



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Demografía de *Stenocactus multicostatus* en
La Cruz del Pastor, Guanajuato.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA

JORGE LUIS MOLINA TOVAR

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA FELIX RAMOS ORDOÑEZ

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO

2019





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Para el desarrollo de este trabajo se contó con el apoyo del proyecto PAPIIT

IA206616 DGAPA-UNAM

A mis padres

Sin ustedes no hubiera concluido y no existen palabras o acciones que demuestren toda mi gratitud, este logro también es suyo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a la Dra. María Felix Ramos Ordoñez, por ser una extraordinaria profesionista y brindarme la oportunidad de formar parte de este proyecto, por su tiempo en revisiones y comentarios a pesar de las tantas ocupaciones, por todo el apoyo brindado a lo largo del tiempo y principalmente por su paciencia y tolerancia.

A los sinodales: Dra. Silvia Aguilar Rodríguez, Dra. Ana María Contreras González, Biól. Francisco López Martínez, Biól. Francisco José Ochoa Ugalde, por sus atenciones, revisiones y consejos para mejorar y aumentar la calidad de esta tesis.

A la memoria del Sr. Gabino Ramos por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto dentro de su terreno y abrirme las puertas de su hogar, apoyándome a lo largo de mi estadía.

A los compañeros y ex-compañeros del Laboratorio de Ecología de la Unidad de Biotecnología y Prototipos de la FES Iztacala: Tania González, Andrea Gómez, Rocío Santamaría, Sveidy Melgarejo y Julio Segundo por brindarme su valiosa ayuda en campo para la obtención de los datos de este trabajo.

A mis amigos y compañeros que han sido parte de mi trayectoria académica por todo lo que hemos vivido juntos, y principalmente a Jonathan Fernando Pastrana Pérez y Jesús Israel Urbán Sánchez por apoyarme y animarme en las situaciones difíciles.

A Rosa Isela Chávez Miguel por su cariño y apoyo incondicional, por convertirse en mi familia, pero sobre todo por ser una excelente compañera a lo largo de mi vida.

A mi familia; en especial a mis padres, quienes siempre me han brindado su apoyo y amor incondicional, a pesar de las preocupaciones y enojos que les he hecho pasar; agradezco todos los buenos consejos que me han dado, formándome en una mejor persona.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por la formación y conocimientos que me han brindado.

Al Jardín Botánico de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por su participación en la conservación de los ejemplares.

***“Locura es hacer la misma cosa una y otra vez
esperando obtener diferentes resultados”***

Albert Einstein

Índice general

Resumen	1
Introducción.....	3
Objetivo general	8
Objetivos particulares.....	8
Materiales y método	10
Resultados	17
Discusión.....	25
Conclusiones.....	35
Literatura citada.....	36

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Área de estudio en la Cruz del Pastor, Municipio de Coroneo, Guanajuato. Se señalan los sitios de muestreo (conservado y perturbado) y la zona dedicada para la translocación de individuos. Mapa modificado de http://gaia.inegi.org.mx	11
Figura 2. Ubicación de los individuos de <i>S. multicosatus</i> , muestreados en las ocho parcelas (números rojos) del sitio perturbado donde cada valor representa un individuo. Datos tomados en la Cruz del Pastor Guanajuato, durante los meses de febrero, marzo y abril del 2017. Mapa generado en Google Earth Pro	18
Figura 3. Parcelas con cobertura vegetal amplia en la zona conservada (a y b). Parcelas con cobertura vegetal en la zona perturbada (c y d). Parcelas con poca cobertura vegetal en la zona perturbada (e y f).	19
Figura 4. Correlación entre el diámetro y altura de <i>S. multicosatus</i> ($r_s=0.65$, $P<0.0001$, $gl=302$)	21
Figura 5. Estructura de edades en función del estatus reproductivo en <i>S. multicosatus</i> en La Cruz del Pastor, Coroneo, Guanajuato. Datos tomados durante los meses de febrero, marzo y abril del 2017	21
Figura 6. Histograma de frecuencias de <i>S. multicosatus</i> con respecto al diámetro. Datos tomados durante los meses de febrero, marzo y abril del 2017, en La Cruz del Pastor, Coroneo, Guanajuato	22
Figura 7. a) Individuo de <i>S. multicosatus</i> muerto; b) Raíz de <i>S. multicosatus</i> deteriorada por insectos; c) Sitio de reubicación de <i>S. multicosatus</i> ; d) Plántulas <i>S. multicosatus</i> sobre la planta madre	24

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Número de individuos de <i>S. multicosatus</i> y su densidad en ocho parcelas rodeadas de terrenos utilizados para la siembra y ganadería. Datos tomados durante los meses de febrero, marzo y abril del 2017, en La Cruz del Pastor, Coroneo, Guanajuato	18
Tabla 2. Prueba de comparación múltiple de Dunn positivas con significancias	20



Resumen

Las poblaciones presentan características demográficas propias y exclusivas, determinadas por las interacciones de los individuos y su ambiente. En especies de lento crecimiento como las cactáceas, existen pocos estudios sobre la demografía poblacional y, particularmente en *Stenocactus multicosatus*, no hay estudios. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar algunas propiedades emergentes de una población de *S. multicosatus* y translocar a los individuos afectados por la construcción de viviendas. Particularmente, se determinó la densidad, distribución espacial, estructura de edades y estructura de tamaños, así como la supervivencia. El trabajo se realizó en La Cruz del Pastor, municipio de Coroneo, Guanajuato. Se establecieron 12 parcelas (30x40m), cuatro en zona conservada y ocho en zona perturbada, se registró cada individuo, su diámetro y altura y la presencia de estructuras reproductivas. Se estimó la densidad entre parcelas y se analizó si existían diferencias entre ellas. Se determinó el patrón de distribución espacial. Se analizó la relación entre el diámetro y altura. Se obtuvo la frecuencia de individuos por edad reproductiva y por tamaño en función del diámetro. Una vez obtenidos los datos, se realizó la translocación de individuos, se evaluó la supervivencia 6 y 15 meses después. En la zona conservada no se encontraron individuos, mientras que en la zona perturbada se encontraron 303 individuos con una densidad de 0.0316 ± 0.035 individuos/m², con una altura promedio de 3.5 ± 1.54 cm y diámetro de 5.21 ± 2.15 cm, la distribución espacial fue de tipo agregada. Se encontró una relación directa entre el diámetro y altura



($r_s=0.65$, $gl=302$, $P<0.0001$). Las flores, botones y frutos se producen en los ejemplares mayores a 2cm de diámetro. Por su diámetro, se puede inferir que aproximadamente tardan ocho años en reproducirse; se registró un banco aéreo de semillas. Existen solo 5.7% de individuos pre-reproductivos, el resto son adultos, por lo que la población se encuentra en declive. De los 231 individuos translocados, a 6 meses sobrevivió el 98.7%, a los 15 meses no se observaron muertes, por lo que se puede considerar una translocación exitosa. En dicha población ha iniciado el reclutamiento de nuevos individuos y es necesario dar el seguimiento adecuado. *Stenocactus multicostatus* prefiere sitios abiertos y expuestos a la incidencia solar directa, además se considera una especie ruderal, encontrada principalmente junto a rocas. Este trabajo aporta conocimientos de la situación poblacional de *S. multicostatus* en la Cruz del Pastor, que se deben considerar para incorporarla en planes de manejo y conservación, además se necesita realizar una mayor investigación sobre aspectos ecológicos de la especie.



Introducción

La ecología demográfica es una herramienta de organización de datos que se utiliza para conocer los cambios dentro de una población, esto permite realizar proyecciones de las poblaciones en los años siguientes, con ayuda de éstas se puede inferir el posible destino de la especie, así como su sensibilidad a diversos cambios en el ecosistema (Margalef, 1992; Portilla-Alonso, 2011). Una población es el conjunto de organismos de la misma especie que comparten el mismo pool genético y cohabitan en un determinado espacio y tiempo. Los organismos que integran la población tienen necesidades similares para su supervivencia, desarrollo y reproducción (Odum & Sarmiento, 2001; Malacalza et al., 2002; Smith & Smith, 2007). Las poblaciones presentan características propias y exclusivas determinadas por las interacciones de los individuos y su ambiente, dichas propiedades denominadas emergentes son; distribución espacial de los individuos, densidad, estructura de edades, estructura genética y proporción de sexos, entre otras (Odum & Sarmiento, 2001; Smith & Smith, 2007; Busch, 2017). El patrón de distribución espacial de una población describe la ubicación de los individuos en el espacio, los tres patrones básicos de disposición espacial son: al azar, agrupado y uniforme; estos diferentes patrones se atribuyen a que los individuos y/o poblaciones están influenciados por las condiciones bióticas y abióticas que los limitan, por ejemplo, el tipo de reproducción, variaciones climáticas, movilidad y depredación, entre otros (Morlans, 2004; Smith & Smith, 2007; Molles, 2008; Busch, 2017). La distribución de los individuos tiene efecto sobre la densidad de la



población, la cual es el número de individuos por unidad de área o volumen; ésta nos permite realizar comparaciones entre distintas poblaciones (Molles, 2008; Krebs, 2008). Cuando las densidades son altas, el espacio es importante, debido a que se limita la disponibilidad de recursos (Begon et al., 1995; Malacalza et al., 2002; Silvio et al., 2016).

El parámetro que más se utiliza para hablar de la estructura poblacional es la edad. La estructura por edades es la proporción de individuos que hay en cada estadio o intervalo de edad, considerando su estatus reproductivo (Malacalza et al., 2002). Esta nos ayuda a determinar el estado de una población, ya que la proporción de adultos reproductivos afecta directamente el crecimiento de la misma (Palladino, 2010). Se reconocen tres tipos de estructuras poblacionales basadas en la edad (en crecimiento, estable y decadente); una población en crecimiento tendrá forma piramidal, en la cual la base es más ancha, ya que la proporción de individuos juveniles es mayor que la de los adultos, debido a que existe una mayor natalidad que mortalidad; en una población estable la estructura tiene forma de campana, ya que la proporción de individuos juveniles y adultos es similar, lo que permite el renuevo generacional, pero sin que exista crecimiento en la misma. Una población en decadencia tendrá forma de urna, ya que el número de individuos adultos es mayor que los juveniles, debido al bajo reclutamiento de los primeros estadios, lo que conlleva a una disminución en el número de individuos (Morlans, 2004; Palladino, 2010; Castañeda-Romero et al., 2016; Silvio et al., 2016). Los estudios sobre la estructura de edad en las poblaciones de



plantas son escasos, la razón principal de esto es la dificultad para determinar la edad y diferenciar entre individuos genéticos (genets) o clones (ramets; Smith & Smith, 2007). En el caso de especies de lento crecimiento como las cactáceas, la desinformación acerca de sus poblaciones, así como de su uso y manejo, ha propiciado a que sea la familia más amenazada a nivel internacional (Hernández & Godínez, 1994; Goettsch et al., 2015). La familia Cactaceae se encuentra dentro del Apéndice II de la Convención sobre el Tráfico Internacional de Especies Silvestres de Flora y Fauna Amenazadas (CITES), excepto 39 especies que se encuentran dentro del Apéndice I (CITES, 2017).

Las cactáceas son angiospermas nativas del continente Americano; en México existen aproximadamente 669 especies incluidas en 63 géneros de los cuales, 30 son endémicos del territorio nacional (Jiménez, 2016). Es una de las familias mejor representadas de la flora mexicana, ya que gran parte de las zonas del país son áridas y semiáridas (Bravo & Scheinvar, 1998; Jiménez, 2011). Las cactáceas se pueden clasificar de acuerdo con su forma de vida en: globosas (con tallos hemisféricos), forma de barril (con tallos acanalados con una altura máxima de 0.5-2 m), columnares (con tallos largos con forma de columna y acanalados que llegan a medir más de 2.0 m de altura), platiopuntias (opuntias de tallos aplanados) y cilindropuntias (opuntias con tallos cilíndricos; Gibson & Nobel, 1986; Vázquez-Sánchez et al., 2012). Las cactáceas son uno de los grupos de plantas más estudiadas, en cuanto a taxonomía y distribución; algunos géneros endémicos de México como *Stenocactus* han tenido problemas en su clasificación,



debido a que sus especies presentan alta variabilidad genética y tienen pocas características morfológicas que ayuden a diferenciarlas (Anderson, 2001; Rangel, 2009; Meyrán, 2011), esto ha ocasionado que existan pocos estudios en las 18 especies del género (Ramírez et al., 2010; Arias et al., 2012). La importancia de las cactáceas como plantas ornamentales ha ocasionado que gran cantidad de ellas sean extraídas de su hábitat natural. Actualmente, *Stenocactus multicostatus* (Hildm. ex K.Schum.) se encuentra inmersa en una situación similar, esto la pone en riesgo debido que se ha observado un aumento en su comercialización (Hunt et al., 2006; Meza, 2011). De 1995 a 1999 los registros de venta por internet de *S. multicostatus* solo fueron dos (UNEP-WCMC, 2001), para el 2002 se encontraron 22 registros (Benítez, 2002), en 2016 el precio aproximado fue de 379.2 pesos mexicanos (Hunt, 2016); y una búsqueda realizada en junio de 2018 arrojó 71 registros de venta por internet; cabe resaltar que la mayoría de los sitios web no indica la procedencia de los ejemplares. La importancia de rescatar y proteger cactáceas tiene como objetivo el asegurar la conservación de las especies, ya que son los principales productores primarios en los sistemas áridos y semiáridos, además sus flores y frutos son el principal alimento de aves, mamíferos e insectos en temporada seca (Arias-Medellín et al., 2014). Por lo tanto, al no realizar acciones que garanticen la continuidad de las especies de cactáceas, habrá un deterioro del ecosistema (Arredondo & Sánchez, 2007). Una de las acciones que se pueden realizar para su conservación es la translocación de individuos, este es un método que consiste en el movimiento de ejemplares o poblaciones silvestres



de su lugar de origen, que ha sido afectado por distintos factores como el crecimiento de la mancha urbana, la fragmentación del hábitat, cambio de uso de suelo, y desertificación (Soringuer, 1998; Arias et al., 2005; Jiménez, 2011), a un nuevo sitio con condiciones similares al hábitat en el que se distribuyen (Serio-Silva, 2011; Molina, 2015).

La actividad antropogénica y colecta desmedida de ejemplares de cactáceas ha afectado a diversas poblaciones (Anderson, 2001; Arias et al. 2005). Se requiere realizar estudios precisos sobre la demografía de las poblaciones afectadas (número de individuos, número de organismos reproductivos, distribución espacial, estructura de sexos o edades, entre otros), para poder determinar si se encuentran en riesgo y se requiere incorporarlas en planes de manejo y conservación (Krebs 2008; Martínez et al., 2010; Jiménez, 2011). Con la información generada en los estudios demográficos se pueden tomar medidas de conservación adecuadas (Schemske et al., 1994), y en algunos casos, reevaluar su categoría de riesgo. El crecimiento de la mancha urbana en las distintas regiones del país pone en riesgo diferentes poblaciones de plantas y animales, incluso aquellas que no se han estudiado. Este es el caso del rancho La Cruz del Pastor, municipio de Coroneo, Guanajuato, en este sitio, la venta de terrenos y el inicio de construcciones ha provocado el desmonte de la vegetación nativa de la zona. A petición de los dueños del rancho se realizó la translocación de individuos de *S. multicostatus*, para lo cual destinaron una zona de 2,400 m² para la conservación de la flora nativa. No obstante, antes de realizar una translocación



es imperativo conocer en la medida de lo posible las características o propiedades de las poblaciones, con el objetivo de minimizar los efectos negativos sobre el sistema o sobre las especies.

Objetivo general

Evaluar algunas propiedades emergentes de la población de *Stenocactus multicostatus* en La Cruz del Pastor, Municipio de Coroneo, Guanajuato y translocar los individuos que son afectados por la construcción de viviendas.

Objetivos particulares

- Determinar la densidad y el patrón de distribución espacial de individuos de *Stenocactus multicostatus* en la zona de La Cruz del Pastor, Guanajuato como características de la población.
- Determinar la presencia de *Stenocactus multicostatus* en una zona perturbada y una conservada para conocer en qué zona se encuentran.
- Evaluar si existe una relación entre el diámetro y altura de individuos para determinar que variable utilizar para establecer las categorías de tamaño.
- Analizar el diámetro con la presencia de botones florales, flores o frutos para determinar la edad pre-reproductiva y reproductiva.



- Establecer categorías para analizar la estructura de tamaños de la población de *Stenocactus multicostatus* en la localidad de La Cruz del Pastor, Guanajuato.
- Translocar individuos de *Stenocactus multicostatus* en la misma localidad para su conservación.
- Determinar si la translocación de los individuos *Stenocactus multicostatus* fue exitosa mediante el porcentaje de sobrevivencia.



Materiales y método

Área de Estudio

El presente trabajo se realizó en la localidad de La Cruz del Pastor, en el límite suroeste del Municipio de Coroneo en el Estado de Guanajuato, México, en las coordenadas 20°08'34"N 100°25'58"O, a una altitud 2358 m snm (Fig.1). La precipitación media anual es de 868.64 mm y la temperatura promedio de 12.69 °C (valor promedio de los datos tomados de la estación meteorológica de Puruagua, Jerécuaro ID-34-11090, ubicada en 20°08' N 100°42'O, a una altitud 1980 m snm, en un periodo de 32 años; Ramírez, 2006). Las especies vegetales que se han identificado en La Cruz del Pastor son: *Stenocactus multicostatus* (Hildm. ex K.Schum.) A. Berger, *Jatropha dioica* (Sessé ex Carv), *Selaginella sellowii* (Hieronymus), *Astrolepis sinuata* (Lag. ex Sw.) D.M. Benham & Windham, *Cheilanthes koufussii* Kunze. *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera*, *M. lacerata* Rose, *Opuntia atropes* Rose, *Forestiera phillyreoides* (Benth.) Torr, *Ipomea murucoides* Roem. & Schult, *Tillandsia recurvata* (L.) L, *Pittocaulon praecox* (Cav.) H.Rob. & Brettell, *Selaginella lepidophylla* (Hook. et Grev.) Spring., *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn., *Bursera cuneata* (Schlecht.), *B. fagaroides* (Kunth), *Erythrina americana* Mill., *Dasyllirion parryanum* Trel. y *Phoradendron carneum* Urb. (Ramos-Ordoñez, datos por publicar).

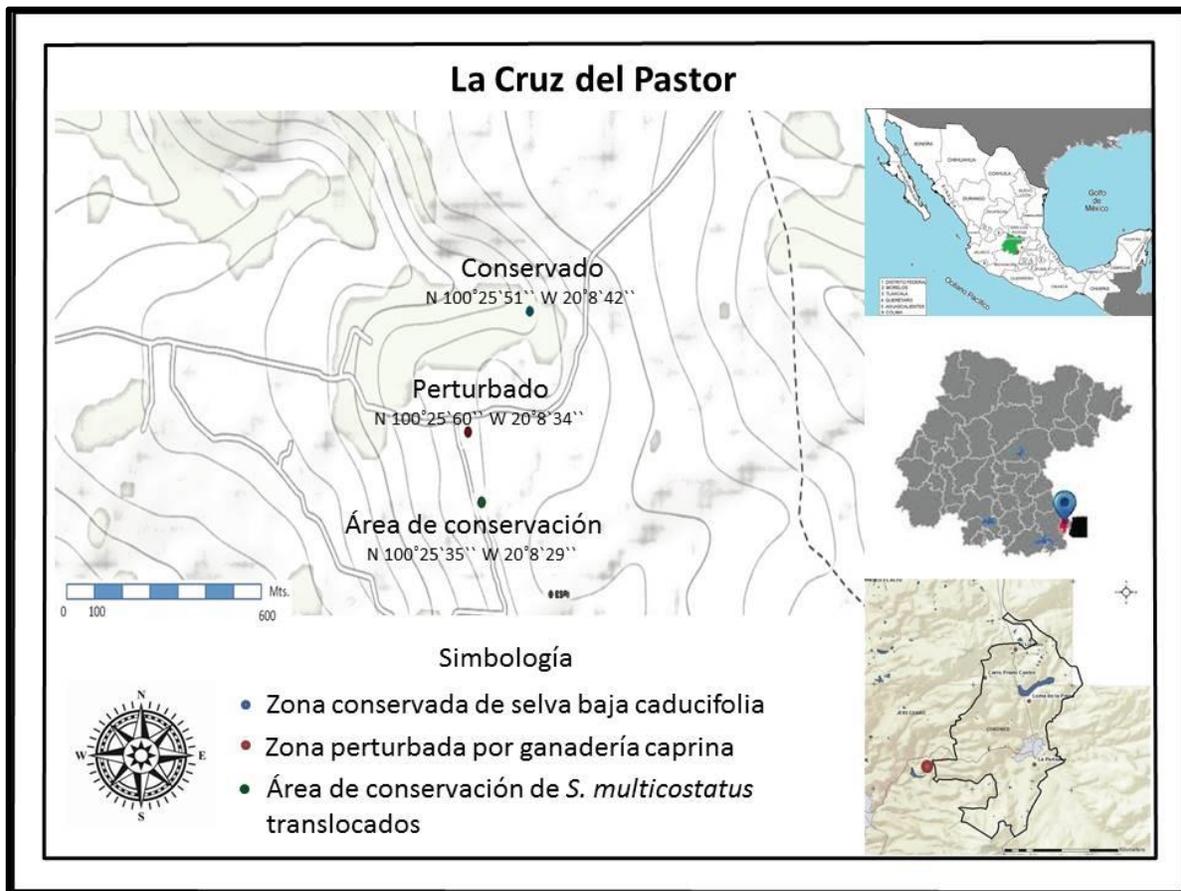


Figura 1. Área de estudio en la Cruz del Pastor, Municipio de Coroneo, Guanajuato. Se señalan los sitios de muestreo (conservado y perturbado) y el área de conservación de individuos de *S. multicostatus*. Mapa modificado de <http://gaia.inegi.org.mx>.

Especie del Estudio

Stenocactus multicostatus (Hildm. ex K.Schum.) A. Berger, conocido comúnmente como cactus de ondas, cactus del cerebro, pedo de perro, órgano costillado y biznaga costillada; se conocen seis sinonimias: *Stenocactus lloydii* (Britton & Rose) A. Berger, *Stenocactus zacatecasensis* (Britton & Rose) A. Berger,



Echinofossulocactus erectocentrus Backeberg, *Echinofossulocactus lloydii* Britton & Rose, *Echinofossulocactus multicostatus* (Hildmann ex Shumann) Britton & Rose y, *Echinofossulocactus zacatecasensis* Britton & Rose (CITES, 2017).

Stenocactus multicostatus es una planta perenne de tallo globoso o globoso-deprimido, de 6 a 10 cm de diámetro y 4 a 6 cm de altura; con numerosas costillas delgadas, onduladas, muy próximas y apretadas entre sí, generalmente de 80 a 100, pero en algunos casos pueden llegar a tener hasta 120, con 2 o 3 aréolas circulares en cada costilla. En cada costilla suele haber sólo una areola, en la areola tres espinas centrales curvadas blancas, que miden 3 centímetros de largo y tienen una sección transversal de cuatro lados. Las cuatro espinas radiales son translúcidas a blancas y ligeramente curvadas, se encuentran en posición vertical o ligeramente verticales. La cresta está cubierta por una lana fina blanquecina donde se encuentran las flores, estas miden aproximadamente 2.5 centímetros de largo y tienen una coloración blanquecina con un centro púrpura-violeta. La época de floración va de enero a marzo (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991; Anderson, 2001; Rangel, 2009; Ramírez et al., 2010); presentan frutos globosos de 0.5 cm de diámetro, cubiertos de espinas agudas, cada fruto contiene entre 25 y 30 semillas negras de un milímetro de diámetro (Álvarez et al., 2012). Los ejemplares se pueden observar solitarios o en colonias, comúnmente se encuentran en ecosistemas como selva baja caducifolia, matorral xerófilo y pastizal (Terrones; 2014). Se reporta su distribución en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato,



Jalisco, Zacatecas y Tamaulipas, a una altitud de 700 a 2000 m snm (Martínez-Avalos & Jurado, 2005; Hunt et al., 2006, Meza, 2011).

Para llevar a cabo el estudio de la demografía de *S. multicostatus*, se realizaron 12 parcelas rectangulares de 30 x 40 m (con un área total de 14,400 m²; Martínez et al., 2016), de las cuales, ocho se colocaron en una zona rodeada de terrenos utilizados para la siembra y ganadería caprina; y cuatro más se realizaron en un área conservada de selva baja caducifolia, este último sitio es una barranca con una topografía de difícil acceso. Existe una distancia de 450 m entre los dos sitios de muestreo. En cada ejemplar de *S. multicostatus* se registró el diámetro, altura, y la presencia de estructuras reproductivas, a su vez, se tomaron las coordenadas, con un GPS Garmin etrex 10®. El muestreo fue llevado a cabo en los meses de febrero, marzo y abril del 2017. Se encontraron tres individuos con un diámetro mayor a 10 cm, sin embargo no fueron considerados en el análisis debido a que esta situación es poco común ya que, según la literatura consultada, el máximo de su talla es de 10 cm y una vez que alcanzan los 8 cm inicia un declive en sus defensas, volviéndolos susceptibles a enfermedades o al ataque de insectos (Llifle, 2017).

En la zona conservada no se encontraron individuos (cuatro parcelas), por tanto, esta zona no fue utilizada en el análisis. Para la zona perturbada se estimó la densidad de la población considerando el número de individuos por unidad de área, en cada parcela. Para conocer el patrón de distribución espacial se calculó la razón varianza/media, la cual nos indica que cuando el resultado es $S^2/\bar{x} < 1$ la

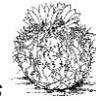


distribución es de tipo uniforme, cuando es $S^2/\bar{x} > 1$ la distribución es de tipo agregada, en el caso de que sea $S^2/\bar{x} = 1$ la es distribución de tipo aleatoria (Ramírez, 2005).

Para saber si existía diferencia en el número de individuos entre las parcelas; se realizó una previa prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov). Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y se aplicó una comparación por pares de Dunn para saber en qué parcelas existen esas diferencias (Siegel & Castellan, 1995; Gómez-Gómez et al., 2003).

Se realizó la estadística descriptiva del diámetro y altura de *S. multicosatus*, posteriormente se llevó a cabo una correlación de Spearman (previa prueba de normalidad, Kolmogorov-Smirnov), para buscar una relación entre ambas variables (Siegel & Castellan, 1995; Gómez-Gómez et al., 2003).

Para determinar si los individuos se encontraban en edad pre-reproductiva o reproductiva, se observó la presencia de estructuras como botones florales, flores y frutos. Se determinó el tamaño a partir del cual los individuos comenzaban con la floración. Posteriormente, con el total de individuos reproductivos ($n=100$), se obtuvo el intervalo de tamaño (diámetro mayor menos diámetro menor), a continuación se calculó el número de clases ($2.5 * \sqrt[4]{N}$), y el ancho del intervalo de clase ($I = \text{Rango} / \text{Número de clases}$), se calculó la marca de clase (valor medio del intervalo de clase; Trejo, 1990), finalmente se obtuvo la frecuencia de individuos



en cada clase. Para analizar la estructura de tamaños de toda la población muestreada se contabilizó el número de individuos en cada clase calculada anteriormente, se agregaron dos clases inferiores para integrar a los individuos no reproductivos.

Para la translocación se realizó la extracción de los individuos de forma manual con ayuda de instrumentos de jardinería, debido a que los ejemplares tienen raíces largas, y así poder conservar la mayor cantidad posible de suelo adherido a su sistema radical y evitar lesionarlas, además se mantienen los hongos y las bacterias que contribuyen a la fertilidad del nuevo suelo (Almanza, 2006; Arredondo & Sánchez, 2007). Los individuos fueron translocados en los meses de febrero, marzo y abril del 2017, a un área destinada exclusivamente para su conservación, donde no fueran afectadas por la actividad humana. Se visitó la zona seis meses (octubre del 2017) y veinte meses (Enero del 2019) posteriores a la translocación para evaluar la supervivencia de los individuos (Fuentes-Moreno et al., 2012). La supervivencia se calculó utilizando la cantidad de individuos finales entre la cantidad inicial y se expresó en porcentaje (Cléries et al., 2006). Veinte de los ejemplares extraídos fueron donados por los propietarios del rancho al Jardín Botánico de la FES Iztacala para su conservación.

El formato utilizado para la redacción del presente trabajo fue el establecido por la revista Peer Journal. Los análisis se realizaron con el programa GraphPad Prism v5. Los valores promedio se acompañan de la desviación estándar debido a que representan la variación en los valores medidos, nos da una idea de la variabilidad



de las observaciones individuales; a diferencia del error estándar que proporciona una idea de la precisión de la media (Hopkins, 2016).



Resultados

En las ocho parcelas realizadas en la zona rodeada de terrenos utilizados para la siembra y ganadería se encontraron 303 individuos de *S. multicostatus* con una densidad promedio de 0.0316 ± 0.035 individuos/m²; la parcela cuatro con 117 individuos es la que presentó una mayor cantidad de ejemplares, a diferencia de las parcelas dos y siete donde no se encontró ningún individuo (Tabla 1). En las cuatro parcelas realizadas en el área conservada de selva baja caducifolia no se registraron individuos. La población presentó una distribución de tipo agregada, ya que la razón varianza media fue de 40 (Fig. 2). En los sitios con arbustos y árboles que brindaban cobertura vegetal como en el caso de las parcelas dos y siete no se registraron ejemplares de *S. multicostatus*, mientras que los sitios expuestos a la incidencia directa del sol fueron los que presentaron mayor número de individuos como las parcelas cuatro y seis (Figura 3). Se encontró una diferencia significativa en el número de individuos entre las parcelas ($K-W=60.4$, $gl=302$, $P < 0.0001$), principalmente en las parcelas 2 vs 4-6, 4 vs 7-8 y 6 vs 7, donde la significancia es mayor (Tabla 2).



Tabla 1. Número de individuos y densidad de *S. multicosatus* en ocho parcelas rodeadas de terrenos utilizados para la siembra y ganadería. Datos tomados durante los meses de febrero, marzo y abril del 2017, en La Cruz del Pastor, Coroneo, Guanajuato.

Parcela	Número de individuos	Densidad (Ind/m ²)
1	13	0.011
2	0	0
3	58	0.048
4	117	0.098
5	42	0.035
6	70	0.058
7	0	0
8	3	0.003
Total	303	0.0316±0.035

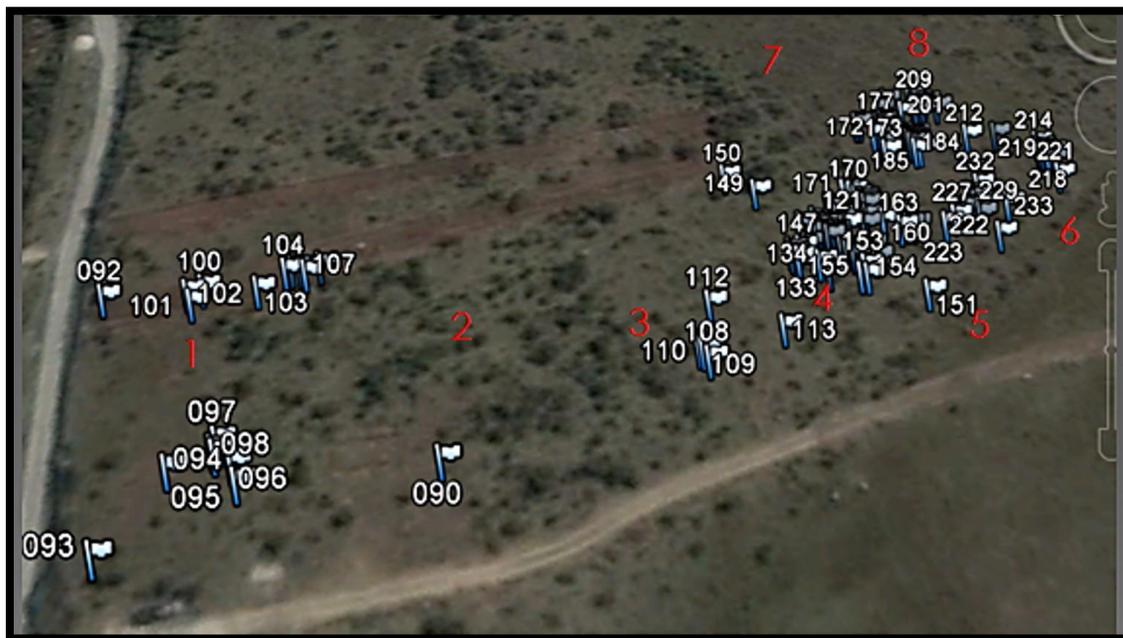


Figura 2. Ubicación de los individuos de *S. multicosatus*, muestreados en las ocho parcelas (números rojos) del sitio perturbado donde cada valor representa un individuo. Datos tomados en la Cruz del Pastor Guanajuato, durante los meses de febrero, marzo y abril del 2017. Mapa generado en Google Earth Pro.

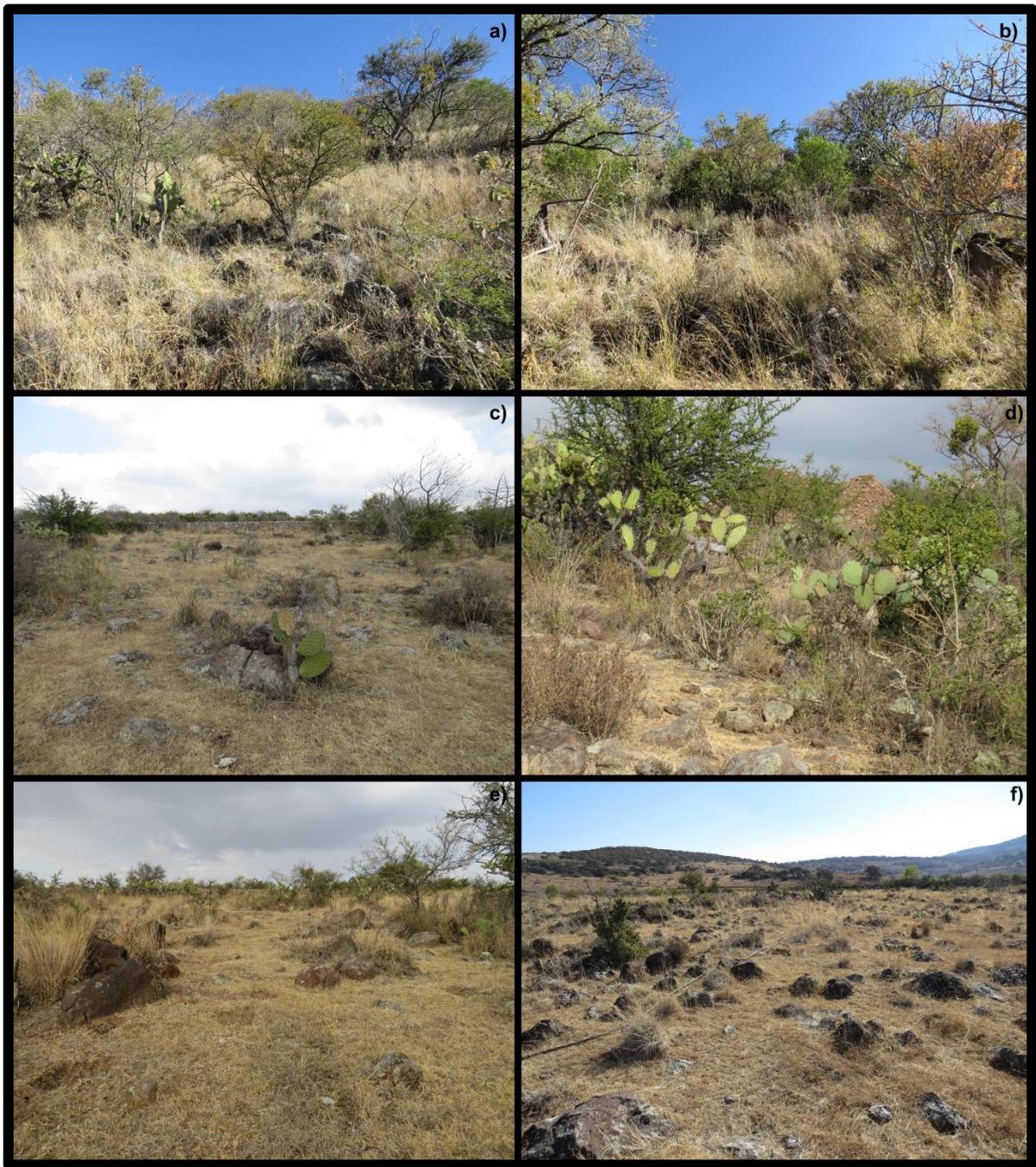


Figura 3. Parcelas con cobertura vegetal amplia en la zona conservada (a y b). Parcelas con cobertura vegetal en la zona perturbada (c y d). Parcelas con poca cobertura vegetal en la zona perturbada (e y f).

**Tabla 2.** Prueba de comparación múltiple de Dunn con significancias positivas.

Comparación múltiple de Dunn	Diferencia en la suma de rangos	Significancia (P)
1 vs 4	-38.64	0.01
2 vs 3	-39	0.01
2 vs 4	-54.14	0.001
2 vs 5	-35.14	0.05
2 vs 6	-43.59	0.001
3 vs 7	39	0.01
3 vs 8	34.36	0.05
4 vs 7	54.14	0.001
4 vs 8	49.5	0.001
5 vs 7	35.14	0.05
6 vs 7	43.59	0.001
6 vs 8	38.95	0.01

El diámetro promedio de *S. multicosatus* fue de 5.21 ± 2.15 cm, con una altura promedio de 3.5 ± 1.54 cm. Existe una fuerte correlación positiva entre el diámetro y altura de *S. multicosatus* ($r_s=0.65$, $gl=302$, $P<0.0001$), es decir, a mayor diámetro se registra mayor altura en los individuos (Fig. 4).

Del total de individuos registrados solo se encontraron estructuras reproductivas en 100 de ellos, todos estos con un diámetro igual o mayor a 2 cm, por lo que se infiere que de los 303 individuos, 286 son reproductivos y solo 17 fueron pre-reproductivos (Fig. 5), lo que indica una población preponderantemente adulta con muy baja representatividad de individuos juveniles.

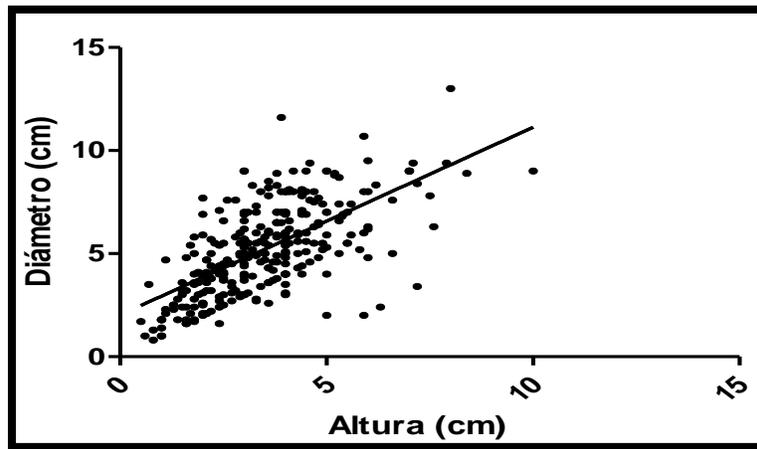


Figura 4. Correlación entre el diámetro y altura de *S. multicosatus* ($r_s=0.65$, $P<0.0001$, $gl=302$).

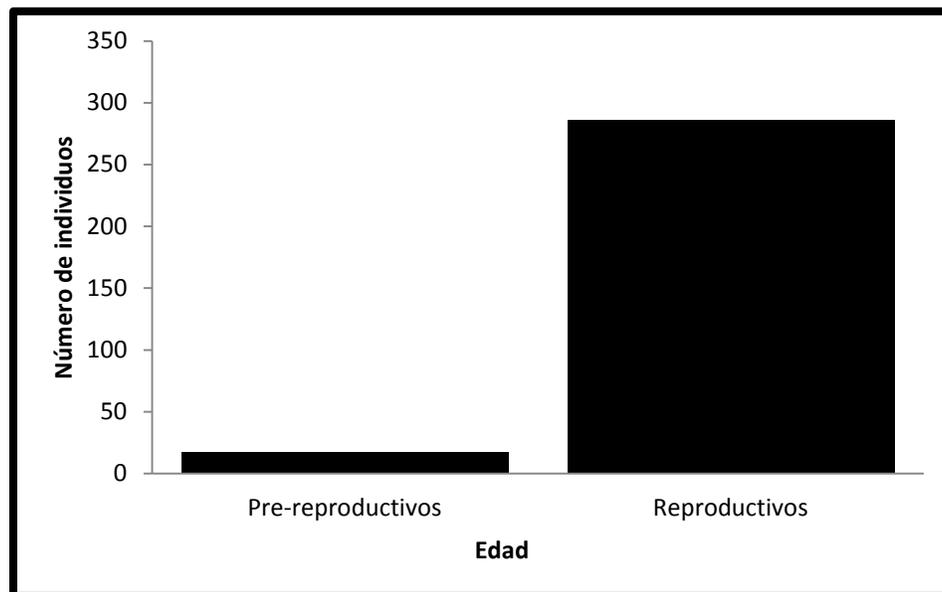


Figura 5. Estructura de edades en función del estatus reproductivo en *S. multicosatus* en La Cruz del Pastor, Coroneo, Guanajuato. Datos tomados durante los meses de febrero, marzo y abril del 2017.



De las 13 clases de tamaño, la mayoría de los individuos se encuentran en la parte intermedia (5 a 8.6 cm de diámetro) del histograma y en los extremos están las de menor frecuencia. La cantidad de individuos con estructuras reproductivas, muestra un patrón similar, por lo que la estructura de edades tiene forma de urna. Esto significa que la población está en decadencia, ya que la mayoría de los individuos se encuentran en los intervalos de edad reproductiva y existen pocos individuos pre-reproductivos o de reciente establecimiento (Figura 6). A pesar de no darle el seguimiento adecuado, se observó una floración y fructificación asincrónicas ya que durante los tres meses de muestreo se pudieron observar botones, flores y frutos dentro de la misma población.

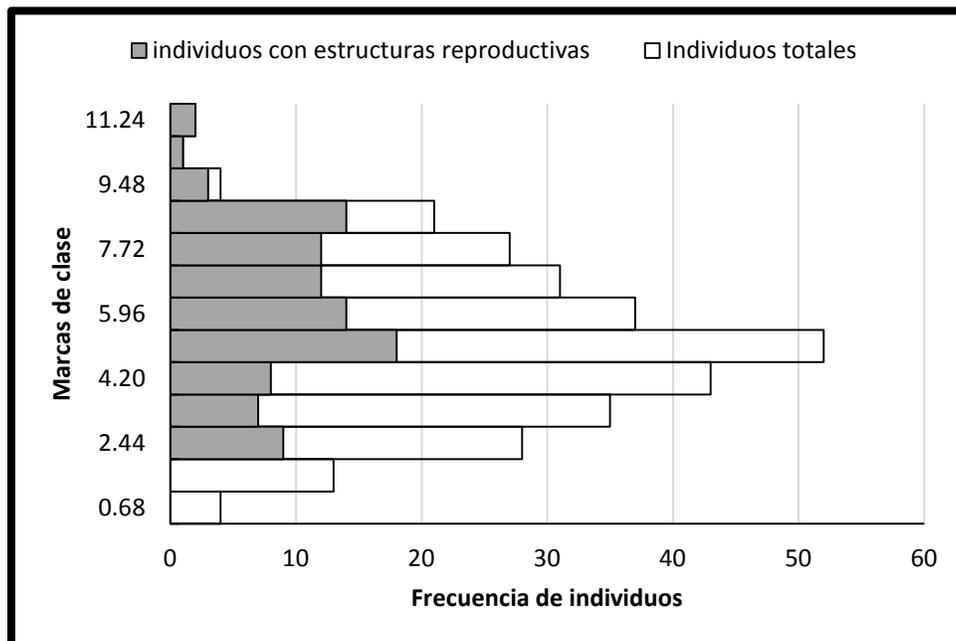


Figura 6. Histograma de frecuencias de *S. multicostatus* con respecto al diámetro. Datos tomados durante los meses de febrero, marzo y abril del 2017, en La Cruz



del Pastor, Coroneo, Guanajuato. La marca de clase representa el valor medio del intervalo de tamaño.

Se translocaron 231 ejemplares los cuales fueron reubicados inmediatamente a no más de 120 m del sitio de extracción, en una zona con condiciones similares a las del lugar de origen. Una vez translocados los ejemplares, se compactó el suelo alrededor de ellos y se colocaron una o varias rocas, para impedir que el viento y las lluvias pudieran desenterrarlos. Durante la translocación se encontraron dos individuos muertos y tres ejemplares con el sistema de raíces consumido por algún insecto, estos forman cavidades dentro de la raíz en donde se registró la presencia de huevecillos, todos los individuos con indicios de esta situación se colocaron en un lugar aislado de los demás ejemplares, para prevenir posibles contagios (Figura 7).

De los 231 ejemplares translocados, solo 3 individuos murieron después de 6 meses, por tanto se tuvo 98.7% de supervivencia. En uno de los individuos adultos muertos se encontraron 3 plántulas de *S. multicosatus*, esto sugiere la existencia de un banco aéreo de semillas. Para enero de 2019 se contabilizaron 257 individuos adultos de *S. multicosatus*, los 29 ejemplares adultos nuevos fueron colocados en el sitio por los trabajadores del rancho, no se encontraron individuos adultos muertos, sin embargo es posible que el aporte de nuevos individuos fuera mayor y que al encontrar individuos muertos, estos fueran retirados por los trabajadores.



Figura 7. a) Individuo de *S. multicosatus* muerto; b) Raíz de *S. multicosatus* deteriorada por insectos; c) Sitio de translocación de *S. multicosatus*; d) Plántulas *S. multicosatus* sobre la planta madre.



Discusión

Stenocactus multicostatus únicamente se encontró en la zona sujeta a perturbación, esto podría deberse a que, según algunos autores, las cactáceas globosas prefieren zonas desprovistas de vegetación (que en este caso corresponde a los sitios perturbados) como se muestra a continuación. Martorell y Peters (2005) observaron un caso similar para *Mammillaria pectinifera*, la cual, en la zona conservada registró menor cantidad de individuos que en la zona con perturbación media (sitio degradado provocado por la remoción de cobertura vegetal debido a ganadería), por otro lado, en la zona con perturbación alta (generada por la erosión del suelo) el número de individuos decayó drásticamente. Algunos autores (Singh, 1998; Kercher & Zedler, 2004; García & Arias, 2010), mencionan que es importante diferenciar el tipo de perturbación, hay que distinguir entre cambios graduales (como la perturbación por ganadería extensiva), y cuando se trata de cambios bruscos (como el desmonte de vegetación nativa por crecimiento de la mancha urbana), ya que estos últimos no permiten la adaptación.

Se ha reportado que para la región de El Limón de Cuauchichinola y Quilamula, dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos, más del 60% de todas las cactáceas con múltiples formas de crecimiento presentan un efecto positivo o neutral a la perturbación generada por ganadería (Arias-Medellín et al., 2014), esto nos puede indicar que algunas especies de cactáceas principalmente



globosas, incrementan su densidad en zonas con perturbación moderada (Martorell & Peters, 2005; Portilla-Alonso & Martorell, 2011; Arias-Medellín et al., 2014); esta parece ser la situación de *S. multicostatus* en la Cruz del Pastor, puesto que solo se registraron individuos en la zona perturbada con una densidad relativamente alta (0.032 ± 0.035 individuos/m²). Dicha densidad en el sitio de estudio es alta comparada con otros trabajos de *S. multicostatus*, como los realizados por Álvarez y colaboradores (2012) y Carmona (2008) en zonas conservadas (dentro de un Área Natural Protegida y en un Parque Nacional), en estos trabajos se reportó una densidad promedio de 0.005 individuos/m² y de 0.0013 individuos/m² respectivamente, cabe resaltar que en los dos estudios no se registraron más de 16 ejemplares y fueron encontrados en zonas perturbadas del área de estudio (en la zona de transición y la zona de amortiguamiento). Esta diferencia entre las densidades reportadas en los trabajos mencionados y la registrada para La Cruz del Pastor, podría deberse a que *S. multicostatus* prefiere sitios moderadamente perturbados, ya que a diferencia del presente trabajo, estos estudios se realizaron en reservas ecológicas, considerando lo anterior y lo observado por Moo (2004), quien encontró a la orilla de una carretera ejemplares de *S. multicostatus*, expuestos directamente al sol en terrenos rocosos. Se puede clasificar a *S. multicostatus* como una especie ruderal, ya que se encuentra principalmente en zonas perturbadas (Morris, 1992), sin embargo, no se puede considerar como una especie pionera, debido a su lento crecimiento, y a que no puede responder a cambios rápidos dentro del ecosistema (Martorell, 2011). Por



otro lado, cuando se compara la densidad de *S. multicosatus* encontrada en el presente trabajo, con la de *S. anfractuosus*, la densidad de este último (0.125 individuos/m²) (Fuentes, 2012), es casi cuatro veces mayor, esta diferencia puede deberse a que en todas las zonas de muestreo realizadas por Fuentes (2012) se encontraban desprovistos de vegetación y en el presente trabajo existieron parcelas sin ningún individuo, lo cual arroja una densidad más baja.

Dentro de la zona perturbada se encontraron algunas parcelas con mayor número de individuos y otras con ninguno, esto puede deberse a la cantidad de cobertura vegetal, ya que según Ruiz (2007) las cactáceas en zonas de selva baja caducifolia tienen un “efecto de repulsión” con especies perenes, esto posiblemente se debe a la cantidad de luz. Ruiz (2007) observó que cuando el ambiente lumínico es muy sombreado como en una zona de selva mediana no se registran cactáceas en la vegetación, pero a medida que incrementa la proporción de luz, la riqueza de cactáceas aumenta, siempre y cuando no pasen un límite máximo de tolerancia a la luz; por esta cuestión, en matorral xerófilo encontró una asociación entre cactáceas y arbustos. Debido a esto, la mayoría de las cactáceas dependen de nodrizas para su establecimiento, de modo que les brindan protección contra la incidencia solar y disponibilidad de nutrientes, entre otros factores (Larios-ulloa et al., 2015). Sin embargo, existen especies de cactáceas que prefieren sitios abiertos, algunos ejemplos son *Stenocactus anfractuosus*, *S. crispatus*, *Coryphantha cornifera*, *C. werdermannii*, *Opuntia puberula*, *O. velutina*, *Epithelantha bokei*, *Mammillaria magnimamma*, *M. pectinifera*, *M. solisioides*, entre



otras (Godínez-Álvarez et al., 2003; Peters et al., 2008; García & Arias, 2010; Portilla-Alonso & Martorell, 2011; Arias et al., 2012; Fuentes, 2012). Principalmente, las cactáceas pequeñas y globosas se pueden establecer en ausencia de plantas nodrizas (Gibson & Nobel 1986; Valverde et al., 1999; Godínez-Álvarez et al., 2003), a diferencia de la mayoría de las cactáceas, el efecto de la radiación solar puede ser benéfico, como en el caso de *Mammillaria magnimamma*, que en esta situación presenta un aumento en el diámetro (Ruedas et al., 2000). En la mayoría de estos casos las especies prosperan en suelos pedregosos (Zavala-Hurtado & Valverde, 2003).

En todos los registros de *S. multicostatus* en la Cruz del Pastor, los individuos siempre se encontraron junto a rocas, es probable que éstas y otras irregularidades del terreno faciliten la germinación y el establecimiento de las plántulas, debido a que funcionan como objetos nodriza (Ramírez, 2011). En las zonas áridas y semiáridas la escasez de recursos como el agua, propicia que las plantas nodrizas, a diferencia de los objetos nodriza (rocas), compitan con las plantas protegidas o facilitadas, lo que provoca “sombra seca” (Valladares et al., 2004). En condiciones de alto estrés ambiental, la competencia por recursos esenciales como el agua es más importante que la facilitación de nutrientes que genera una planta nodriza (Fowler, 1986; Maestre et al., 2005). La asociación de cactáceas con rocas es importante debido a que estos objetos nodriza reducen la radiación solar y las cargas térmicas, además, prolongan la presencia de humedad en el suelo (Larmuth y Harvey, 1978), ya que pueden mantener el agua de lluvia



disponible hasta 19 días, a diferencia de sitios desprovistos de rocas (Nobel et al., 1980), por lo que se ha sugerido que las rocas pueden actuar como buenas receptoras de humedad (Reyes-Olivas et al., 2002).

Godínez-Álvarez et al. (2003) señala que las cactáceas tienen un patrón de distribución de tipo agregado, esta es la situación de *S. multicosatus* en La Cruz del Pastor. De acuerdo con Esparza-Olguín et al. (2002), Martínez et al. (2001) y Valverde y colaboradores (1999) este tipo de distribución se debe a la restricción en la dispersión, es decir que las semillas germinan cerca de la planta madre, ya que se observaron casos donde los individuos se agrupaban en colonias. A su vez, también se registraron individuos que presentaron banco aéreo de semillas, esto se refiere a que existe germinación sobre la planta madre, lo cual se observa en otras cactáceas con establecimiento bajo, debido a que cerca de la planta madre se forman microclimas que facilitan el establecimiento, sin embargo, esto también genera competencia entre ellas (Fowler, 1986; Ramírez, 2011). Zavala-Hurtado & Valverde (2006), estudiaron un banco aéreo de semillas en *Mammillaria pectinifera*, y concluyeron que este tipo de estrategias ayudan a mantener viables las semillas por un periodo más prolongado de tiempo contribuyendo así a prolongar su longevidad y aumentar sus posibilidades de germinar y establecerse en un futuro.

Por otra parte se ha observado que en las cactáceas generalmente existe una relación directa entre el diámetro y la altura (Bravo-Mendoza et al., 2007; Castañeda-Romero et al., 2016). Sin embargo, pocas especies de cactáceas



como *S. multicostatus* tienen una forma de crecimiento de tipo globosa-deprimida (Vázquez-Sánchez et al., 2012; Sánchez et al., 2014), es decir el diámetro del tallo es mayor que la altura. Esta forma se debe a que para poder crecer rodeadas por suelo más caliente que el ambiente, han desarrollado la capacidad de contraer tallos y raíces en las épocas desfavorables (cuando el agua es limitada) y dicha contracción es en sentido longitudinal (Geiger et al., 2003; Garrett et al., 2010).

La reproducción de *S. multicostatus* en el área de estudio se observó en individuos que presentan diámetros mayores a dos centímetros. Flores y Navarro (2009) observaron la misma situación para *S. crispatus* ya que superando los dos centímetros de diámetro los ejemplares presentaban estructuras reproductivas. De los 286 individuos adultos registrados en el presente trabajo solo 100 mostraron estructuras de reproducción, probablemente se debe a que presentan una floración y fructificación asincrónica. Cabe la posibilidad de que durante el muestreo se hayan pasado por alto individuos reproductivos, cuyos botones, flores o frutos no eran observables en el momento de visitar el sitio, ya que en especies del mismo género se ha visto que las flores tienen una duración de 4-13 días (Camacho-Velázquez et al., 2016). Así mismo, se desconocen los depredadores de flores y frutos de *S. multicostatus* en la zona de estudio, que posiblemente pudieron consumir estas estructuras.

Las especies del género *Stenocactus* tienen un crecimiento promedio de 0.26 ± 0.082 cm/año en condiciones naturales (Flores & Navarro, 2009). En invernaderos los individuos de este género llegan a crecer un promedio de 0.5–0.6



cm/año, ya que están en condiciones favorables y tienen una mayor disponibilidad de agua (Rangel, 2009). El 94.3% de los individuos de *S. multicostatus* en La Cruz del Pastor, son adultos debido a que tienen un diámetro mayor a 2 cm y presentan estructuras reproductivas, además, la gran mayoría de los individuos tiene por lo menos ocho años de edad, guiándonos por el criterio de crecimiento de *Stenocactus* (Flores & Navarro, 2009), por lo cual se infiere que ha existido poco establecimiento en los últimos 8 años debido a que solo el 4.7% son juveniles (no se observaron plántulas), esto se podría explicar, debido a que la mayoría de los juveniles no soportan las condiciones de sequía y la sobre exposición al sol en los primeros estadios (Rojas, 2015). Las plántulas de cactáceas después de germinar tienden a funcionar con un metabolismo tipo C3 y no tipo CAM (Zenteno et al., 2009), esta es la razón por la cual las plántulas de cactáceas requieren de nodrizas (plantas u objetos), ya que en esta etapa son principalmente vulnerables a factores ambientales. Jordan y Nobel (1981) mencionan que el reclutamiento de nuevos individuos en las poblaciones de cactáceas por lo general es muy bajo y que está directamente relacionado a la cantidad de lluvia, se ha reportado que el establecimiento masivo de cactáceas se asocia con eventos favorables de precipitación (Guo & Brown; 1996; Ferrer et al., 2011). Dubrovsky en 1996 observó que el reclutamiento de cactáceas como *Carnegiea gigantea* y *Stenocereus thurberi* estuvo relacionado con eventos meteorológicos favorables como “El Niño” (cantidad de lluvia adecuada). En La Cruz del Pastor la precipitación media anual de 1964-2006 es la más alta registrada para la zona del bajío. Esto pudo facilitar el



establecimiento de juveniles en esos años, lo que ahora representan el 94.3% de adultos registrados; además, al hablar con los residentes de la ranchería, reportan de manera oral que estos últimos años no ha llovido como regularmente sucedía, lo que podría explicar en parte porque no existe reclutamiento reciente y el que los juveniles sean tan escasos. También Martínez-Avalos y Jurado (2005) realizaron un estudio en el estado de Tamaulipas y sus alrededores (San Luis Potosí, Nuevo León, Veracruz y Texas, USA); de un total de 47 cuadrantes (117,500 km²), solo encontraron a *S. multicosatus* en uno de ellos, el cual correspondió al que tenía la mayor precipitación media anual (800-1100 mm), lo que probablemente ayudó al establecimiento. Otro de los factores que podrían afectar el reclutamiento es la una baja tasa de germinación, ya que González (2015) realizó pruebas en *S. multicosatus*, y sugiere que la especie requiere la adición de nutrientes y hormonas para germinar.

Por otro lado, Llifle (2017) reporta que al rebasar los 8 cm de diámetro los individuos entran en un estado de senilidad, lo que puede debilitar su sistema de raíces volviéndolas susceptibles a enfermedades, esto podría explicar por qué a los 8.45 cm de diámetro inicia un descenso en el número de individuos de *S. multicosatus* en la población de la Cruz del Pastor, y algunos de estos ejemplares se encontraron con las raíces dañadas por insectos barrenadores. Se encontraron tres individuos que tenían un diámetro mayor a 10 cm, según Llifle (2017), dentro de este rango de tamaño, el crecimiento se vuelve muy lento, pero son más



resistentes a condiciones de sequía y a la exposición solar, aunque esta situación es poco común.

Después de seis meses de la translocación, el establecimiento de los individuos tuvo el 98.7% de supervivencia, y para enero de 2019 la supervivencia fue similar, ya que no se registraron individuos muertos, lo que indica según la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que fue una translocación exitosa debido a que se garantizó la supervivencia de al menos el 90% de los ejemplares rescatados (Almanza, 2006). El alto porcentaje de sobrevivencia se podría deber a que existen semejanzas entre las condiciones ecológicas del lugar de origen y del nuevo sitio, ya que se encuentran muy cerca (200 m) y es una zona con escasa cobertura vegetal. En este último monitoreo se registraron 29 ejemplares adultos translocados nuevos, debido al interés de las personas por conservar la vegetación nativa del sitio, probablemente el mal manejo que se tenía se debió a la falta de información e iniciativa en la población local.

Se encontró a *S. multicosatus* a una altitud de 2358 m snm, similar a lo reportado por Álvarez y colaboradores (2012), quienes también encontraron esta misma especie a una altura similar (2345 m snm) en Zacatecas, sin embargo, esa población no es tan grande como en La Cruz del Pastor ya que los autores reportan una densidad de 0.0005 individuos/m². Ambas poblaciones se encuentran a una mayor elevación que la reportada en la literatura (700 a 2000 m snm; Hunt et al. 2006, Martínez-Avalos & Jurado 2005).



Martínez-Avalos & Jurado (2005), Carmona (2008), Álvarez y colaboradores (2012) observaron que las poblaciones de *S. multicosatus* son pequeñas o están disyuntas. Esta situación podría deberse al cambio de uso de suelo y extracción de ejemplares (Hernández & Godínez, 1994); puesto que existe muy poca información de la especie, se sugiere realizar estudios demográficos en distintos sitios de su distribución, los cuales ayudarían a comprender el estado de la especie, y realizar actividades de conservación, como; evaluar la viabilidad de translocar otras poblaciones afectadas por el crecimiento de la mancha urbana y otros factores antropogénicos. La translocación de individuos de *S. multicosatus*, además de conservar a la especie, facilita la realización de estudios y o análisis de germinación, propagación y establecimiento entre otros, con esta información se puede sugerir una categoría de riesgo más adecuada según sea el caso. También es importante realizar estudios sobre la reproducción de la especie, el banco aéreo de semillas, la dispersión de semillas, etc., importantes para comprender la dinámica poblacional y contribuir a su conservación.



Conclusiones

Debido a que *Stenocactus multicostatus* se encontró en sitios abiertos y expuestos a la incidencia solar directa, se puede inferir que prefieren sitios sin cobertura vegetal. Según la literatura se puede considerar una especie ruderal, se le encuentra principalmente junto a rocas; presentan un patrón de distribución espacial agregado. Existe una fuerte correlación entre el diámetro y la altura, confirmando una relación entre el diámetro y la altura, se observó una forma de crecimiento globoso deprimido, este tipo de crecimiento responde a un clima estacionalmente seco. *Stenocactus multicostatus* tarda aproximadamente ocho años para alcanzar dos centímetros de diámetro en el cual se presentan las estructuras reproductivas con base en esto, el 94.3% de la población es adulta y se observó que la población presentó banco aéreo de semillas.

La población de *S. multicostatus* se encuentra en declive, ya que presenta pocos individuos juveniles (pre-reproductivos) debido a esto, se infiere que existe un bajo reclutamiento. Se sugiere que las lluvias son un factor fundamental para el establecimiento de la especie. De los 231 individuos de *S. multicostatus* que fueron translocados el 98.7% sobrevivió a los seis meses posteriores, en esta población translocada se ha iniciado el reclutamiento de nuevos individuos, para enero del 2019 no se encontraron individuos muertos aun así es necesario dar el seguimiento adecuado. Este trabajo aporta conocimientos de la situación poblacional de *S. multicostatus* en un punto de su distribución, se necesita realizar una mayor investigación sobre algunos aspectos ecológicos de la especie.



Literatura citada

- Almanza VG. 2006. Rescate de cactáceas en líneas de transmisión: Una propuesta para su manejo. Subdirección de Construcción/Residencia Regional de Construcción de Proyectos de Líneas de Transmisión y Subestaciones Eléctricas del Noreste.
- Almaraz-Abarca N, Da Graça CM, Delgado-Alvarado A, Ávila-Reyes JA, Naranjo-Jiménez N, Herrera-Corral J, Filipa TA, Almeida AJ, Vieira A. 2007. Fenoles del polen de *Stenocactus*, *Echinocereus* y *Mammillaria* (Cactaceae). *Polibotánica* 23:37-55.
- Álvarez V, Boada G, Fernández C. 2012. Diversidad y riqueza de cactáceas en el Desierto Zacatecano en el Estado de Zacatecas, México. Universidad de Guadalajara. <https://core.ac.uk/download/pdf/132554073.pdf> Consultado el 22 de noviembre del 2018.
- Anderson FE. 2001. The cactus family. Timber Press Portland, Oregon. 639-640p.
- Arias S, Golubov J, Mandujano MC. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. *Cactáceas y suculentas mexicanas* volumen 50 No. 4. https://www.researchgate.net/publication/288016492_Las_especies_mexicanas_de_cactaceas_en_riesgo_de_extincion. Consultado el 27 de Julio del 2018.



- Arias S, Gama-López S, Guzmán-Cruz LU, Vázquez-Benítez B. 2012. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán Fascículo 95: CACTACEAE. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica 170-173p.
- Arias-Medellín AL, Flores-Palacios A, Martínez-Garza C. 2014. Cacti community structure in a tropical mexican dry forest under chronic disturbance. *Botanical Sciences* 92 (3): 405-415.
- Arredondo GA & Sánchez FRB. 2007. Guía técnica para la protección y rescate de cactáceas por eventos de perturbación. México. SAGARPA folleto técnico núm. 31.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1995. *Ecología individuos poblaciones y comunidades*, Ediciones omega, S. A. - Plata, 26 - 08006 Barcelona 165-210p.
- Benítez H & Dávila P. 2002. Las cactáceas mexicanas en el contexto de la CITES. *CONABIO. Biodiversitas* 40:8-11.
- Bravo H & Scheinvar L. 1999. *El interesante mundo de las Cactáceas*. 2a. ed. Fondo de Cultura Económica. México. 233p.
- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada H. 1991. *Las cactáceas de México Volumen 2*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F 329p.
- Bravo-Mendoza M, Espinosa-Cantú A, Castellanos-Vargas I, Cano-Santana Z. 2007. Tamaño de *Neobuxbaumia tetetzo* y longitud de sus espinas



apicales en un gradiente de luz bajo *Mimosa luisana*, un arbusto nodriza. Acta Botánica Mexicana 79: 69-80.

- Busch M. 2017. Ecología General. Capítulo 2. Ecología de poblaciones. <http://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Teopob1.pdf>. Consultado el 26 de junio del 2018.
- Camacho-Velázquez A, Rios-Carrasco S, Vázquez-Santana S. 2016. Biología reproductiva de la subfamilia Cactoideae (Cactaceae). Cactáceas y suculentas mexicanas 61(4):100-127.
- Carmona LMP. 2008. Flora cactología y especies asociadas en el área natural protegida “Sierra corral de los bandidos” y “Sierra el Fraile y San Miguel” en Nuevo León Guanajuato México. Tesis para por obtener el título de Doctora en Ciencias.
- Castañeda-Romero M, Luna-Contreras M, Vela-Godinez D, Montoya-Santiago G, González-Bermúdez A, Martínez PR, Esperón-Rodríguez M. 2016. Nota sobre la estructura poblacional de *Echinocactus platyacactus* (CACTACEAE) en la reserve de la biosfera “Barranca de Metztlan”, Hidalgo, México Acta Botanica Mexicana 115: 65-73.
- Centro de Monitoreo de la Conservación del Ambiente (UNEP-WCMC). 2001. Total net trade in wild-Appendix-II Cactaceae by taxon 1995-1999. http://www.ecologia.unam.mx/laboratorios/dinamica_de_poblaciones/cites/p11-11-02-03annex20a20.pdf. Consultado el 28 de Junio del 2018.



- Cites (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) 2017 https://speciesplus.net/#/taxon_concepts/17181/legal. Consultado el 4 de Julio del 2018.
- Cléries R, Ribesa J, Moreno V, Estebana L, Parejaa L, Gálveza, Martínez JM, Boscha FX, Borràsc JM. 2006. Cálculo de la supervivencia relativa. Comparación de métodos de estimación de la supervivencia esperada.
- Dubrovsky JG. 1996. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany* 83:624-632.
- Esparza-Olguín L, Valverde T, Vilchis-Anaya E. 2002. Demographic analysis of a rare columnar cacti (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan valley, Mexico. *Biological conservation*. 103:349-359.
- Ferrer M, Durán R, Méndez M, Dorantes A, Dzib G. 2011. Dinámica poblacional de genets y ramets de *Mammillaria gaumeri* cactácea endémica de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 89: 83-105.
- Flores BL & Navarro CMC. 2009. Estudio demográfico de *Stenocactus crispatus* (Cactaceae) en Los Ángeles Tetela, Puebla, México. *Cactáceas y succulentas mexicanas volumen 54*. No 4.
- Fowler N. 1986. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:89-110.
- Fuentes MV. 2012. Atributos demográficos y biología reproductiva de *Coryphantha cornifera* y *Stenocactus anfractuosus* con fines de



conservación tesis para obtener el grado de doctor en ciencias Instituto de Enseñanza e Investigación de Ciencias Agrícolas.

- Fuentes-Moreno H, Silva MR, Pérez MSM. 2012. El programa de protección y conservación de la flora de la compañía minera Cuscatlán, San José del Progreso, Ocotlán, Oaxaca. *Naturaleza y desarrollo*. Vol. 10 Num1.
- García DAA & Arias S. 2010. Cactáceas del Distrito de Nochixtlán, Oaxaca, México. *Cactáceas y Suculentas de México* 55(3): 68-84.
- Garrett TY, Huynh CV, North GB. 2010. Root contraction helps protect the “living rock” cactus *Ariocarpus fissuratus* from lethal high temperatures when growing in rocky soil. *American Journal of Botany* 97:1951-1960.
- Geiger R, Aron RH, Todhunter P. 2003. *The Climate Near the Ground*. Rowman and Littlefield Publishers, Nueva York.
- Gibson AC & Nobel PS. 1986. *The cactus primer*. Harvard Univ. Press. Cambridge.
- Godínez-Álvarez H, Valverde T, Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review* 16:173-203.
- Goettsch B, Hilton-Taylor C, Cruz-Piñon G, *et al.* 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nat. Plants* 1, 15142. <https://www.nature.com/articles/nplants2015142>. Consultado el 26 de Julio del 2018.



- Gómez-Gómez M, Danglot-Banck C, Vega-Franco L. 2003. Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. Revista Mexicana de Pediatría. Vol. 70, Núm. 2. 91-99p.
- González GA. 2015. Germinación in-vitro de 18 especies de cactáceas endémicas del desierto Chihuahuense. Obtención del diploma como especialista en manejo sustentable de recursos naturales de zonas áridas y semiáridas. México Coahuila.
- Guo Q & Brown HJ. 1996. Temporal fluctuations and experimental effects in desert plant communities. Springer-Verlag Oecologia 107:568-577.
- Hernández MH & Godínez GA. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas. Acta Botánica Mexicana. 26:33-52.
- Hopkins WG. (2000). A new view of statistics. Internet Society for Sport Sciencel, Precision of measurement. <http://www.sportsci.org/resource/stats/>. Consultado 30 de Enero del 2019.
- Hunt DR, Taylor NP, Charles G. 2006. International Cactaceae Systematics Group Volumen 1 de The New Cactus Lexicon, International Cactaceae Systematics Group. 889p.
- Hunt DR. 2016. CITES Cactaceae checklist. Third edition. Royal Botanic Gardens Kew y International Organization for Succulent Plant Study. https://www.kew.org/sites/default/files/CITES%20Cactaceae%20Checklist_CCC3_170629.pdf. Consultado el 28 de Junio del 2018.



- Kercher SM, Zedler JB. 2004. Multiple disturbances accelerate invasion of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) in a mesocosm study. *Oecologia* 138:455–464.
- Jordan PW & Nobel PS. 1981. Seedling establishment of *Ferocactus acanthodes* in relation to drought. *Ecology* 62: 901-906.
- Krebs C.J. 2008. *The ecological world view*, CSIRO Publishing. Oxford, UK.
- Larios-Ulloa M, Loza-Cornejo S, Ramos GBY, Arreola-Nava HJ. 2015. Abundancia y distribución de *Mammillaria crinita* dc. Subsp. *Crinita* y *Mammillaria polythele* mart. Subsp. *Polythele* endémicas del cerro “la mesa redonda”, Jalisco, México. *Gaia scientia*. Edición especial Cactaceae. Volumen 9(2): 54-60.
- Larmuth J & Harvey HJ. 1978. Aspects of the occurrence of desert plants. *J. Arid Environm.* 1: 129–133.
- Llifle (2013-2017) *Encyclopedia of living forms* http://www.llifle.com/Encyclopedia/CACTI/Family/Cactaceae/1730/Stenocactus_multicosatus. Consultado 21 de Febrero del 2017.
- Maestre FT, Valladares F, Reynolds JF. 2005. Is the change of plant-plant interactions with abiotic stress predictable? A meta-analysis of field results in arid environments. *Journal of Ecology* 93: 748-757.
- Malacalza L, Momo F, Coviella C, Casset AM, Giorgi A, Feijóo C. 2002. *Ecología General*. 2^{da} edición virtual. e-libro.net 49-58p.



<http://www.ceiucaweb.com.ar/documentos/2-ambiental/3er-anio-1er-cuatri/introd-a-la-biologia-y>. Consultado 18 de Noviembre del 2017.

- Martorell C, Peters EM. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124: 199–207.
- Margalef R. 1992. *Ecología*, Primera edición. Editorial Planeta, S.A., Barcelona España 60-70p.
- Martínez D, Flores-Martínez A, López F, Manzanero G, Foster R. 2001. Aspectos ecológicos de *Mammillaria oteroi* en la región mixteca de Oaxaca, México. *Cactáceas y succulentas mexicanas*. 46:32-39.
- Martínez-Avalos JG & Jurado E. 2005. Geographic distribution and conservation of Cactaceae from: Tamaulipas Mexico. *Biodiversity and Conservation* 14: 2483-2506.
- Martínez AF, Medina GIM, Golubo J. 2010 Demography of an endangered endemic rupicolous cactus. *Plant Ecology* 210:53–66.
- Martínez RM, Arroyo GC, Mandujano MC, Jordán G. 2016. Dinámica poblacional de *Mammillaria humboldtii* una cactácea endémica del estado de Hidalgo. *Botanical Science* 94(2): 199-208.
- Meyrán GJ. 2011. Nota: *Stenocactus tetraxiphus*. *Cactáceas y Succulentas de México* 56(4):112-114.



- Meza NMB. 2011. Cactáceas mexicanas: usos y amenazas. Segundo informe referente a la realización de la asesoría número INE/ADA-026/2011.
- Moo CAF. 2004, Inventario y Distribución de las Cactáceas de Tres Municipios del Sureste de Coahuila México. Tesis para la obtener el título de: Ingeniero Agrónomo zootecnista. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” División De Ciencia Animal.
- Morlans MC. 2004. Introducción a la Ecología de Poblaciones. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Morlans-2004.pdf>. Consultado 26 de Junio del 2018.
- Morris C. 1992. Academic Press Dictionary of Science and Technology. Academic Press, San Diego, California.
- Molles MC. 2008. Ecology Concepts y Applications. Fourth Edition. University of New Mexico. 216-225p.
- Molina NM. 2015. Rescate, Conservación y Monitoreo de Especies de Cactáceas en la Zona de Rescate de la Planta de Cementos Holcim México en el Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Departamento de Botánica.
- Naturalista. 2018. <http://www.naturalista.mx/taxa/273625-Stenocactus-multicosatus> Consultado el 10 de marzo del 2018.



- Nobel PS. 1980. Morphology, nurse plant and minimum apical temperatures for Young *Carnegiea gigantea*. *Botanical Gazette* 141: 188–191.
- Odum EP & Sarmiento FO. 2001. *Ecología, El puente entre ciencia y sociedad*. McGraw-Hill Interamericana Editores S. A. de C. V. 168-182p.
- Palladino AC. 2010. *Introducción a la demografía*. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Medicina. <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20DEMOGRAF%C3%8DA%20APS.pdf>. Consultado 26 de Junio del 2018.
- Peters EM, Martorell C, Ezcurra E. 2008. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehuacán Valley. Mexico. *Journal of Arid Environments*. 72: 593-601.
- Portilla-Alonso RM & Martorell C. 2011. Demographic consequences of chronic anthropogenic disturbance on three populations of the endangered globose cactus *Coryphantha werdermannii* *Journal of Arid Environments* 75:509-515.
- Ramírez GA. 2005. *Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico*. Universidad de Bogotá. 47-52p.
- Ramírez PJE. 2006. *Análisis de Datos climáticos y aplicación de SESS en los Pastizales de la cuenca del Río Laja en el Estado de Guanajuato*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad



Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de ciencias animales. Coahuila, México.

- Ramírez FL, Grafiro JA, Alvarado MA, Quiroz H, Velazco CG. 2010. Polinización de *Stenocactus multicosatus* (Hildmann ex K. Schumann) A. Berger en el municipio de García, N.L. Ciencia UANL / vol. XIII, No. 2, abril. México.
- Ramírez CD. 2011. Los objetos nodriza como refugio y fuente de nutrientes: reflexiones sobre el establecimiento y restauración de cactáceas en zonas áridas de la vertiente occidental de los andes. Ecología Aplicada, 5 (1,2): 61-66. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v10n2/a04v10n2.pdf>. Consultado el 26 de Junio del 2018.
- Rangel BLP. 2009. Contribución al conocimiento de las cactáceas del género *Stenocactus*. Tesis para obtener el título de biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Reyes-Olivas A, García ME, Lopez-Mata L. 2002. Cacti–shrub interactions in the coastal desert of northern Sinaloa, Mexico. Journal of Arid Environments 52:431–445.
- Rojas PE. 2013. Population dynamics of a threatened cactus species: general assessment and effects of matrix dimensionality. The society of population ecology. 55:479–491.
- Ruedas M, Valverde T, Argüero SC. 2000. Respuesta germinativa y crecimiento temprano de plántulas de *Mammillaria magnimamma*



(Cactaceae) bajo diferentes condiciones ambientales. Boletín de la Sociedad Botánica de México 66: 25–35.

- Ruiz NNC. 2007. Interacciones ecológicas entre cactáceas columnares y plantas perennes a lo largo de una gradiente de estrés. Universidad Autónoma de México. Instituto de Ecología. Tesis para obtener el grado académico de maestra en ciencias biológicas.
- Sánchez E & Galindo G. 1990. *Stenocactus heteracanthus*, un nuevo registro para el estado de Querétaro. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 35:91-95.
- Sánchez J, Estrada-Castillón E, Arias MS, Muro PG, García-Aranda M, García-Morales LJ. 2014. Diversidad cactoflorística de la zona árida y semiárida de Durango, México. Interciencia, vol.39, 11:794-802.
- Schemske DW, Husband BC, Ruckelshaus MH, Goodwillie C, Parker IM, Bishop J.G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. Ecology 75:584-606.
- Serio-Silva JC. 2011. La translocación y reintroducción en el manejo y conservación de las especies. Capítulo 9. En: Manual de Técnicas para el estudio de la fauna. Gallina, T.S. & López-González, C. Universidad Autónoma de Querétaro. Instituto de Ecología A.C. México. 203-213p. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/717/cap9.pdf>. Consultado el 26 de Julio del 2018.



- Siegel S & Castellan NJ. 1995. Estadística no paramétrica, aplicada a las ciencias de la conducta. 4a. edición. México: Editorial Trillas.
- Silvio VS, González VC, López MB. 2016. Principios de la Ecología General. Universidad técnica de Machala. Primera edición. Ecuador. 29-50p.
- Singh SP. 1998. Chronic disturbance, a principal cause of environmental degradation in developing countries. *Environmental Conservation* 25, 1–2.
- Smith TM & Smith RL. 2007. Ecología. Pearson educación, S.A, Madrid, 6 Edición 194-209p.
- Soringuer RC, Márquez JF, Pérez MJ. 1998. Las translocaciones (introducciones y reintroducciones) de especies cinegéticas y sus efectos medioambientales.
- Terrones RR, González SC, Pizzini FVP, Tovar HM. 2014. Plantas Silvestres en el Paisaje Urbano del Municipio de León, Gto. Publicación Técnica del Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). Municipio de León, México. 171p.
- Trejo BFJ. 1990. Método científico experimental para bachillerato. Universidad Nacional Autónoma de México Colegio de Ciencias y Humanidades. México. 43-65p.
- Valladares F, Aranda I, Sánchez-Gómez D. 2004. La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua, *Ecología*



del bosque mediterráneo en un mundo cambiante, Ministerio del Medio Ambiente, Madrid. 335-369p.

- Valverde T, Trejo ML, Castillo S. 1999. Patrón de distribución y abundancia de *Mammillaria magnnimamma* en la reserva del pedregal de San Ángel, México D.F Cactáceas y suculentas Mexicanas. 44:64-74.
- Vázquez-Sánchez M, Terrazas T, Arias S. 2012. El hábito y la forma de crecimiento en la tribu Cacteeae (Cactaceae, Cactoideae). Botanical Sciences 90 (2):97-108.
- Zavala-Hurtado JA & Valverde PL. 2003. Habitat restriction in *Mammillaria pectinifera*, a threatened endemic Mexican cactus. Journal of Vegetation Science 14:891-898.
- Zenteno F, Lopez P, Larread M. 2009. Patrones de distribución espacial de *Parodia maassii* (Heese) A. Berger (Cactaceae) en un semidesierto de los Andes subtropicales. Ecología en Bolivia, 44(2):99–108.