciones.

A mis **padres** la Sra. Soledad Pérez y Sr. Armando Águila por brindarme su apoyo y amor durante mi estancia en la universidad, siempre estando para mí.

A mis **hermanos**, Arlen, José Armando y Karol Josef Águila Pérez que siempre me animaban en los momentos de mayor soledad, los quiero mucho.

A toda mi **familia**, porque con su apoyo y su bendición hoy puedo lograr este sueño más y convertirme en **Ingeniero Agrónomo Zootecnista**. Gracias a todos, Dios los bendiga siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a **Dios**, por la vida y nunca dejarme caer a pesar de los obstáculos que se me presentaron en el camino y darme la oportunidad de amanecer cada mañana con la esperanza de ser mejor hombre y ser humano dando lo mejor de mí a todas las personas que me rodean.

A mi **Alma Mater**, le estaré eternamente agradecido por abrirme sus alas, forjarme en lo que ahora soy, un hombre con una visión diferente. Haberme brindado conocimientos, práctica y valores éticos que me servirán como herramientas para enfrentarme a la vida real, y darme unos amigos que se convirtieron en mi familia ayudándome a enfrentar la distancia y el calor de hogar.

A mis **padres** José Armando Águila Coleote y Soledad Pérez Díaz, a mi madre por esas palabras de aliento y cariño que me ayudaron a seguir adelante a pesar de la distancia y nunca dejarme solo, a mi padre por todos sus consejos, y cariño incondicional dándome impulso a ser un hombre de bien.

A mis **Tías y abuelitos**. Paz, Mari y Pati Águila Coleote, la Sra. Francisca Coleote Sandoval y Don Ángel Águila Guevara. Les estaré infinitamente agradecido por el apoyo incondicional que me brindan, siempre guiando mis pasos, dándome consejos y estar para mí en cualquier circunstancia, a mí a abuelito don Ángel (q.e.p.d.) por siempre estar en mi corazón y darme sabiduría en cada una de las situaciones a las que me enfrento en la vida.

Al **Dr. José Antonio Hernández Herrera**, por su brindarme la oportunidad de ser su tesista, y siempre apoyarme con su guía y sus consejos en decisiones importantes en mi nueva vida como profesional.

A mis **amigos**, Joansi Rafael Pozo Matul, Lizet Fernanda Aparicio López, José Alexis Arenas Victorino, Valeria Censo Fernández, Estrella Arreguin Ávila, Julio González Pérez, Gonzalo González Marín. Por convertirse en más que mis amigos, en mi familia, apoyándome en los buenos y malos momentos siempre estando ahí para cualquier situación **“BUITRES POR SIEMPRE, ORGULLO NARRO”**

## CONTENIDO

DEDICATORIAS .....	4
AGRADECIMIENTOS .....	5
CONTENIDO .....	6
INDICE DE FIGURAS.....	7
INDICE DE CUADROS.....	7
RESUMEN.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS .....	10
2.1 General .....	10
2.1.1 Específicos .....	10
III. REVISIÓN DE LITERATURA .....	11
3.1. Generalidades de las Cactáceas .....	11
3.2. Situación actual de las cactáceas .....	12
3.3. Problemática .....	12
3.4. Comercio ilegal .....	13
3.5. Descripción botánica y distribución de las especies de cactáceas.....	14
3.5.1 Biznaga china, Coral Cactus (ingles). <i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf. ....	14
3.5.2 Alicoche real, Strawberry Cactus (ingles). <i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm. ....	15
3.5.3 Biznaga-barril costillona, Turk's Head (ingles). <i>Ferocactus hamatacanthus</i> (Muehlenpf.) Britton y Rose .....	16
3.5.4 Biznaga pezón bicolor, Glory of Texas (ingles). <i>Thelocactus bicolor</i> (Galeotti ex Pfeiff.) Britton y Rose .....	18
3.5.5 Alicoche sanjuanero, strawberry hedgehog cactus (ingles). <i>Echinocereus</i> <i>stramineus</i> (Engelm.) F. Seitz.....	20
3.6. Taxonomía.....	22
3.6.1 Clasificación de Biznaga china, Coral Cactus (ingles). <i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf .....	22
3.6.2 Clasificación de Alicoche real, Strawberry Cactus (ingles). <i>Echinocereus</i> <i>enneacanthus</i> Engelm. ....	22
3.6.3 Clasificación de Biznaga-barril costillona, Turk's Head (ingles). <i>Ferocactus</i> <i>hamatacanthus</i> (Muehlenpf.) Britton y Rose .....	22
3.6.4 Clasificación de Biznaga pezón bicolor, Glory of Texas (ingles). <i>Thelocactus</i> <i>bicolor</i> (Galeotti ex Pfeiff.) Britton y Rose.....	23
3.6.5 Clasificación de Alicoche sanjuanero, strawberry hedgehog cactus (ingles). <i>Echinocereus stramineus</i> (Engelm.) F. Seitz .....	23
3.7. Rescate de Cactáceas .....	24

<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	25
4.1 Localización del área de estudio.....	25
4.2 Análisis estadísticos .....	26
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	28
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	34
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	34
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b> .....	35
<b>IX. ANEXO</b> .....	38

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución de <i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf (CONABIO, 2020).....	15
<b>Figura 2.</b> Distribución de <i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm (CONABIO, 2020) .....	16
<b>Figura 3.</b> Distribución de <i>Ferocactus hamatacanthus</i> (CONABIO, 2020) .....	18
<b>Figura 4.</b> Distribución de <i>Thelocactus bicolor</i> (CONABIO, 2020).....	20
<b>Figura 5.</b> Distribución de <i>Echinocereus stramineus</i> (Engelm.) F. Seitz (CONABIO, 2020) .....	21
<b>Figura 6.</b> Ubicación del área de estudio y presencia de cactáceas en el predio. ....	25
<b>Figura 7.</b> Ejemplares por especie de cactáceas: <i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf, <i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm, <i>Ferocactus hamatacanthus</i> (Mühl.) Britt. y Rose, <i>Thelocactus bicolor</i> Galeotti ex Pfeiff. Britton y Rose y <i>Echinocereus stramineus</i> , .....	28
<b>Figura 8.</b> Ejemplares de cactáceas rescatados, en la derecha plantas muertas.....	30
<b>Figura 9.</b> Área de reubicación de las especies de cactáceas .....	31
<b>Figura 10.</b> Mapa de ubicación de los ejemplares por especie de cactáceas, 2a <i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm, 2b <i>Echinocereus stramineus</i> (Engelm.) F. Seitz, 2c <i>Ferocactus hamatacanthus</i> (Mühl.) Britt. y Rose, 2d <i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf y 2e <i>Thelocactus bicolor</i> Galeotti ex Pfeiff. Britton y Rose. ....	32
<b>Figura 11.</b> Mapa localización (3a), mapa de interpolación de Kriging por número de cactáceas (3b) y mapa de predicción del error estándar (3c) para mostrar las áreas donde no hay datos de presencia de cactáceas. ....	33
<b>Figura 12.</b> Ejemplar de <i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf.....	38
<b>Figura 13.</b> Ejemplares de <i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm.....	38
<b>Figura 14.</b> Ejemplar de <i>Ferocactus hamatacanthus</i> (Mühl.) Britt. y Rose .....	39
<b>Figura 15.</b> Ejemplar de <i>Thelocactus bicolor</i> Galeotti ex Pfeiff. Britton y Rose .....	39
<b>Figura 16.</b> Ejemplares de <i>Echinocereus stramineus</i> (Engelm.) F. Seitz. ....	40
<b>Figura 17.</b> Áreas de reubicación definitiva de las biznagas rescatadas. ....	40

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Cactáceas rescatadas con daño físico y mortalidad .....	29
--------------------------------------------------------------------------	----

## RESUMEN

En el Desierto Chihuahuense las cactáceas son vulnerables y están en constante peligro propiciado por el comercio ilegal, la pérdida del hábitat por el cambio de uso del suelo y la sequía extrema. En el estado de Durango se tiene una riqueza de 33 géneros y 139 especies de cactáceas. El objetivo del estudio fue evaluar la situación de las poblaciones de cactáceas sometidos a un programa de rescate de flora en un cambio de uso de suelo. El estudio se realizó en Julio de 2017, en las coordenadas 25°43'26.1"N y 103°37'43.4"W, en el municipio Gómez Palacio, Durango. Se recolectaron todos los ejemplares y se registraron las coordenadas geográficas de cada planta. Se realizó un análisis de varianza, se calculó el porcentaje de mortalidad y la distribución de especies mediante el método de *Kriging* ordinario, posteriormente se realizaron las pruebas de auto correlación espacial con el índice de Moran. Los daños fueron significativamente menores en las siguientes especies *E. stramineus* ( $\mu = 1.000_a$ ), *M. heyderi* ( $\mu = 1.005_a$ ), *F. hamatacanthus* ( $\mu = 1.047_a$ ), *T. bicolor* ( $\mu = 1.111_a$ ) y mayor en *E. enneacanthus* ( $\mu = 1.650_b$ ), donde la mortalidad fue mayor en *E. enneacanthus* (65.07 %), seguido por *T. bicolor* (11.11%), *F. hamatacanthus* (4.76 %) y *M. heyderi* (0.541 %). Además los resultados indicaron una dispersión perfecta con -0.632, el índice esperado -0.125, la varianza 0.20, la puntuación de z es -1.120 y P de 0.26 y con un umbral de distancia de 159 m. El rescate de cactáceas genera 16.3 % de mortalidad, es mayor en *E. enneacanthus* alcanzando hasta el 65.07 % y el patrón de las cactáceas es aleatorio o una distribución impredecible, es la forma más común en la naturaleza.

**Palabras clave:** Cactus, interpolación, daño, auto correlación, ponderación espacial



## I. INTRODUCCIÓN

Las cactáceas a nivel mundial se encuentran en peligro por múltiples factores; principalmente debido a la influencia humana como la extracción y el comercio ilegal de las especies (Maiti y Singh, 2016), aunado al daño por el ganado y los cambios ambientales (Portilla-Alonso y Martorell, 2011).

En México existen 1,032 especies de cactáceas conocidas (Sarukhan y Soberón, 2016), de las cuales 188 especies (18.2 %) son endémicas, 61 se encuentran amenazadas (5.9 %), 19 en peligro de extinción (1.8 %) y 122 están bajo protección especial que representa el 11.8 %, lo que indica una grave problemática de este género y su permanencia a futuro (SEMARNAT, 2010).

El Desierto Chihuahuense es una de las regiones con mayor riqueza de cactáceas, pero también es un área con graves afectaciones por la pérdida de su hábitat debido al cambio de uso del suelo, el pastoreo del ganado y la sequía extrema, que se presenta de forma continua en las zonas áridas y semiáridas (Robbins y Bárcenas-Luna, 2003).

En el estado de Durango se tiene registro de 33 géneros y 139 especies de cactáceas (González-Elizondo *et al.*, 2015), donde los géneros *Mammillaria*, *Opuntia*, *Coryphantha* y *Echinocereus* son los que posee una mayor cantidad de especies en la región del semidesierto (González-Elizondo *et al.*, 2017)

Los procesos de degradación que afectan la vegetación tienen como origen la deforestación, pastoreo excesivo, la mala gestión del uso de suelo, la sobreexplotación de los recursos naturales y el crecimiento de las áreas industriales (Osman, 2014).

Hay una continua eliminación de la vegetación nativa en los terrenos forestales para usarlos como zonas habitacionales o industriales, que ponen en riesgo la permanencia y sobrevivencia de los ejemplares de cactáceas y su hábitat (Martorell *et al.*, 2015).

Para conocer la distribución de las especies vegetales en las zonas áridas es importante utilizar técnicas geográficas y estadísticas, como el análisis espacial empleando el método de Kriging para generar mapas de interpolación (Rojas-Sandoval y Meléndez-Ackerman, 2013), al mismo tiempo con la auto correlación espacial, usando el índice de Moran y con ello se generará la ponderación espacial y se podrá determinar el padrón de distribución (Chen, 2013).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Caracterizar la situación de las poblaciones de cactáceas en una región semiárida de Durango, donde los ejemplares fueron rescatados en un programa de rescate de flora debido al cambio de uso de suelo.

#### **2.1.1 Específicos**

Calcular los patrones espaciales de distribución de las poblaciones de cinco especies de cactáceas.

Evaluar las afectaciones a los ejemplares en los trabajos de rescate de flora.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Generalidades de las Cactáceas

Las cactáceas son originarias del continente Americano y poseen las siguientes características: plantas suculentas, raíces extendidas, con espinas, epidermis gruesa e impermeable y con adaptaciones fisiológicas que les permiten desarrollarse en condiciones de sequía, poseen estrategias en la producción de metabolitos secundarios como los alcaloides, compuestos fenólicos y terpenos entre otros, que funcionan como mecanismos de defensa a los factores bióticos y abióticos ( Santos-Díaz y Camarena-Rangel, 2019)

Las cactáceas son las plantas con mayor adaptación a las condiciones ambientales de escasez de agua, han sobrevivido y prosperado debido al mecanismo evolutivo: Metabolismo del Ácido Crasuláceo, con ello las cactáceas han modificado sus estomas con función de apertura durante la noche cuando se da el intercambio de gases y la fotosíntesis se realiza durante el día con la acción de la luz solar (Owen *et al.*, 2016), de igual manera poseen la adaptación rápida de absorción de agua en las raíces superficiales por la región pilífera donde hay flujo de agua y fotosintatatos (Bravo Hollis y Sánchez Mejorada, 1978).

En la morfología, la familia Cactaceae tiene profunda diferenciación en el tamaño del tallo comparada con otras familias, los ejemplares se caracterizan por tener madera fibrosa y no fibrosa, aunado al dimorfismo de la subfamilia Cactoideae (Reyes-Rivera *et al.*, 2015). Las especies fibrosas son muy parecidas a los árboles como los géneros: *Pereskia*, *Stenocereus* y *Opuntia* (Reyes-Rivera *et al.*, 2015). Poseen formas cilíndricas, globosas o globoso-deprimidas además tienen madera con múltiples células traqueidas de banda ancha (Loza-cornejo *et al.*, 2017) o con pocas fibras y parénquima como las especies del genero *Coryphantha* (Reyes-Rivera *et al.*, 2015).

### **3.2. Situación actual de las cactáceas**

Las zonas áridas y semiáridas son los ecosistemas donde habitan la mayor cantidad de géneros de cactáceas, aunque también existen especies en bosques de coníferas y tropicales, además están presentes en pastizales y matorrales (Bárcenas *et al.*, 2011).

América tiene una gran riqueza de cactáceas, con una distribución desde el norte en Canadá hasta el Sur en Argentina, se estiman 1,500 y 2,000 especies (Bravo-Hollis, 1978). Se considera que la mayor diversidad de ejemplares se presenta en dos regiones; Sudamérica que incluye los Andes, las regiones áridas de Perú, Chile, Argentina y finalmente Norteamérica que comprende desde el centro de México hasta el suroeste de los Estados Unidos de América (Scheinvar *et al.*, 2011).

México tiene una gran diversidad de plantas a nivel mundial, se considera que posee del 4 al 8 % de la flora (Ramírez-Flores *et al.*, 2015), esto es motivado por la coexistencia de los reinos biogeográficos: Holártico y Neo tropical, aunado a los diferentes tipos de relieve, con altitudes desde el nivel del mar hasta 5,610 m, además de diferentes tipos de suelos y la presencia de las cordilleras (Scheinvar *et al.*, 2011).

### **3.3. Problemática**

En la flora nativa, existe una familia con muchas amenazas, son las cactáceas que requieren condiciones especiales para su reproducción y permanencia (Peters *et al.*, 2014), se han reportado 285 especies que se encuentran en peligro de extinción, esto es debido al comercio ilegal, estas especies se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y a nivel internacional con la lista de Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES por sus siglas en inglés) y Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN (Santos-Díaz *et al.*, 2011).

En México, se ha implementado un instrumento de la normatividad para la protección de las especies de flora y fauna, es la NOM-059-SEMARNAT-2010, que tiene como antecedente su publicación en 1994, es una herramienta de la política ambiental, por lo tanto la norma ha sido modificada en el 2000 y la última versión corresponde al 2010, que incluye un listado de especies en diferentes categorías: en peligro de extinción (P),

amenazada (A) y sujeta a protección especial (Pr) a manera de un listado de especies (García-Aguilar *et al.*, 2017)

Existen diferentes factores que afectan las poblaciones de cactáceas y están en riesgo constante, entre los principales destacan perturbaciones de hábitat, la urbanización, daño por el ganado doméstico, consumo por herbívoros, presencia de plagas como *Cactoblastis cactorum*, entre otras (Bravo-Aviles *et al.*, 2019).

### **3.4. Comercio ilegal**

A nivel mundial se considera que sólo el 19 % de las cactáceas se comercializan de forma legal, con documentación y procesos legales (Olmos-Lau y Mandujano, 2016), mientras que los ejemplares que son vendidos de manera ilegal propician la extracción ilegal y son vendidos de manera indirecta por página web y correo electrónico y su envío es por paquetería lo que hace imposible el rastreo de estas tracciones que facilita y fomenta el comercio ilegal de estas plantas (Ceballos y Kepel, 2009).

Las personas que extraen las cactáceas mediante las colectas ilegales generalmente alteran su hábitat y los procesos evolutivos de las especies (Maiti y Singh, 2016; Santos-Díaz *et al.*, 2011). La recolección ilegal es una amenaza para las poblaciones naturales, debido a que se extrae una gran cantidad de individuos para su comercialización, causando daños físicos en los individuos colectados y en los que permanecen en el sitio (Ashworth *et al.*, 2009). Se desconoce la cantidad de individuos extraídos ilegalmente a nivel mundial (Terry, 2008).

Actualmente se están realizando análisis de ADN para identificar la procedencia de las semillas y ejemplares que se utilizan en los viveros hortícolas y que ayude a determinar la procedencia de legal o ilegal como medida de control en el comercio mundial (Novoa *et al.*, 2017).

### 3.5. Descripción botánica y distribución de las especies de cactáceas

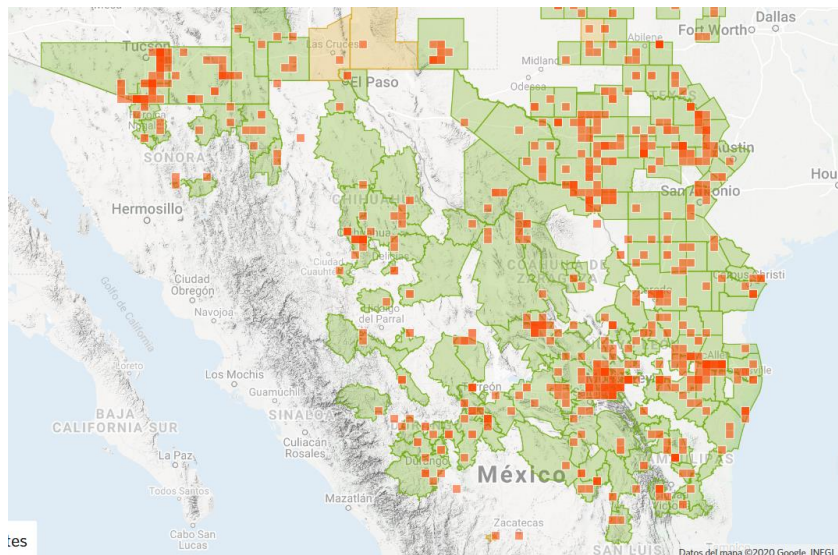
#### 3.5.1 Biznaga china, Coral Cactus (ingles). *Mammillaria heyderi* Muehlenpf.

##### 3.5.1.1 Descripción botánica

Tallo simple, hemisférico a subgloso, aplanado, de 8 a 30 cm de diámetro y de 3 a 10 cm de altura. Tubérculos dispuestos generalmente en 13 y 21 series espiraladas, pero también en 8 y 13 o en 21 y 34 series, subcónicos hasta subpiramidales, con la base más o menos cuadrangular y siempre redondeados en el ápice, provistos de jugo lechoso. Axilas generalmente desnudas, a veces lanosas cuando jóvenes, sin cerdas. Las aréolas son redondeadas, al principio escasamente lanosas, pronto desnudas. Las espinas son radiales 7 a 24 cm, aciculares, de menos de 0.5 mm de diámetro, radiadas, desde casi horizontales hasta más o menos ascendentes; las superiores más cortas que las inferiores, de 4 a 10 mm de longitud, las inferiores de 7 a 15 o hasta 20 mm de longitud, de color blanquecino, amarillento, encarnado pálido o castaño claro con la punta parda a negruzca. Posee espinas centrales hasta 2 espinas, gruesamente aciculares hasta delgadamente subuladas, de 4 a 10 mm de longitud, porrectas, rígidas, lisas, de color castaño claro hasta amarillentas, con la punta muy oscura. Las flores son campanuladas, de 25 a 35 mm de longitud, de 15 hasta 40 mm de diámetro; segmentos interiores del perianto lineares hasta linear-lanceolados, agudos, acuminados, mucronados o hasta emarginados, con el margen entero o aserrado de color crema casi blanco, crema rosado pálido o crema verdoso pálido, con la línea media delgada, rosada, rojiza o purpurina; filamentos blancos a verdosos, frecuentemente arriba con tintes rosados; anteras amarillo pálido hasta amarillo azufre; estilo apenas sobresaliendo de las anteras o al mismo nivel, de color blanquecino con tintes verdosos, rosados o amarillentos; lóbulos del estigma 5 a 9, rojizos o verdosos (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978).

##### 3.5.1.2 Distribución

Se encuentra en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (CONABIO, 2020) (Ver Figura 1)



**Figura 1.** Distribución de *Mammillaria heyderi* Muehlenpf (CONABIO, 2020)

### 3.5.2 Alicoche real, Strawberry Cactus (ingles). *Echinocereus enneacanthus* Engelm.

#### 3.5.2.1 Descripción botánica

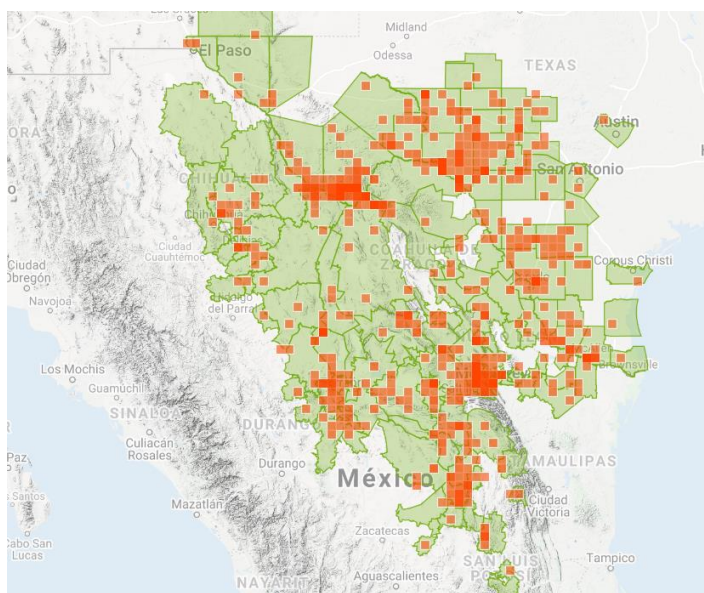
Son plantas cespitosas, que forman clones hasta de 100 tallos. Sus tallos son cilíndricos, largos cerca de 70 cm de longitud, y de 5 a 10 cm de diámetro, frecuentemente postrados, de consistencia suave y de color verde claro. Poseen de 7 a 10 costillas prominentes, marcadamente tuberculadas. Sus aréolas son distantes entre sí de 6 a 40 mm, son circulares de 3 mm de diámetro, con fieltro gris cuando jóvenes, parcialmente caduco persistiendo en parte en las aréolas viejas.

Las espinas son radiales 7 a 12, blancas, rectas o ligeramente encorvadas, de longitud y espesor muy variables; las superiores generalmente más cortas, apenas de 6 a 15 mm de longitud; las laterales y las inferiores más largas, de 13 a 25 mm de longitud. Espina central una, robusta, porrecta o ligeramente deflexa, con la base bulbosa, cuando joven de sección circular y blanca, con la edad de sección más o menos aplanada y de color más oscuro, especialmente hacia la base, al principio apenas algo más larga que las espinas radiales, después mucho más larga que éstas, hasta de 3 a 5 cm de longitud; frecuentemente existen dos espinas centrales adicionales más cortas que la principal,

dirigidas hacia arriba. Posee flores de 5 a 7.5 cm de longitud de diámetro similar, de color púrpura rojizo; 10 a 20 segmentos exteriores del perianto, de color rosa con el centro castaño verdoso, con el margen ondulado; 12 a 35 segmentos interiores del perianto van 12 a 35, dispuestos en 1 a 3 hileras, oblongo-lineares o espatulados, con el margen entero o dentado, con el ápice agudo u obtuso; estambres más cortos que los pétalos; filamentos verdosos; anteras amarillas; estilo blanquecino; lóbulos del estigma 8 a 12, largos y delgados, verdes; tubo receptacular con aréolas provistas de lana y espinas setosas, hasta de 13 mm de longitud. Fruto globoso, de unos 25 mm de longitud, verdoso a castaño o purpúreo, con aréolas que llevan espinas setosas, caducas; pulpa jugosa y de sabor agradable, comestible (Bravo Hollis y Sánchez-Mejorada R., 1978).

### 3.5.2.2 Distribución

Se encuentra presente en Sonora, Chihuahua, Coahuila de Zaragoza y Nuevo León (CONABIO, 2020) (Ver Figura 2).



**Figura 2.** Distribución de *Echinocereus enneacanthus* Engelm (CONABIO, 2020)

### 3.5.3 Biznaga-barril costillona, Turk's Head (ingles). *Ferocactus hamatacanthus* (Muehlenpf.) Britton y Rose

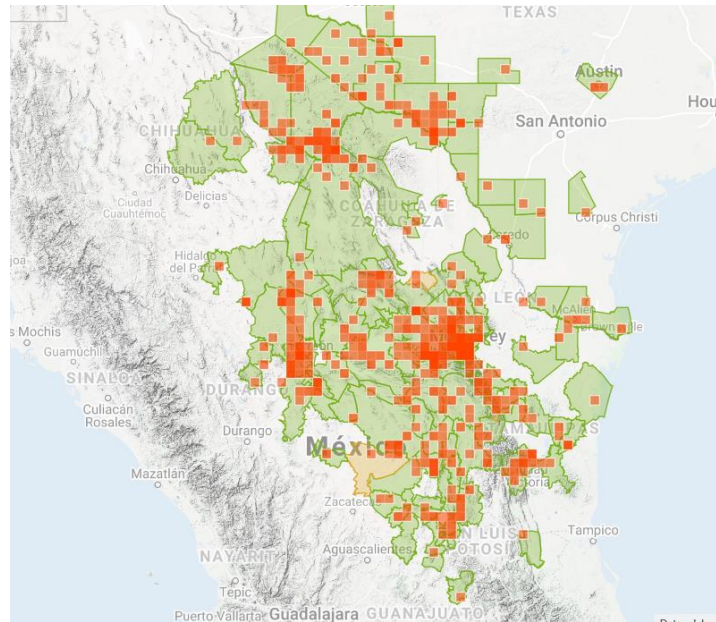


### 3.5.3.1 Descripción botánica

Son plantas simples o con brotes en la base, poseen tallos globosos a cilíndricos de 30 a 60 cm de longitud y 20 a 30 cm de diámetro, de color verde oscuro y de consistencia suave. Generalmente tiene de 13 a 17 costillas, son delgadas, tuberculadas, aproximadamente de 5 cm de altura. Las aréolas son distantes entre sí 3 a 7 cm, grandes, circulares hasta elípticas, de 6 a 7 mm de diámetro, con la región florífera bien definida, cuando son jóvenes poseen una pigmentación amarillenta, que con el paso del tiempo se vuelve grisáceo. Posee de 8 a 20 espinas radiales; son erectas, aciculares que van de 1.5 a 4 cm de longitud y de 0.5 a 0.7 mm de diámetro, principalmente de color paja o castaño. Espinas centrales 4 a 8, muy largas, de 6 a 15 cm de longitud, aciculares o subuladas, ligeramente aplanadas, anuladas, algo torcidas; las tres superiores rectas hasta flexuosas, la inferior con la punta ganchuda, todas de color pajizo hasta castaño rojizo, las jóvenes con la base purpúrea y el resto amarillento. Posee flores infundibuliformes, de 6.5 a 8 cm de longitud o más, amarillas; pericarpelo largo y angosto, provisto de escamas espaciadas, semicirculares, con el margen ciliado, rojizo; tubo receptacular corto y más o menos grueso, llevando escamas semejantes a las del pericarpelo aunque más grandes; segmentos exteriores del perianto, oblanceolado-cuneados, de 2.5 a 3 cm de longitud y 7.5 a 10 mm de anchura, con el margen ciliado o entero y el ápice obtuso o agudo, con la franja media verde y rojiza y el borde amarillo; segmentos interiores del perianto oblanceolados, con el ápice mucronado y el margen entero, de color amarillo limón arriba y la base roja; filamentos amarillos; anteras amarillas; estilo amarillo; lóbulos del estigma 15 a 18, delgados; cámara nectarial en torno de la base del estilo. El fruto es oblongoelipsoideo, de 3 a 5 cm de longitud, carnoso y jugoso, al principio amarillo verdoso, después con tinte castaño, con escamas semicirculares, pequeñas y ciliadas, distanciadas entre sí. Semillas ovoides, de 1.4 a 1.6 mm de longitud, con testa foveolada, negra (Bravo Hollis y Sánchez Mejorada R., 1978).

### 3.5.3.2 Distribución

En los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y San Luis Potosí (CONABIO, 2020) (Ver Figura 3)



**Figura 3.** Distribución de *Ferocactus hamatacanthus* (CONABIO, 2020)

### 3.5.4 Biznaga pezón bicolor, Glory of Texas (ingles). *Thelocactus bicolor* (Galeotti ex Pfeiff.) Britton y Rose

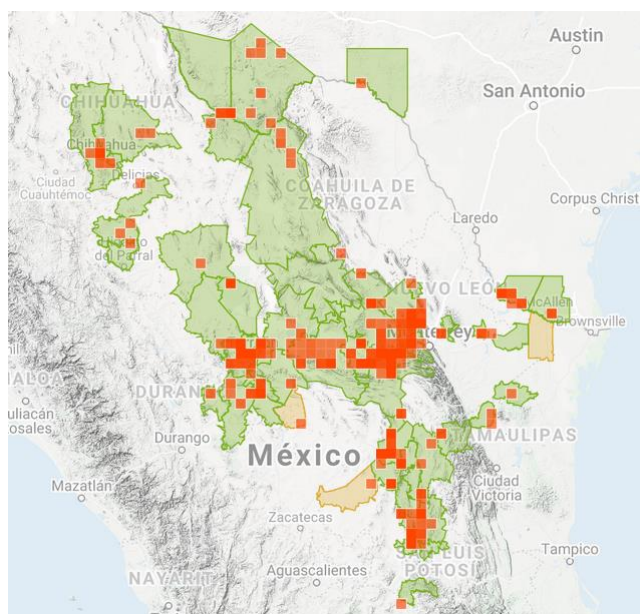
#### 3.5.4.1 Descripción botánica

Plantas simples, poseen 7 a 20 tallos ovoides o cilíndricos, hasta con una altura de 35 cm, mientras que los otros tallos son de 5 hasta 15 cm de diámetro de color verde glauco. Poseen de 8 a 13 costillas, son bajas, redondeadas, rectas o poco espiraladas, son divididas en tuberculos bajos que se pueden alcanzar a diferenciar. Las areolas son circulares o alargadas, son lanosas cuando jóvenes y después desnudas. Las espinas de esta especie son muy variables de tamaño, forma y color, las radiales son numerosas (7 a 25 son principalmente delgadas), posee espinas radiales superiores que van desde 1 mm hasta los 75 mm de longitud, pueden ser aplanadas, rectas o encorvadas; las espinas restantes son aciculares, radiales de 1 a 3 cm de longitud, se encuentran entrelazadas con las areolas vecinas, poseen colores muy variados (blancas,

amarillentas o rojizas) a veces múltiples colores variegados en una sola espina. Espinas centrales generalmente 1 a 4, los 3 superiores, cuando existen, extendidas como las radiales, rectas, la inferior más larga, porrecta, recta, de 2.5 a 3 cm de longitud y 1 mm de anchura, aplanadas, de colores variados, blanco, amarillo, rojizo, o purpúreo, que pueden combinarse a manera de bandas horizontales en una sola espina. Las flores se encuentran dispuestas en el ápice de la planta de 5 a 6.5 cm de longitud y 5 a 6 cm de diámetro; pericarpelo globoso, verdoso, provisto de escamas imbricadas con axilas desnudas, verdosas con la punta de color castaño; tubo receptacular escamoso, abajo verde, arriba de color castaño con tinte rosado; escamas del tubo ovales, en transición con los segmentos exteriores del perianto, éstos de color rosa púrpura; segmentos interiores del perianto lanceolados, acuminados, de color rosa purpúreo, con la base más oscura y rojiza; de numerosos estambres, como de la mitad de la longitud de los pétalos; filamentos blancos, rara vez amarillentos o hasta purpúreos, anteras amarillo cromo; estilo blanquecino, a veces con tintes rosado rojizos; lóbulos del estigma 10 u 11, cortos, de color amarillo anaranjado. El fruto es pequeño de 12 mm de longitud y 9 a 12 mm de diámetro, provisto de escamas fimbriadas, de color castaño rojizo. Las semillas tienen las siguientes dimensiones; 2.5 mm de longitud, de 1.75 mm de anchura y 1.25 mm de espesor; hilo basal circular; testa reticulado-papilosa, negra (Bravo Hollis y Sánchez Mejorada R., 1978)

#### 3.5.4.2 Distribución

Planta endémica de Chihuahua, Coahuila de Zaragoza, Durango, Nuevo León y Tamaulipas (CONABIO, 2020) (Ver Figura 4)



**Figura 4.** Distribución de *Thelocactus bicolor* (CONABIO, 2020)

### 3.5.5 Alicoche sanjuanero, strawberry hedgehog cactus (ingles). *Echinocereus stramineus* (Engelm.) F. Seitz

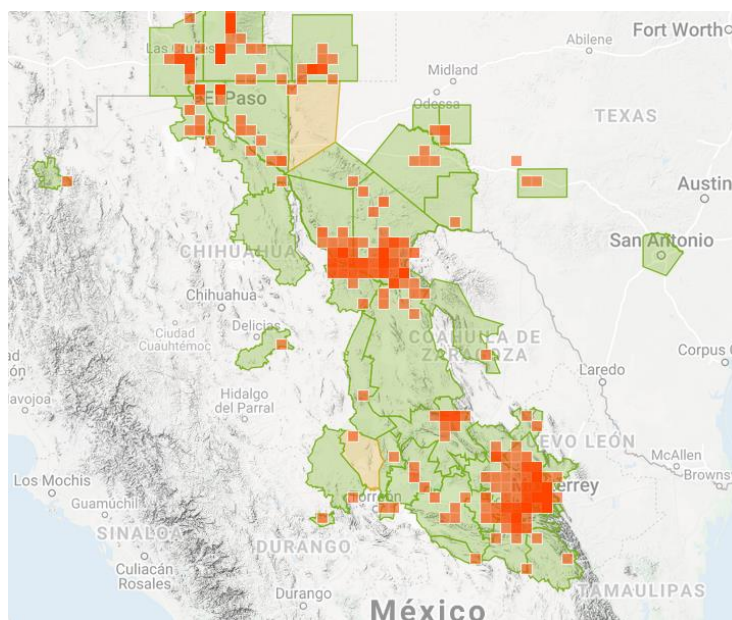
#### 3.5.5.1 Descripción botánica

Las plantas de esta especie forman conglomerados más o menos hemisféricos, que alcanzan un diámetro 1 a 2 metros. Los tallos son ovado-cilíndricos, algo angostados hacia el ápice, con dimensiones de; 12 a 25 cm de longitud y de 3 a 7 cm de diámetro y se encuentran ocultos por las espinas. Poseen de 11 a 13 costillas de borde angosto y algo tuberculado; de surcos intercostales profundos. Las aréolas son pequeñas, circulares, distantes entre sí de 1 a 2 cm, con lana blanca cuando son jóvenes. Las espinas son blancas y pueden ser de color paja con tinte rosado o castaño, además de ser traslúcidas, pudiendo ser delgadas o de grosor medio, su base es bulbosa. Con 7 a 14 de espinas radiales de con una longitud de 1 a 4 cm, de tamaño variable, aun en la misma aréola, de sección redondeada, rectas o algo curvas. Posee de 2 a 5 espinas centrales, de 9 cm de longitud, de sección redondeada o ligeramente aplanada delgadas en relación con su longitud, algo más oscuras que las radiales, rectas o curvas, la inferior generalmente porrecta en tanto que las otras se extienden en todas direcciones

entrelazándose con las de las aréolas vecinas. Las flores son grandes de 10 a 12 cm de diámetro, de color rojo púrpura; poseen de 10 a 15 segmentos exteriores del perianto, de color rosa, con el centro verdoso; de 15 a 20 segmentos interiores del perianto estos son más largos que los exteriores, de base angosta, ensanchándose hacia el ápice, de cerca de 12 mm de anchura hacia la punta, en la parte baja su color es rojo purpúreo y gradualmente rosados hacia arriba, con el margen más o menos dentado, el ápice obtuso y eroso; las escamas del pericarpelo y del tubo receptacular con axilas provistas de 2 a 5 espinas setosas, cortas y blancas; filamentos cortos y rojos; anteras amarillas; estilo largo, rojo; lóbulos del estigma 10 a 13, verdes. Florece en primavera. Fruto globoso, de 3 a 4 cm de diámetro, rojo, al principio espinoso y después desnudo, comestible. Semillas de 1.5 mm de diámetro, algo oblicuas (Bravo Hollis y Sánchez Mejorada R., 1978).

### 3.5.5.2 Distribución

Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (CONABIO, 2020) (Ver Figura 5)



**Figura 5.** Distribución de *Echinocereus stramineus* (Engelm.) F. Seitz (CONABIO, 2020)

### 3.6. Taxonomía

De acuerdo con *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2015), Naturalista e ITIS Global las especies de cactáceas se puede clasificar en:

3.6.1 Clasificación de Biznaga china, Coral Cactus (ingles). *Mammillaria heyderi* Muehlenpf

<b>Reino</b>	Plantae	
<b>Filo</b>	Tracheophyta	(Plantas vasculares)
<b>Subfilo</b>	Angiospermae	(Plantas con flores)
<b>Clase</b>	Magnoliopsida	(Dicotiledóneas)
<b>Orden</b>	Caryophyllales	
<b>Familia</b>	Cactaceae	
<b>Género</b>	Mammillaria	
<b>Especie</b>	heyderi	

3.6.2 Clasificación de Alicoche real, Strawberry Cactus (ingles). *Echinocereus enneacanthus* Engelm.

<b>Reino</b>	Plantae	
<b>Filo</b>	Tracheophyta	(Plantas vasculares)
<b>Subfilo</b>	Angiospermae	(Plantas con flores)
<b>Clase</b>	Magnoliopsida	(Dicotiledóneas)
<b>Orden</b>	Caryophyllales	
<b>Familia</b>	Cactaceae	
<b>Género</b>	<i>Echinocereus</i>	
<b>Especie</b>	<i>enneacanthus</i>	

3.6.3 Clasificación de Biznaga-barril costillona, Turk's Head (ingles). *Ferocactus hamatacanthus* (Muehlenpf.) Britton y Rose

<b>Reino</b>	Plantae	
<b>Filo</b>	Tracheophyta	(Plantas vasculares)

<b>Subfilo</b>	Angiospermae	(Plantas con flores)
<b>Clase</b>	Magnoliopsida	(Dicotiledóneas)
<b>Orden</b>	Caryophyllales	
<b>Familia</b>	Cactaceae	
<b>Género</b>	Ferocactus	
<b>Especie</b>	hamatacanthus	

3.6.4 Clasificación de Biznaga pezón bicolor, Glory of Texas (ingles). *Thelocactus bicolor* (Galeotti ex Pfeiff.) Britton y Rose

<b>Reino</b>	Plantae	
<b>Filo</b>	Tracheophyta	(Plantas vasculares)
<b>Subfilo</b>	Angiospermae	(Plantas con flores)
<b>Clase</b>	Magnoliopsida	(Dicotiledóneas)
<b>Orden</b>	Caryophyllales	
<b>Familia</b>	Cactaceae	
<b>Género</b>	<i>Thelocactus</i>	
<b>Especie</b>	bicolor	

3.6.5 Clasificación de Alicoche sanjuanero, strawberry hedgehog cactus (ingles). *Echinocereus stramineus* (Engelm.) F. Seitz

<b>Reino</b>	Plantae	
<b>Filo</b>	Tracheophyta	(Plantas vasculares)
<b>Subfilo</b>	Angiospermae	(Plantas con flores)
<b>Clase</b>	Magnoliopsida	(Dicotiledóneas)
<b>Orden</b>	Caryophyllales	
<b>Familia</b>	Cactaceae	
<b>Género</b>	<i>Echinocereus</i>	
<b>Especie</b>	<i>stramineus</i>	

### 3.7. Rescate de Cactáceas

Las cactáceas se encuentran amenazadas por los cambios de uso del suelo y por las actividades humanas, debido a su explotación y a la destrucción de su hábitat, por lo tanto, el rescate de flora es una estrategia para la protección de especies de cactáceas (Jiménez-Sierra *et al.*, 2007). De acuerdo a la normatividad, en los cambios de uso de suelo, donde se da el proceso de remoción de vegetación es importante realizar el rescate de plantas en cumplimiento con el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (SEMARNAT, 2018).

Las actividades humanas de remoción de vegetación en la construcción de carreteras, de apertura de minas o desarrollos habitacionales, donde el rescate y reubicación de cactáceas como la reina de la noche *Peniocereus greggii*, es una alternativa para preservar los individuos y la diversidad de cactáceas (Thornton, 2018).

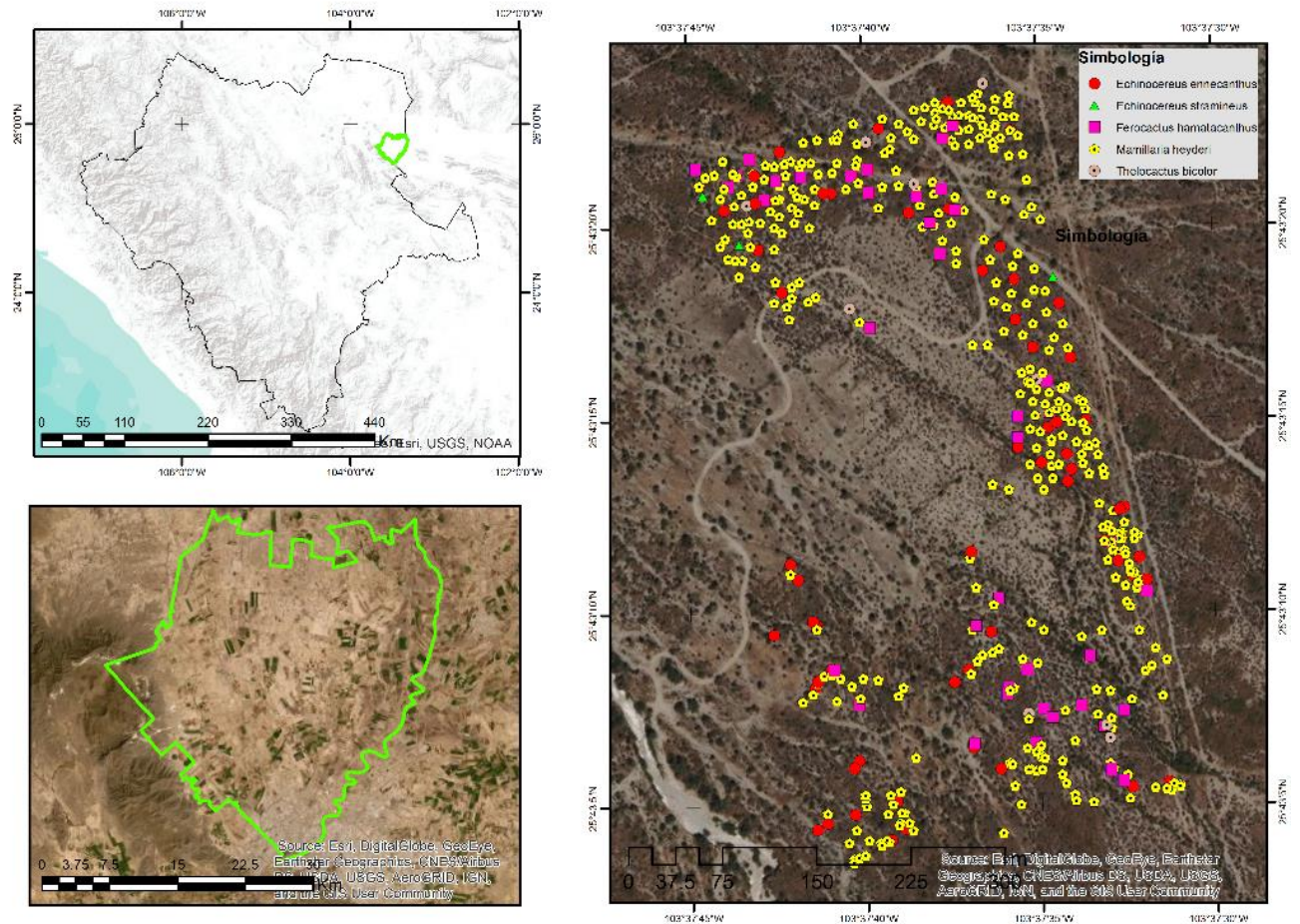
El rescate de flora con énfasis en las cactáceas, es una estrategia para la conservación de las plantas y superar la extinción de ciertas poblaciones, con experiencias exitosas en el rescate de cactáceas amenazadas con una distribución restringida, como las extraídas en la construcción de líneas eléctricas obras realizadas por Comisión Federal Electricidad (CFE), que se han extraído y depositado en viveros y jardines botánicos y que finalmente se han reintroducido a su hábitat natural (Santos-Díaz *et al.*, 2010).



## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización del área de estudio

El área de estudio se encuentra en el municipio de Gómez Palacio, Durango como se observa en la Figura 6, el predio está ubicado en la zona de bajada cercana a la Sierra del Sarnoso. Se ubica en las coordenadas geográficas 25°43'26.1"N y 103°37'43.4"W, con una altitud de 1,170 m (INEGI, 2015).



**Figura 6.** Ubicación del área de estudio y presencia de cactáceas en el predio.

El tipo de clima es muy seco semicálido BWhw, con altas temperaturas en primavera y verano, y con escasa precipitación con 251.4 mm anuales, con temperaturas registradas; máxima de 29.8 °C, una media de 22.5°C y una mínima de 15.3 °C anualmente (CONAGUA, 2017). En el sitio de estudio predomina el matorral desértico micrófilo, es

considerado que los materiales parentales de caliza y suelos de origen calcáreo representan una gran riqueza para múltiples especies, principalmente las cactáceas como es el caso en la Sierra el Sarnoso, que comparte condiciones ambientales muy similares al área de estudio (Arellano *et al.*, 2018).

El presente estudio se realizó del 10 al 25 de Julio de 2017, fue derivado de un programa de rescate de flora en una remoción de vegetación de un cambio de uso de suelo de tipo forestal a uso industrial. Los ejemplares rescatados fueron identificados utilizando las claves de Bravo-Hollis (1978) y las guías de campo Flores (2005) y Wilson (1985), además se realizó la consulta de las plataformas <https://www.naturalista.mx> y <https://www.gbif.org/species>. Se registraron las coordenadas geográficas de cada uno de los individuos con equipo receptor GPS Garmin eTrex 10, además una fotografía para observar su condición física de las plantas rescatadas como se observa en la Figura 7.

#### 4.2 Análisis estadísticos

Los datos fueron capturados en una hoja de cálculo de Excel para posteriormente procesarlos y transformarlos a formato vectorial shape (.shp). Una vez transformados los datos se realizó un pronóstico de distribución de cada una de especies de cactáceas utilizando el método Krigin ordinario con la ayuda del software Arc Map 10.5 de ESRI y posteriormente se realizaron pruebas de correlación espacial utilizando el índice de Moran.

La mortalidad de ejemplares se evaluó mediante un Análisis de varianza (ANOVA) de un factor, posteriormente se realizó un análisis de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del  $P < 0.05$ , todo esto con la ayuda del programa PASW Statistics 18 de IBM® También se calculó el porcentaje de mortalidad con la siguiente formula;

$$\text{Porcentaje de mortalidad (\%)} = \frac{\text{Número de muertes}}{\text{Cantidad total de individuos}} * 100$$

La fórmula general de Kriging usada es:

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

Donde:

$Z(s_i)$  = El valor medido en la ubicación  $i$

$\lambda_i$  = Ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación  $i$

$s_0$  = Ubicación de la predicción

$N$  = Cantidad de valores medidos



## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se cuantificaron 487 ejemplares de las especies: biznaga de chilitos (*Mammillaria heyderi* Muehlenpf) (370), alicoche (*Echinocereus enneacanthus* Engelm.) (63), biznaga barril costillona (*Ferocactus hamatacanthus* (Mühl.) Britt. y Rose) (42), biznaga pezón bicolor (*Thelocactus bicolor* (Galeotti ex Pfeiff.) Britton y Rose) (9) y alicoche sanjuanero (*Echinocereus stramineus* (Engelm.) F. Seitz) (3), en la Figura 7 se observa la ubicación de cada ejemplar en el área de estudio.



**Figura 7.** Ejemplares por especie de cactáceas: *Mammillaria heyderi* Muehlenpf, *Echinocereus enneacanthus* Engelm, *Ferocactus hamatacanthus* (Mühl.) Britt. y Rose, *Thelocactus bicolor* Galeotti ex Pfeiff. Britton y Rose y *Echinocereus stramineus*,

La abundancia de los ejemplares de *M. heyderi* coincide con el estudio de Villaseñor, (2016) donde reporta que esta especie se distribuye en los estados de Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango, Zacatecas y se considera una planta nativa de importancia, ya que sus frutos (chilitos) son alimentos de los habitantes en las zonas áridas y semiáridas de México (Segura *et al.*, 2018).

De las especies encontradas en el predio, si bien no están listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, su importancia permanece en que las cactáceas son plantas consideradas de lento crecimiento y difícil regeneración y por ello se deben aplicar programas de rescate y reubicación en el proceso del cambio de uso de suelo en terrenos forestales para de esta forma lograr la conservación de la diversidad biológica de las zonas semiáridas de México.

**Cuadro 1.** Cactáceas rescatadas con daño físico y mortalidad

<b>Nombre científico</b>	<b>Dañados</b>	<b>Sin daño</b>	<b>Total</b>	<b>Mortalidad (%)</b>
<b><i>Echinocereus enneacanthus</i></b> Engelm.	41	22	63	65.08
<b><i>Echinocereus stramineus</i></b> (Engelm.) F.Seitz	0	3	3	0.00
<b><i>Mammillaria heyderi</i></b> Muehlenpf	2	368	370	0.54
<b><i>Ferocactus hamatacanthus</i></b> (Mühl.) Britton y Rose	2	40	42	4.76
<b><i>Thelocactus bicolor</i></b> Galeotti ex Pfeiff.) Britton y Rose	1	8	9	11.11

El daño fue diferente para cada una de las especies ( $F = 142.29$ ,  $gl = 486$   $P = 0.000$ ).

La especie con menor daño fue *E. stramineus* ( $\mu = 1.000_a$ ), seguida de *M. heyderi* ( $\mu = 1.005_a$ ), *F. hamatacanthus* ( $\mu = 1.047_a$ ), *T. bicolor* ( $\mu = 1.111_a$ ), y la que obtuvo un mayor daño fue *E. enneacanthus* ( $\mu = 1.650_b$ ), donde esta susceptibilidad se puede atribuir a la densidad del conglomerado con dos hasta 50 ejemplares, lo que puede generar daños físicos al momento de extraer cada uno de los individuos de su hábitat como se puede observar en la Figura 8.



**Figura 8.** Ejemplares de cactáceas rescatados, en la derecha plantas muertas

La especie con mayor porcentaje de mortalidad fue *E. enneacanthus* (65.07 %), seguido de *T. bicolor* (11.11 %), *F. hamatacanthus* (4.76 %) y finalmente con menor porcentaje *M. heyderi* (0.541 %), concentrados en el Cuadro 1.

Los resultados indican que *E. enneacanthus* es muy susceptible de afectaciones durante el rescate, esto porque se encuentra en grupos de varios individuos de 2 hasta 350 tallos (Pineda, 2015), que están unidos por las raíces y los tallos, que al momento de separarlos se dañan cada uno de los individuos, además existen resultados de pérdida de cactáceas de acuerdo con Thomas (2006) por la acción del fuego, donde los ejemplares de *Echinocereus pectinatus* presentaron una mayor mortalidad.

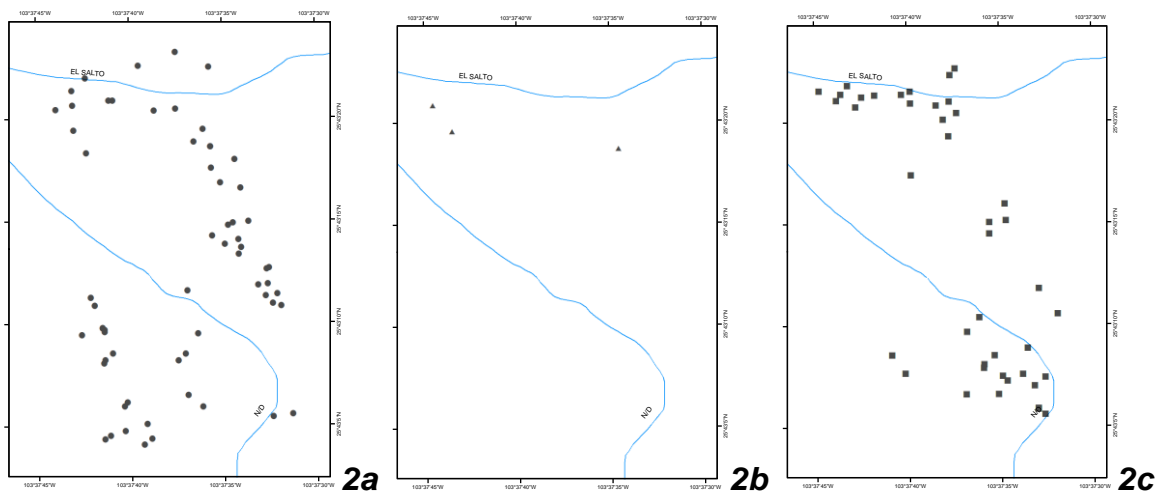
Las especies rescatadas y que sobrevivieron se trasladaron a un área de reubicación o lugar permanente donde se establecieron acondicionando el terreno para proporcionar las mejores condiciones a las plantas como se muestra en la Figura 9.

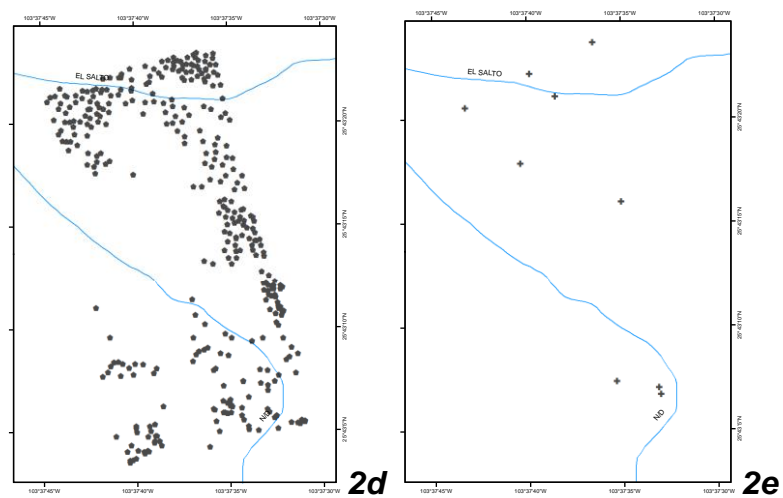




**Figura 9.** Área de reubicación de las especies de cactáceas

Los resultados del análisis de Kriging por número de cactáceas se muestran en la figura 10, donde la dominancia de los ejemplares con un solo individuo fue lo más evidente en esta área.

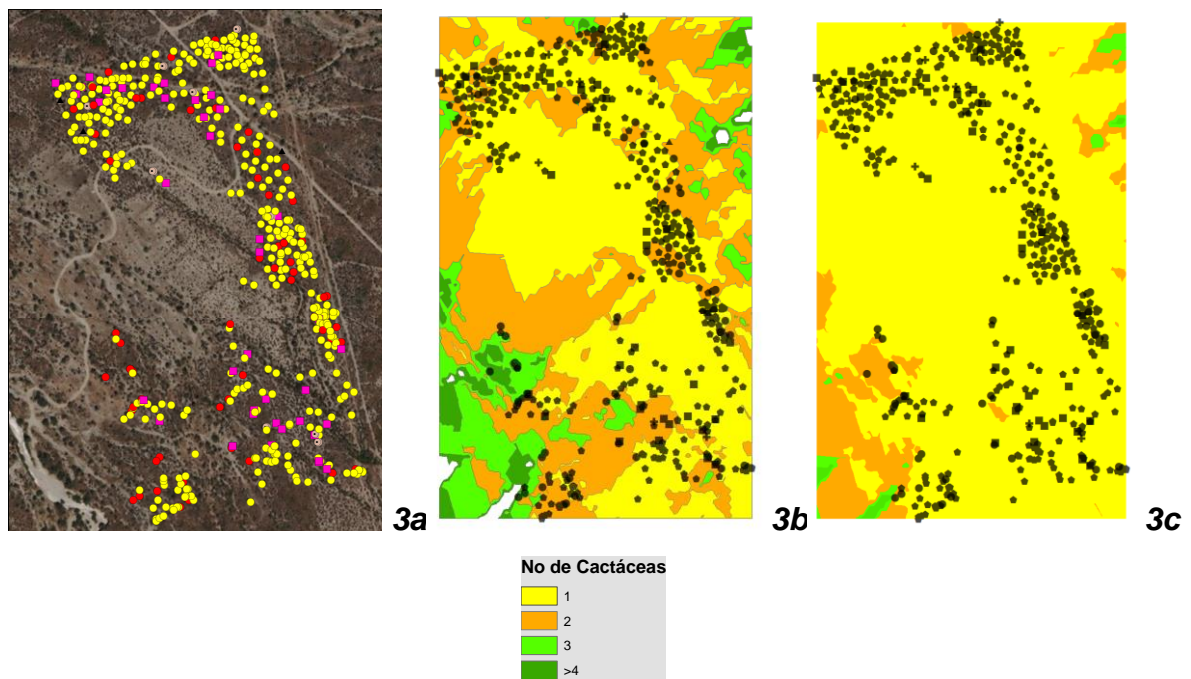




**Figura 10.** Mapa de ubicación de los ejemplares por especie de cactáceas, 2a *Echinocereus enneacanthus* Engelm, 2b *Echinocereus stramineus* (Engelm.) F. Seitz, 2c *Ferocactus hamatacanthus* (Mühl.) Britt. y Rose, 2d *Mammillaria heyderi* Muehlenpf y 2e *Thelocactus bicolor* Galeotti ex Pfeiff. Britton y Rose.

Los resultados indican una dispersión aleatoria con  $-0.632$ , el índice esperado de  $-0.125$ , con varianza de  $0.20$ , la puntuación de  $z$  fue de  $-1.120$ , un valor de  $P = 0.26$  y con un umbral de distancia de  $159$  m. El patrón de dispersión de las cactáceas es aleatorio, como se observa en la Figura 11, se considera como la forma más común en la naturaleza, donde cada individuo es independiente de la presencia de otros de su misma especie (Británica, 2020)





**Figura 11.** Mapa localización (3a), mapa de interpolación de Kriging por número de cactáceas (3b) y mapa de predicción del error estándar (3c) para mostrar las áreas donde no hay datos de presencia de cactáceas.

El estudio muestra que la distribución de cactáceas es impredecible, debido a que su presencia está determinada por la colonización sucesional y la competencia por el espacio en el matorral desértico micrófilo (Ulrich *et al.*, 2016). Estas evaluaciones permite conocer los patrones de distribución espacial de las plantas que permita identificar las interacciones de coexistencia con otras especies, procesos de sucesión (Ulrich *et al.*, 2018). Es necesario evaluar las principales condiciones ambientales que determinan la presencia de cada una de las especies de cactáceas que habitan en el Desierto Chihuahuense.

## **VI. CONCLUSIONES**

El proceso de rescate de cactáceas genera en promedio 16.3 % de mortalidad en los ejemplares, siendo mayor en las plantas de *E. enneacanthus* alcanzando hasta el 65.07%. Es importante evaluar la presencia de las especies de cactáceas en función de distintos factores ambientales y edáficos

El patrón es aleatorio para las cinco especies estudiadas, estas pruebas pueden facilitar la generación de mapas de distribución para especies de zonas áridas con el objetivo de proteger los ejemplares que se encuentran en peligro de extinción.

## **VII. RECOMENDACIONES**

En el proceso de rescate de las cactáceas es indispensable considerar aspectos de capacitación del personal para que realice un adecuado proceso de extracción y manejo de las plantas, lo que puede disminuir el daño en los ejemplares.

En la determinación del patrón de las cactáceas es adecuado implementar un análisis complementario en el programa R que permitiría analizar de una forma más amplia el patrón y distribución de las especies.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Flores, A. (2005). *Guía de cactáceas del estado de Coahuila* (S. del M. A. Coahuila (ed.)).
- Arellano, J. R. E., Estrada-Castillón, A. E., Salinas-Rodriguez, M. M., Salas, J. S., Puente, E. O. R., y Hernández, C. M. (2018). Cactus diversity in the Sierra del Rosario, Durango, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(13), 133–141.
- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., y Oyama, K. (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142(5), 1050–1057.
- Bárcenas, R. T., Yesson, C., y Hawkins, J. A. (2011). Molecular systematics of the Cactaceae. *Cladistics*, 27(5), 470–489.
- Bravo-Avilez, D., Zavala-Hurtado, J. A., y Rendón-Aguilar, B. (2019). Damage in Cactaceae, their geographic distribution and new evidences. *Botanical Sciences*.
- Bravo-Hollis, H. (1978). Las cactaceas de Mexico: vol 1. *Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico*.
- Bravo Hollis, H., y Sánchez Mejorada R., H. (1978). *Las cactáceas de México - SIBE*.
- Británica, E. de la E. (2020). Random dispersion. In *Enciclopedia Británica [Versión electrónica]*. <https://www.britannica.com/science/random-dispersion>
- Ceballos, E., y Kepel, A. (2009). *Internet trade of CITES species of animals in Ecuador Research done and Report prepared by Authors of the report*.
- Chen, Y. (2013). New Approaches for Calculating Moran's Index of Spatial Autocorrelation. *PLoS ONE*.
- Christopher S. Robbins y Rolando Tenoch Bárcenas Luna. (2003). *Prickly Trade: Trade and Conservation of Chihuahuan Desert Cacti*. Fondo Mundial para la Naturaleza.
- CONABIO. (2020). *Naturalista*. <https://www.naturalista.mx/>
- CONAGUA. (2017). *Normales Climatológicas por Estación*. <http://smn.cna.gob.mx/es/>
- García-Aguilar, M. C., Luévano-Esparza, J., & Cueva, H. D. L. (2017). La fauna nativa de México en riesgo y la NOM-059: ¿ Están todos los que son y son todos los que están?. *Acta zoológica mexicana*, 33(2), 188-198.
- GBIF. (2015). *Free and open access to biodiversity data*. Global Biodiversity Information Facility.
- González-Elizondo, M., González-Elizondo, M. S., González-Gallegos, J. G., Tena-Flores, J. A., López Enriquez, I. L., Ruachogonzález, L., y Retana-Rentería, F. I. (2017). Updated checklist and conservation status of Cactaceae in the state of Durango, Mexico. *Phytotaxa*.
- González Elizondo M., González Elizondo, M. S., Retana Rentería, F. I., Ruacho González, L. I., López Enríquez, L. y J. A. T. F. (2015). *Florística de las Cactáceas de Durango*. CONABIO.

- Jiménez-Sierra, C., Mandujano, M. C., & Eguiarte, L. E. (2007). Are populations of the candy barrel cactus (*Echinocactus platyacanthus*) in the desert of Tehuacán, Mexico at risk? Population projection matrix and life table response analysis. *Biological Conservation*, 135(2), 278-292.
- INEGI. (2015). *Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000 serie III. G13D25 (Torreón)*.
- Loza-cornejo, S., Aparicio-fernández, X., Patakfalvi, R. J., y Rosas-saito, G. H. (2017). Caracteres anatómicos y fitoquímicos del tallo y raíz de *Mammillaria uncinata* (Cactaceae) Anatomic and phytochemical characters of the stem and root of *Mammillaria uncinata* (Cactaceae) R esumen : A bstract : *Acta Botánica Mexicana*, 120, 21–38.
- MAITI, R. K., y SINGH, V. P. (2016). Biodiversity of cactus biology: A review. *Crop Research (0970-4884)*, 51(1–3), 1–15.
- Martorell, C., Montañana, D. M., Ureta, C., y Mandujano, M. C. (2015). Assessing the importance of multiple threats to an endangered globose cactus in Mexico: Cattle grazing, looting and climate change. *Biological Conservation*.
- Novoa, A., Le Roux, J. J., Richardson, D. M., y Wilson, J. R. U. (2017). Level of environmental threat posed by horticultural trade in Cactaceae. *Conservation Biology*.
- Olmos-Lau, V. R., y Mandujano, M. C. (2016). An open door for illegal trade: Online sale of *Strombocactus disciformis* (Cactaceae). *Nature Conservation*, 15, 1–9.
- Osman, K. T. (2014). Soil degradation, conservation and remediation. In *Soil Degradation, Conservation and Remediation* (Vol. 9789400775).
- Owen, N. A., Fahy, K. F., y Griffiths, H. (2016). Crassulacean acid metabolism (CAM) offers sustainable bioenergy production and resilience to climate change. *GCB Bioenergy*, 8(4), 737–749.
- Peters, E. M., Arizaga, S., Martorell, C., Zaragoza, R., y Ezcurra, E. (2014). Distribución geográfica y estado de conservación de las poblaciones de *Mammillaria pectinifera*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 942–952.
- Pineda, J. A. A. (2015). Establecimiento de plántulas de *Echinocereus enneacanthus* de la Reserva de la Biósfera de Mapimí, Durango, México. Tesis UNAM
- Portilla-Alonso, R. M., y Martorell, C. (2011). Demographic consequences of chronic anthropogenic disturbance on three populations of the endangered globose cactus *Coryphantha werdermannii*. *Journal of Arid Environments*.
- Ramírez-Flores, V. A., Villanueva-Gutiérrez, R., Roubik, D. W., Vergara, C. H., Lara-Rodríguez, N., Dáttilo, W., Bonet Ferrer, M. E., y Rico-Gray, V. (2015). Topological structure of plant-bee networks in four Mexican environments. *Sociobiology*, 62(1).
- Reyes-Rivera, J., Canché-Escamilla, G., Soto-Hernández, M., y Terrazas, T. (2015). Wood chemical composition in species of Cactaceae the relationship between lignification and stem morphology. *PLoS ONE*, 10(4), 1–17.
- Rojas-Sandoval, J., y Meléndez-Ackerman, E. J. (2013). Spatial patterns of distribution

- and abundance of *harrisia portoricensis*, an endangered caribbean cactus. *Journal of Plant Ecology*.
- Santos-Díaz, M. S., Pérez-Molphe-Balch, E., Ramírez-Malagón, R., Núñez-Palenius, H. G., Ochoa-Alejo, N., & Tepper, G. H. (2010). Mexican threatened cacti: current status and strategies for their conservation. *Species diversity and extinction. Nova Science, New York, NY, USA*, 1-60.
- Santos-Díaz, M. del S., y Camarena-Rangel, N. G. (2019). Cacti for production of metabolites: current state and perspectives. In *Applied Microbiology and Biotechnology*.
- Santos-Díaz, M. S., Pérez-Molphe, E., Ramírez-Malagón, R., Núñez-Palenius, H. G., y Ochoa-Alejo, N. (2011). Mexican threatened cacti: Current status and strategies for their conservation. In *Species Diversity and Extinction* (Issue January).
- Sarukhan, J., y Soberón Mainero, J. (2016). Capital natural de México. In *Capital natural de México*.
- Scheinvar, L., Olalde, G., y Sule, D. (2011). Especies silvestres de nopales Mexicanos. In *Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. GE005*.
- Segura, S., Fresnedo, J., Mathuriau, C., López, J., Andrés, J., y Muratalla, A. (2018). The edible fruit species in Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(6), 1767–1793.
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. In *Diario Oficial de la Federación*.
- SEMARNAT, 2018. Decreto por el que se abroga la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 25 de febrero de 2003, se expide la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Terry, M. (2008). Stalking the wild Lophophora. *Cactus and Succulent Journal*, 80(6), 310–317.
- Thomas, P. A. (2006). Mortality over 16 years of cacti in a burnt desert grassland. *Plant Ecology*.
- Thornton, B. (2018). Saving the Queens. *Cactus and Succulent Journal*, 90(3), 186-188.
- Ulrich, W., Zaplata, M. K., Winter, S., y Fischer, A. (2018). Directional changes of species spatial dispersion and realized environmental niches drive plant community assembly during early plant succession. *Journal of Plant Ecology*.
- Ulrich, W., Zaplata, M. K., Winter, S., Schaaf, W., Fischer, A., Soliveres, S., y Gotelli, N. J. (2016). Species interactions and random dispersal rather than habitat filtering drive community assembly during early plant succession. *Oikos*.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- Wilson, H. D. (1985). Cacti of Texas and Neighboring States. A Field Guide . Del Weniger . *The Quarterly Review of Biology*.



## IX. ANEXO



**Figura 12.** *Ejemplar de Mammillaria heyderi* Muehlenpf



**Figura 13.** *Ejemplares de Echinocereus enneacanthus* Engelm





**Figura 14.** Ejemplar de *Ferocactus hamatacanthus* (Mühl.) Britt. y Rose



**Figura 15.** Ejemplar de *Thelocactus bicolor* Galeotti ex Pfeiff. Britton y Rose





**Figura 16.** Ejemplares de *Echinocereus stramineus* (Engelm.) F. Seitz.



**Figura 17.** Áreas de reubicación definitiva de las biznagas rescatadas.