

Estudio poblacional de *Yucca queretaroensis*, en la zona árida Queretano-Hidalguense.



Universidad Autónoma de Querétaro

Faculta de Ciencias Naturales

Posgrado en Recursos Bióticos

**Estudio poblacional de *Yucca queretaroensis* (Piña), en la zona árida
Queretano-Hidalguense.**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

MAESTRO EN RECURSOS BIÓTICOS

Presenta

Biol. Judith Gabriela Luna Zuñiga

Santiago de Querétaro, Qro. Noviembre 2013

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Maestría en Recursos Bióticos

Estudio poblacional de *Yucca queretaroensis* (Piña), en la zona árida Queretano-Hidalguese.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:

Maestro en Recursos Bióticos

Presenta:

Judith Gabriela Luna Zuñiga

Dirigido por:

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval

SINODALES

Dr. Luis G. Hernández Sandoval
Presidente

Dra. María del Carmen Mandujano S.
Secretario

Dra. Emma Fabiola Magallán Hernández
Vocal

Dr. Víctor Hugo Cambrón Sandoval
Suplente

Dr. Humberto Suzán Azpiri
Suplente

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca
Nombre y Firma
Director de la Facultad

Nombre y Firma
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Noviembre de 2013, México

RESUMEN

Yucca queretaroensis, también conocida como estoquillo o lonjas, es una especie endémica del centro de México, con distribución restringida a la zona árida queretano-hidalguense, densidad poblacional baja y especificidad de hábitat. Está catalogada como especie sujeta a protección especial (NOM-059-SEMARNAT-2010), y recientemente ingresó al Apéndice II de CITES. Los estudios de esta especie son escasos, lo que da la pauta para llevar a cabo estudios ecológicos. Los objetivos de estudio fueron estimar la densidad, estructura poblacional, describir algunas características de su hábitat y estimar la respuesta germinativa de *Y. queretaroensis*, en dos poblaciones seleccionadas en Cadereyta de Montes, Querétaro y Xichú, Guanajuato, poblaciones al norte y centro de la distribución de esta planta. La estructura se estableció por categorías de volumen, considerando para cada individuo tronco y roseta. Se definieron cinco categorías para categorizar las dos poblaciones. Para la descripción del hábitat se tomaron muestras de suelo, así como el porcentaje de rocosidad y pendiente del sitio. La respuesta germinativa, se evaluó con dos tratamientos: luz y oscuridad. Los resultados muestran una densidad promedio 0.0682 ind/m², la mayor densidad corresponde a Xichú con 0.0915 ind/ha y la menor a Cadereyta de Montes con 0.045 ind/ha. Las poblaciones estudiadas están compuestas por un mayor número de individuos en la categoría de menor volumen y el menor número en la categoría de mayor volumen. Las características del hábitat que probablemente definan la presencia de la especie son laderas de cañones con pendientes pronunciadas, exposición noroeste y suelos pocos profundos. No se observaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre tratamientos, evidenciando porcentajes similares con 83.5 y 84.5 % de germinación respectivamente, por lo cual las semillas son fotoblásticas neutras. Se sugiere que los factores que limitan la abundancia de esta planta son la baja reproducción sexual, o baja dispersión de semillas. La propagación vegetativa es el mecanismo más común de permanencia de la especie. La nula diferencia entre tratamientos sugiere que ambas estrategias en la germinación de *Y. queretaroensis* son efectivas.

Palabras clave: poblacional, endémica, densidad, germinación.

ABSTRACT

Yucca queretaroensis, also known as Querétaro Yucca or Soapwort, is an endemic species in central Mexico, with a restricted distribution in the arid zone of Queretaro and Hidalgo, it is also characterized by low population density and habitat specificity. This species under special protection (NOM- 059- SEMARNAT- 2010), and has recently entered within the Appendix II of CITES. Extensive research of this species is scarce, and there is a great need of guidelines for conducting ecological studies. The goals for the resent study were to estimate density, population structure, describe intrinsic habitat characteristics and estimate germination response. We conducted the research in two selected populations of *Y. queretaroensis* at Cadereyta de Montes, Querétaro and Xichú, Guanajuato. The structure was established by volume categories, considering each individual stem and rosette per plant. In addition, five categories were defined to classify the two populations. In order to generate an habitat description, soil samples were taken, and as well as the percentage of rockiness and slope of the site. The germination response was evaluated with two treatments: light and dark conditions. The results showed an average density 0.0682 ind./ha, the highest density corresponds to Xichú with 0.0915 ind./ha and the lowest at 0.0450 Cadereyta de Montes with ind./ha. Studied populations are composed of a greater number of individuals with lower volume classification and the fewer number of individuals in the largest volume category. Probable environment characteristics that are likely to define the presence of the species are steep canyons slopes with northwest exposure and deep soils. No significant differences were observed in germination percentage between treatments, showing similar percentages 83.5% and 84.5% germination respectively using photoblastic neutral seeds. Factors that limit the abundance of this plant are low sexual reproduction and low seed dispersal. Vegetative propagation is the most common mechanism reproduction. There were no differences between treatments and that both strategies of germination of *Y. queretaroensis* are effective.

Keywords: demographic, endemic, to density, germination.

AGRADECIMIENTOS

A mi papá y mamá por todo su infinito amor y apoyo en todas las aventuras y aprendizajes que he emprendido en toda mi vida.

Al Dr. Luis Hernández, quien me acepto como su alumna en este asombroso mundo de las plantas, y además me brindó su amistad, cariño y apoyo en todo momento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme la beca y poder llevar a cabo este aprendizaje en la Maestría en Recursos Bióticos.

A la Universidad Autónoma de Querétaro y a la Facultad de Ciencias Naturales por brindarme apoyo y espacio como estudiante durante este tiempo.

A la Dra. Fabiola Magallán, Dra. M. del Carmen Mandujano, Dr. Víctor H. Cambrón y Dr. Humberto Suzán, por formar parte de este trabajo y ayudarme en todo lo posible.

A todos las personas que me ayudaron infinitamente, de montones de maneras, que me tuvieron mucha paciencia, montones de veces.

Para Javier quien me ayudo en todo (trabajo de campo, edición del documento), que además aguanto mis desesperaciones y nervios durante todo este tiempo.

INDICE

Resumen	I
ABSTRACT	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
INDICE	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. Revisión de literatura	3
2.2 Estudios de ecología de poblaciones	4
2.5.1 Distribución de la especie	12
2.5.2 Importancia ecológica y cultural	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. HIPÓTESIS	14
5. OBJETIVO GENERAL	15
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
6.1.1 Rancho Abajo, Xichú, Guanajuato.	18
6.1.2 Rancho Quemado, Cadereyta de Montes, Querétaro.	19
6.4.1 Suelo	22
6.4.1.1 Preparación de la muestras.....	24
6.4.1.2 Análisis físico y químico	24
6.4.1.2.1pH del suelo.....	24
6.4.1.2.2 Densidad aparente.....	24
6.4.1.2.3 Densidad real.....	25
6.4.1.2.4 Materia orgánica del suelo	25
6.4.1.2.5 Textura del suelo	25
6.4.1.2.6 Fósforo	25

6.4.1.2.7 Capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (calcio, magnesio, sodio y potasio).	26
6.4.1.2.8 Nitrógeno	26
7. RESULTADOS	28
7.2.1 Rancho Abajo	31
7.2.2 Rancho Quemado.....	33
8. DISCUSIÓN.....	39
9. CONCLUSIONES	44
10. LITERATURA CITADA.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

TABLAS

1.	Categorías de módulos (m ³) de <i>Yucca queretaroensis</i> ...	 22
2.	Rangos, media y desviación estándar de las características físicas y químicas del suelo, Densidad aparente (D. aparente), Densidad real (D. real), Materia orgánica (MO), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), con y sin la presencia de <i>Yucca queretaroensis</i> en Rancho Abajo, con 0.0915 ind./ha Parámetros con diferencia(*).....	...33
3.	Rangos, media y desviación estándar de las características físicas y químicas del suelo Densidad aparente (D. aparente), Densidad real (D. real), Materia orgánica (MO), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), con y sin la presencia de <i>Yucca queretaroensis</i> en Rancho Quemado con 0.045 ind./ha Parámetros diferentes con diferencia(*)...	..35
4.	Correlación de germinación en condición de luz. Variables independientes que presentaron efectos significativos sobre la variable dependiente (*)......	37
5.	Correlación de germinación en condición de oscuridad. Variables independientes que presentaron efectos significativos sobre la variable dependiente(*)... ..	38

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS

1. Imagen de <i>Yucca queretaroensis</i> en su hábitat natural.....	12
2. Algunas de las funciones ecológicas que brinda <i>Yucca queretaroensis</i>	13
3. Zona árida Queretano-Hidalguense, zona de distribución de <i>Yucca queretaroensis</i> . Mapa en Granados-Sánchez et al., 2011.....	16
4. Ubicación de las localidades de estudio.....	17
5. Esquema representativo de <i>Yucca queretaroensis</i> , con tres módulos.....	21
6. Distribución del muestreo de suelo dentro de los sitios de estudio.....	23
7. Densidad de módulos de <i>Yucca queretaroensis</i> , en dos poblaciones.....	28
8. Estructura de módulos de las poblaciones de <i>Yucca queretaroensis</i> en 2012 y 2013.....	30
9. Promedio mensual de temperatura y precipitación durante el periodo 1997 a 2008 para Rancho Abajo. Fuente ERIC III, versión 2, 2009.....	31
10. Distribución de los módulos en los rangos de pendiente.....	32
11. Promedio mensual de temperatura y precipitación durante el periodo 1997 a 2008 para Rancho Quemado. Fuente ERIC III, versión 2, 2009.....	34
12. Porcentajes de germinación de semillas de <i>Yucca queretaroensis</i> , bajo condiciones controladas de luz y oscuridad.....	36
13. Tasa y porcentaje acumulado de germinación semillas de <i>Yucca queretaroensis</i> ..	37

1. INTRODUCCIÓN

El género *Yucca* de distribución americana comprende 46 especies (Clary, 1997), pertenece a la familia Agavaceae, la cual tiene su centro de origen y diversificación en México. En nuestro país existen más de 30 especies de yucas, las cuales son elementos característicos de las zonas áridas y semiáridas (García-Mendoza, 1995, Challenger, 1998). Dentro de estos ecosistemas estas plantas tienen diversas funciones ecológicas, entre ellas, evitar la erosión del suelo, y proporcionar hábitat y alimento a la fauna silvestre.

Por otra parte en la cultura popular estas plantas han tenido diversos usos: medicinal, construcción, alimento, vestido y también son empleadas como ornamentales (Matuda y Piña, 1980). En nuestros días la destrucción y modificación del hábitat, ocasionado por el desarrollo de la agricultura y ganadería (sobrepastoreo), la urbanización, y el saqueo masivo para el comercio del paisaje están amenazando a estas plantas (Golubov *et al.*, 2007).

La mayoría de las especies de Yuca que viven en los ecosistemas Mexicanos carecen de un diagnóstico actualizado sobre su distribución, densidad, los elementos que afectan sus poblaciones y el manejo in situ. Además las poblaciones naturales de algunas de estas especies son comercializadas sin contar con planes de manejo que vigilen la salida de individuos de las poblaciones naturales. De la misma forma, ninguna de las cuatro especies de este género protegidas actualmente por las leyes nacionales en el tema, disponen de un estudio sobre su biología.

Comúnmente llamado estoquillo o lonjas *Yucca queretaroensis* se considera endémica del centro de México y se distribuye únicamente en la zona árida queretano-hidalguense, la cual es una región relativamente discontinua en el extremo sur del Desierto Chihuahuense, que incluye los estados de Guanajuato, Hidalgo y Querétaro. Crece principalmente en laderas pronunciadas, entre los 1000-1400 msnm, asociándose principalmente al matorral submontano y formando poblaciones pequeñas (Zamudio *et al.*, 1992, Magallán *et al.*, 2012 a, b). Se encuentra protegida por las normas mexicanas (NOM-059-SEMARNAT-

2010), como especie sujeta a protección especial (Pr). Desde sus primeras descripciones se consideró una planta muy bella, lo que ha ocasionado el saqueo de individuos de poblaciones silvestres para complacer a los coleccionistas extranjeros. En el 2009 la convención sobre el comercio internacional de especies amenazada de fauna y flora silvestres (CITES), en su reunión sobre comercio de Agavaceae, menciona que en el 2006 se ofrecieron por primera vez especímenes adultos de *Y. queretaroensis* obtenidas de medio silvestre en el mercado internacional.

De manera general se conoce que *Y. queretaroensis* es de crecimiento lento, con ciclo de vida largo, floración rara, baja reproducción sexual, asimismo es considerada un organismo con ciclo de vida complejo, ya que no es posible determinar la edad de los individuos y porque pueden reclutar en la población diferentes tipos de vástagos (hijuelos, plántulas vía germinación semilla) (Magallán *et al.*, 2012a, b, Golubov *et al.*, 2007).

Los estudios que reúnen información ecológica para esta especie aún son escasos, sin embargo, para llevar a cabo prácticas de conservación y planes de manejo es conveniente tener conocimiento previo de las poblaciones naturales, esto es, estudios que incluyan número de individuos, características como la talla, sexo, fenología ya que el manejo sustentable de plantas debe estar basado en el conocimiento claro de la biología de la especie (Vovides *et al.*, 2002). Debido a lo anterior este estudio pretende ser el primero en brindar datos de parámetros ecológicos como densidad, estructura poblacional, biología reproductiva, germinación, característica de su hábitat de dos poblaciones naturales y así aumentar el conocimiento de esta planta, para que posteriormente se establezcan planes de manejo de sus poblaciones.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Biología de poblaciones

Una población es un conjunto de individuos que pertenecen a la misma especie, viviendo en la misma área. Las poblaciones tiene diferentes tipos de estructuras: genética que describe la frecuencia irregular de genes y genotipos, espacial que describe la variación en la densidad dentro de una población, edades que describe el número relativo de individuos jóvenes y viejos, y por último de tamaño que describe el número relativo de individuos pequeños a grandes. La biología de poblaciones trata de explicar el origen de estos diferentes tipos de estructuras, cómo se influyen entre ellos y cómo y por qué cambian con el tiempo. (Silvertown and Lovett-Doust, 1993).

Los estudios poblaciones en general se basan en conocer a detalle las características de los organismos de una población, registrando el número de individuos, talla, fenología, sexo, en espacios definidos, con repeticiones en el tiempo. La mayoría de estos estudios se han referido al conocimiento de organismos unitarios, ya que las especies clonales están integradas por más de un individuo con la misma composición genética. Lo que ha llevado a desarrollar estudios de biología de poblaciones de especies clonales recientemente. (Mandujano, 2007).

La clonalidad se ha considerado como ruido ambiental puesto que complica la modelación de la biología de las poblaciones, ya que se puede sobreestimar el total de individuos (geneto). A nivel teórico la separación de geneto y rameto es sencilla, en las poblaciones naturales, con ciertas excepciones, es sumamente difícil de apreciar si no se hace un análisis genético. Los organismos clonales pueden estudiarse en tres niveles básicos de organización: geneto, rameto o módulo. Los módulos son unidades de construcción básica, tales como la hoja, yema que se pueden repetir dentro del rameto y geneto, el módulo adecuado para la descripción de un organismo, depende de la especie que se estudia. Un rameto es una agrupación de módulos, que pueda llegar a ser independiente. Un geneto

comprende todos los organismos derivados de una semilla, individuo con la misma información genética (Harper, 1977, Gibson, 2002, Mandujano, 2007).

Para hablar de crecimiento clonal, lo más complicado es precisar individuos independientes, por lo cual para estudiar este tipo de organismos es primordial definir con claridad la categoría en que se desarrollará la investigación. Por ejemplo en *Yucca queretaroensis*, cada rama (independientemente del estado de desarrollo en que se encuentre) que se repite en lo que representa un individuo (geneto), es un módulo, sin tener la evidencia de que cada uno de ellos pueda ser potencialmente independiente, esta especie muestra una posibilidad de estudiar a nivel de módulo.

El estudio de las poblaciones también es posible con otras herramientas, como los modelos matriciales, los cuales hacen posible evaluar los cambios en sobrevivencia, crecimiento y reproducción de una población. No obstante, la aplicación de estas herramientas no siempre es posible, principalmente cuando el tiempo y los recursos económicos son limitados (Godínez-Álvarez *et al.*, 2008).

2.2 Estudios de ecología de poblaciones

Las especies pueden ser descritas por su historia de vida, cada organismo tiene componentes característicos como su tamaño, tasas de crecimiento, reproducción y tiempo de vida, no obstante, para el manejo o conservación de una especie se necesita saber que tan abundante es la especie, cómo se estructuran sus poblaciones por edad, estadios, tamaños y como cambian en el tiempo y porque (condiciones ambientales) (Begon *et al.*, 1986; Escalante-Rebolledo, 2004).

En las zonas áridas y semiáridas las condiciones ambientales son extremas y las lluvias son impredecibles, lo que conlleva a las especies a tener comportamientos variables (Polis, 1991, Martínez-Avalos, 2007). Estas zonas albergan unas 3000 especies de plantas endémicas (González-Medrano, 2012), sobresaliendo las zonas secas al norte de San Luis Potosí y sur de Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, con la mayor concentración de especies de cactáceas amenazadas. El clima y la topografía son otros factores importantes que establecen

patrones que restringen la productividad vegetal en estas zonas (Granados-Sánchez, *et al.*, 2011), como es el caso de *Turbinicarpus valdezianus*, en Coahuila, sus poblaciones se concentran en la cresta de la ladera norte del Cañón de las Bayas con una densidad de 1.044 ind./ha., y en la ladera norte de la Sierra de Lucas tiene 0.0333 ind./ha., la densidad baja de este sitio se relaciona con la pendiente pronunciada de la zona, la cual se considera un factor limitante para el establecimiento de plantas de esta especie (Reyes-Valdés, 2001). Son diversos los factores que pueden influir en la permanencia de las especies, y los estudios sobre el tema son pocos, y es importante determinar los factores particulares para conservar y frenar la pérdida de especies. La biznaga dulce *Echinocactus platyacanthus*, en el valle de Tehuacán-Cuicatlán, tiene perturbación en su hábitat y un estudio durante tres años reflejo, que el índice de disturbio no está directamente relacionado con la densidad de la población de esta especie, la cual va de 0.0276 a 0.1016 ind./ha., dentro de las categorías establecidas, los adultos en su mayoría fueron los más abundantes y las plántulas las menos abundantes (Jiménez-Sierra *et al.*, 2007). La rareza biológica fenómeno relacionado con la baja densidad se estudió para tres especies del género *Neobuxbaumia*, *N. macrocephala*, *N. tetetzo*, *N. mezcalensis* dentro de Tehuacán-Cuicatlán, los análisis estadísticos que relacionaron las variables ambientales con los cambios en la abundancia, muestran que *N. mezcalensis* tiene una densidad promedio 0.3943 ind./ha., y se asocia con precipitaciones abundantes, *N. tetetzo* tiene densidad promedio de 0.3070 ind./ha., y se asocia con sitios en latitudes altas y con alto contenido de fósforo y porcentaje de arena bajos en el suelo, la especie más rara *N. macrocephala*, muestra una densidad promedio de 0.0607 ind./ha., y se asocia significativamente con mayor número de variables, como latitud, pendiente, contenido de calcio y la capacidad e intercambio catiónico (CIC) (Ruedas M., *et al.*, 2006). *Mammillaria* es el género con más especies protegidas en Tehuacán-Cuicatlán, donde se reúnen más del 10% de especies existentes para todo el mundo (Peters y Martorell, 2001), dos de ellas, *M. dixanthocentron* tiene una densidad de 0.001 a 0.0416 ind./ha., la mayoría de los individuos en la categoría juvenil y el menor en la categoría plántulas, las semillas son fotoblásticas positivas, con

porcentajes altos de germinación (90%) (Ramos-López, 2007), y en *M. huitzilopochtli* para la cual el efecto del disturbio en sus poblaciones, afecta sus densidad, sitio con disturbio (S1) 0.090 ind./ha., y en sitios bien conservado (S2) 0.385 ind./ha. (Flores Martínez *et al.*, 2010). Los anteriores estudios se prestan para llevar a cabo estudio comparativos y determinar los factores que afectan la abundancia y distribución de especies raras de larga vida y proporcionan el precedente para considerar la protección legal.

2.3 Estudios poblacionales del género *Yucca* y afines

Dos familias de plantas muy bien representadas en México son Agavaceae y Nolinaceae, plantas suculentas de larga vida, y notables en diversos paisajes. Estudios previos señalan que aunque existe información taxonómica de estos grupos, hace falta información sobre la dinámica poblacional, reproducción, interacciones bióticas y el efecto antropogénico que afectan a estas especies (Golubov *et al.*, 2007). Los soyates (*Beaucarnea* spp.), sotoles (*Dasyilirion* spp.), magueyes (*Agave* spp.), y palmas (*Yucca* spp.), tienen importancia económica, lo cual los hace recursos sobreexplotados, con pocas propuestas para la protección de sus poblaciones. Las especies del género *Beaucarnea* (nueve), se encuentran en alguna categoría de riesgo, la mayoría de las especies habitan en los Bosques tropicales caducifolios, las evaluaciones poblacionales para cada una de ellas se llevaron a cabo hace diez años, *B. goldmanii* tiene las densidades más altas 0.080 ind./ha, las especies restantes tienen números de individuos reducidos, como *B. gracilis* (0.016 ind./ha), *B. inermis* (0.015 ind./ha), y *B. purpusii* (0.0007 ind./ha) (Hernández *et al.*, 2000). En el año 2012, en otro trabajo del mismo género, se menciona una densidad poblacional para *B. goldmanii* de 0.0580 ind./ha, y para *B. sanctomariana* 0.0287 ind./ha (Pérez-Ferrara, *et al.*, 2012). Las plantas del género *Dasyilirion* son explotados en sus comunidades nativas con distintos fines desde hace 7000 años (Bell & Castetter, 1941, Melgoza-Castillo, *et al.*, 2005). En un trabajo reciente en el estado de Coahuila, para *D. cedrosanum* encontraron una densidad poblacional de 0.0193 a 0.0705 ind./ha, destacando que el rango de

elevación mostrado por la especie es muy amplio (850-2530 msnm), y la densidad aumenta en mayor elevación, al mismo tiempo menciona el desconocimiento de las consecuencias del uso de estas especies por el ser humano sobre las estructura de las comunidades en las que estas plantas viven, por consiguiente es esencial llevar a cabo estudios sobre la dinámica poblacional, y así regular aprovechamiento comercial (Encina-Domínguez, *et al.*, 2013). La presencia del género *Agave* en México se estima entre 211 a 205 especies (Espejo-Serna y López Ferrari, 1992; García-Mendoza, 1995; García-Mendoza y Galván, 1995; Golubov, *et al.*, 2007), 55% de ellas son endémicas, no obstante 18 especies se encuentran protegidas por las normas mexicanas y sólo tres se encuentran listadas en CITES (Convenio Internacional para el Comercio de Especies en Peligro), en el apéndice I *A. arizonica*, y *A. parviflora*, en el apéndice II *A. victoriae-reginae*, la cual fue evaluada en el año 2011, en los estados de Nuevo León, Coahuila y Durango, ya que sus poblaciones se han debilitado por la colecta y disturbios del hábitat, su densidad poblacional va de 671 a 517.9 ind./ha, con un alto número de individuos maduros (PC19 Inf. 15, 2011). Los agaves forman parte de la riqueza florística y cultural de Tehuacán-Cuicatlán, estas plantas son elementos importantes en la vida cotidiana de los pobladores de este valle, ejemplos de ello, el agave mezcalero “tepeztate” (*A. marmorata*), la estimación de su dinámica poblacional sugiere que los individuos juveniles se propagan vegetativamente, mientras que los adultos se reproducen asexual y sexualmente, sus semillas germinan con éxito sin depredadores y bajo plantas nodrizas, no obstante las actividades como el corte de la inflorescencia, la cosecha para el mezcal, afectan negativamente el crecimiento de la población de esta especie. *A. kerchovei*, también es importante como alimento, forraje y ornamental, se estudió la densidad y estructura poblacional para saber si pueden cubrir la demanda del aprovechamiento múltiple, tiene una población de 1.733 y 1.566 ind./ha, en dos sitios y la mayoría de ellos dentro de la categoría de tamaño pequeño (Brena-Bustamante, 2012). Las plantas del género *Yucca* (palmas) son de tipo xerófito, con algunas excepciones como *Y. aloifolia*, *Y. elephantipes* y *Y. lacandonica*, planta epífita descubierta en la Selva Lacandona (Chiapas), a la cual debe su

nombre, aunque también se puede encontrar en Campeche, Tabasco y Veracruz. Ninguna de las anteriores tienen estudios ecológicos, específicamente demográficos, *Y. lacandonica* está catalogada como amenazada sin contar con el conocimiento sobre su biología, su asignación en alguna categoría probablemente se sustentó en observaciones y recomendaciones intuitivas (Peters & Martorell, 2001), al igual que la anterior, *Y. endlichiana*, que habita en matorral desértico y *Y. grandiflora*, en Encinares, están listadas en la norma oficial, y hace 30 años Matuda y Piña (1980), indican que tienen densidades de 200 y 25 ind./ha, respectivamente. Las investigaciones para este grupo de plantas están aumentando, las más recientes y relacionadas con biología de poblaciones, se refieren a *Y. brevifolia* en el suroeste de Utah donde evaluaron la edad de una población de 69 individuos a partir de un censo de tamaños (altura), en un periodo de 14 años, en el cual indican que el 75% de las plantas oscilaban entre 20-100 años y el 11% más de 150 años (Gilliland, *et al.*, 2006). Y una población natural de *Y. rigida*, que fue evaluada en tres sitios al azar, en el Municipio de Mapimí, Durango, estableciendo la evaluación en tres rangos altitudinales, en una superficie de 1000 m², encontrando una densidad poblacional de 0.0890 ind./ha, y mencionan que conforme aumenta la altitud del sitio, la altura de la planta y el diámetro del tallo (área basal) tienden a incrementar (Flores-Hernández, *et al.*, 2011). Desde 1980 en un estudio de “Las Plantas Mexicanas del Género *Yucca*”, se citan densidades bajas para la gran mayoría de las plantas de este género, se tiene conocimiento de los diversos beneficios que proporcionan, por lo cual es importante cuantificar el estado de las poblaciones en condiciones naturales, actualizar la información etnobotánica y tener una idea de las causas que ponen en riesgo a estas.

2.4 Germinación de semillas

El conocimiento de las semillas ha crecido a lo largo de muchos años, acumulándose hasta la fecha un significativo conocimiento acerca de sus características fisiológicas, latencia y germinación. La germinación comprende diversos procesos los cuales son vitales para el establecimiento de una planta y son

exclusivos de cada semilla y el ecosistema donde se desarrolla (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). En las zonas áridas y semiáridas, las semillas tienen combinaciones específicas de humedad, temperatura y luz que son propicias para su establecimiento (Flores-Martínez, *et al.*, 2008). La luz puede establecer donde va a germinar una semilla, también modera la germinación bajo el dosel de las ramas de los árboles (Moreno, 1996). Asimismo se ha mencionado que la presencia de luz puede estar relacionada con las formas biológicas, como en los cactus forma de barril *Ferocactus flavovirens*, *F. recurvus*, *F. robustus*, con fotoblastismo positivo, es decir, su germinación sucede siempre en presencia de luz. Así como las cactáceas columnares *Cephalocereus chrysacanthus*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Pachycereus hollianus* con fotoblastismo neutral, especies que germinan de igual manera en luz y oscuridad (Rojas-Aréchiga *et al.*, 1997, Flores *et al.*, 2006). Particularmente Jiménez-Aguilar (2010), indica que todas las especies de roseta son fotoblásticos neutral, con porcentajes de germinación diversos en luz y oscuridad como *Agave lechuguilla* (65% y 80%), *A. striata* (96% y 98%), *A. salmiana* (70% y 94%), *Yucca carnerosana* (81% y 79%), *Y. filifera* (88% y 72%) *Y. elata* (63% y 29%). La luz es un factor fundamental para la germinación, ya que el fotoblastismo positivo es una de las propiedades fisiológica que puede favorecer a la formación de un banco de semillas en el suelo (Bower, 2000; Rojas-Aréchiga & Batis, 2001). Consecuentemente, es posible que las semillas fotoblásticas neutras no puedan formar un banco de semillas en el suelo. Aún se necesitan más estudios para comprender la importancia del fotoblastismo en las semillas de especies suculentas.

La temperatura y humedad juegan un papel importante en la germinación de semillas (Pérez-Sánchez, 2009). En diversos estudios mencionan que las mejores condiciones de germinación se encuentran entre los 25 y 30°C y con suelos húmedos. En las zonas secas las semillas están expuestas a altas temperaturas por periodos largos durante el día (Daws *et al.*, 2007), existen estudios sobre el efecto de altas temperaturas en especies desérticas. Por ejemplo, Keeley y Tufenkian (1984), trabajaron con semillas de subespecies de *Yucca whipplei*, las cuales tuvieron un pre-tratamiento de 110 y 130°C por cinco

minutos, encontrando una disminución en la germinación a 110°C, así como nula germinación a los 130°C. *Y. periculosa* tiene mayor germinación en potenciales hídricos de 0 a -0.041 (83%) y menor a -0.66 MPa (29%), siendo su temperatura óptima de 26°C (94%) (Flores y Briones, 2001), estos porcentajes son similares a los que presenta *Y. decipiens* la cual tiene altos porcentajes de germinación con temperaturas de 18, 25 y 32°C, combinada con potenciales de entre 0 y -0.2 MPa (Pérez-Sánchez, 2009).

En ambientes áridos el establecimiento de una semilla es raro, ya que se basa en pulsos de agua impredecibles (Flores *et al.*, 2012). En algunos estudios se ha observado que la germinación y emergencia de plántulas de especies perennes de zonas áridas, se producen más rápido en condiciones de mayor humedad, siendo mayor la emergencia bajo arbustos en sitios abiertos e incrementándose significativamente cuando se excluye a los depredadores (Godínez- Álvarez y Valiente-Banuet, 1998; Mandujano *et al.*, 1998). Muchas especies de plantas suculentas, principalmente cactáceas, tienen relaciones estrechas con plantas nodrizas, y diversas investigaciones lo han demostrado, por ejemplo *Coryphanta pallida*, *Mammillaria gaumeri*, *M. thornberi*, *Carnegiea gigantea*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Opuntia rastrera*, etc (Godínez-Álvarez *et al.*, 2003). Bajo la protección de las plantas nodrizas, los niveles de humedad y la protección contra la radiación solar directa son más favorables para el establecimiento de plántulas (Mandujano *et al.*, 2001). La emergencia de plántulas de *Yucca periculosa*, es más rápida debajo de arbustos, que en espacios abiertos, la sobrevivencia de plántulas es principalmente afectada por la forma de vida, y la depredación (Flores *et al.*, 2004), las plántulas de *Yucca brevifolia*, tienen más posibilidades de emerger cuando las semillas fueron plantadas a 1 cm de profundidad por roedores, con probabilidad de sobrevivir debajo de arbustos (Vander Wall *et al.*, 2006; Waitman *et al.*, 2012), se ha mencionado que en las zonas áridas es donde se presenta con más frecuencias la asociación con nodrizas (Flores y Jurado, 2003), pero aún son pocos los datos disponibles para asegurar que las yucas tienen relaciones estrechas con plantas nodrizas, en lo que respecta a germinación y principalmente sobrevivencia de estas plantas hay un gran desconocimiento.

2.5 Descripción de la especie de estudio

Yucca queretaroensis Piña, (Agavaceae)

Plantas perennes, suculentas, arbustivas o arborescentes, (2) 3–6 m de altura, frecuentemente con una sola roseta y ocasionalmente con dos, formando grupos de 2–20 individuos de diferentes tamaños. Tallo cilíndrico, en ocasiones ramificado, generalmente cubierto con hojas secas persistentes, 20–60 cm de diámetro en la base. Roseta de forma esférica hasta con 1500 hojas. Hoja de 45–75 cm de largo, 0.2–0.5 cm de ancho, con base ensanchada de 1.5–2.5 cm, lineares, flexibles, verde claro, biconvexas en toda su longitud; ápice acuminado; márgenes rectos, serrulados; espina terminal de 0.3–0.8 cm de largo, cónica, café-rojiza, angulosa. Inflorescencia en panícula, 60–100 cm de largo, ovada, erecta o elíptica, con 120–140 ramillas, sobresaliendo de la roseta, base del escapo de 4–5 cm de diámetro; ramillas de la inflorescencia adpresas en la base, de 14–16 cm en la parte media y reduciéndose hacia el ápice hasta 7–8 cm, pulverulentas, con 4–10 flores por ramilla. Flores de 2.2–3.6 cm de largo, campanulada a globosas, péndulas, blanquecinas; pedicelos de 1.3–2 cm; tépalos dimórficos, los externos de 2.8–3 cm de largo por 1.0–1.2 cm de ancho, lanceolados, con ápice agudo, glabros; estambres unidos en la base del perianto, de 1.3–1.5 cm de largo, filamentos reflexos, cilíndrico, verde pálido, con suturas carpelares profundas, ovario supero estrechamente elíptico y cónico hacia el estilo, el cual es tubular, estigma trilobado, con lóbulos retusos. Frutos 7.5–11.5 cm de largo por 3–4.5 cm de ancho, cilíndricos, carnosos, indehiscentes, péndulos. Semillas lacrimiformes de 8–11 mm de largo, 7–8 mm de ancho en su base, negras, testa ruminada (Piña 1989; García Mendoza 2003; Magallán-Hernández *et al.*, 2012) Figura 1.



Figura 1. Imagen de *Yucca queretaroensis* en su hábitat natural.

2.5.1 Distribución de la especie

Yucca queretaroensis es una especie endémica de la sub región del Desierto Chihuahuense llamada zona árida Queretano-Hidalguesa. Se distribuye en los estados de Guanajuato (Xichú), Querétaro (Pinal de Amoles, San Joaquín, Cadereyta de Montes) e Hidalgo (Pacula y Zimapán). Se conocen trece poblaciones, la mayoría de ellas se localizan en el estado de Querétaro (Magallán-Hernández *et al.*, 2012a, b; CoP16 Prop. XXX, CITES, 2013).

2.5.2 Importancia ecológica y cultural

Yucca queretaroensis contribuye a la retención del suelo, y colabora en la formación de contenido orgánico con la caída de sus hojas. Es una planta nodriza, debajo de ella crecen especies de las familias Agavaceae, Cactaceae y Crassulaceae. Además los troncos y rosetas brindan refugio a diversos insectos, reptiles, y aves. En la actualidad el principal uso de *Y. queretaroensis* es ornamental, asimismo sus flores sirven de alimento y hace tiempo (más de treinta años), fueron utilizadas las hojas secas del tronco para la elaboración de techos de casas (Magallán-Hernández *et al.*, 2012a, b). Figura 2.



Figura 2. Algunas de las funciones ecológicas que brinda *Yucca queretaroensis*.

3. JUSTIFICACIÓN

Yucca queretaroensis tiene un área de distribución restringida, especificidad de hábitat, es una especie sujeta a protección especial (NOM-059-SEMARNAT-2010), y el conocimiento sobre su biología es casi nulo, de ahí la relevancia de intensificar los estudios ecológicos, puntualizando los demográficos, que proporcionen conocimiento que ayuden a comprender que favorece el mantenimiento de sus individuos bajo condiciones naturales.

4. HIPÓTESIS

La densidad y estructura poblacional de *Yuca queretaroensis* pueden estar condicionadas, al bajo reclutamiento de individuos por reproducción sexual, y a las condiciones de su hábitat, como pendientes muy pronunciadas, y características del suelo.

5. OBJETIVO GENERAL

Estimar el tamaño poblacional de *Yucca queretaroensis* en dos poblaciones naturales y describir algunos atributos poblacionales.

5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la estructura poblacional de *Y. queretaroensis* en las zonas de estudio.
- Describir características del hábitat de *Y. queretaroensis*.
- Estimar la capacidad germinativa de semillas de *Y. queretaroensis* bajo condiciones controladas.
- Evaluar el grado de influencia de la pendiente y características edáficas en la densidad y estructura poblacional de *Y. queretaroensis*.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio y selección de sitios

Los sitios de estudio se delimitan en la zona árida Queretano-Hidalguese, la cual es una subregión meridional del Desierto Chihuahuense, y está integrada por algunas depresiones y valles secos aislados. Comprende Xichú y Atarjea (Guanajuato), Río Extóraz (Querétaro), Barranca de Mezquitlán, Valle del Mezquital, Valle de Actopan (Hidalgo), y una pequeña porción de San Luis Potosí (Granado-Sánchez *et al.*, 2011). (Fig.3)



Figura 3. Zona árida Queretano-Hidalguese, zona de distribución de *Yucca queretaroensis*.

Mapa en Granados-Sánchez *et al.*, 2011.

La elección de los sitios de estudio se basó en la información recabada por el Jardín Botánico Regional de Cadereyta, quien como resultado de sus revisiones de herbario y salidas de campo, propone trece sitios de distribución de la especie. De los cuales se seleccionaron dos localidades: Río Abajo (RA), Xichú, Gto., y Rancho Quemado (RQ), Cadereyta de Montes, Qro., ambas por su distribución geográfica y densidad de individuos (Fig. 4).

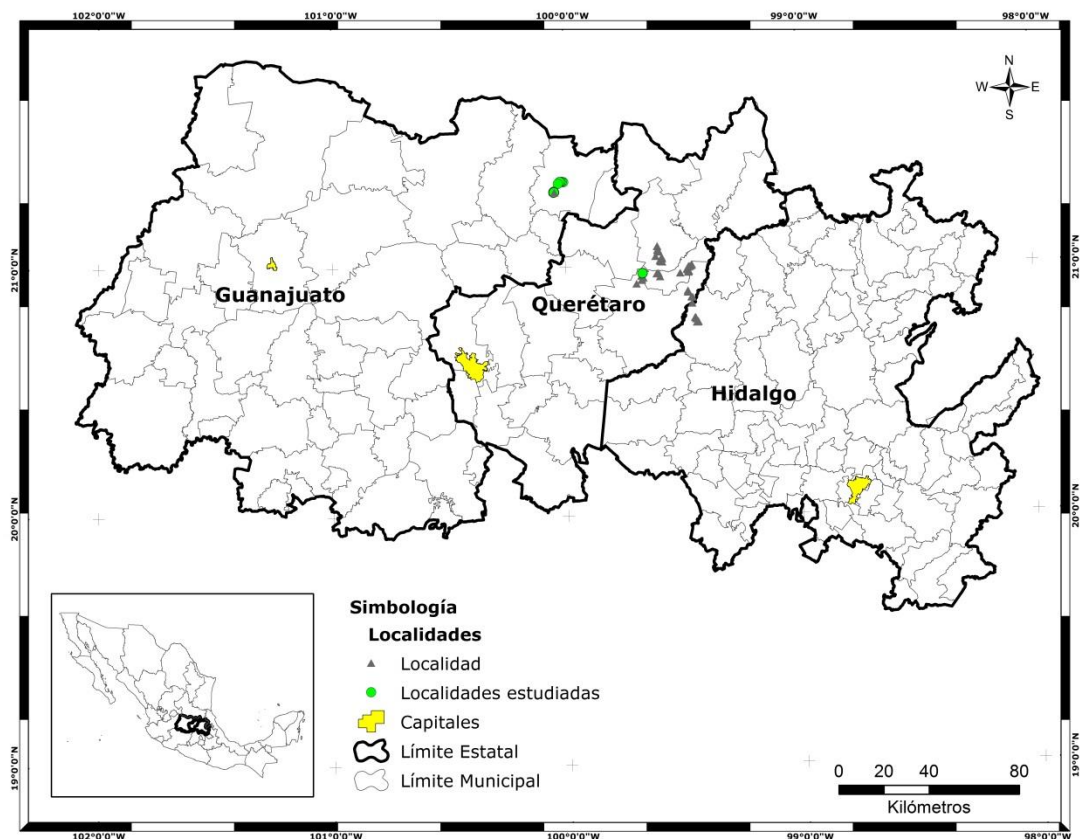


Figura 4. Ubicación de las localidades de estudio.

6.1.1 Rancho Abajo, Xichú, Guanajuato.

La población de Rancho Abajo (RA) se encuentra en el municipio de Xichú, Guanajuato, en el límite Noroeste de la distribución de la especie, sus coordenadas geográficas 21° 32' 10" Norte y 100° 10' 36", altitud entre 600 y 2700 msnm. Se confina dentro de la provincia Sierra Madre Oriental, y subprovincia Sierra Gorda, la cual comprende los municipios de Xichú, Atarjea y Victoria, cubre el 5.37 % (1,636.51 Km²) de la entidad. Sus sistemas de topoformas consiste en valles ramificados profundos y sierras altas con cumbres de laderas rectas, que atraviesan el estado de Querétaro. La morfología de esta subprovincia está directamente relacionada a los sistemas hidrológicos: río Santa María y Xichú. El clima es semiseco semicálido, los rangos de temperatura van de 10–26 °C, con una precipitación 500–900 mm. Las rocas presentes son sedimentarias, caliza-lutita del periodo Cretácico. Los suelos que resaltan en la zona son de coloración parda, someros, se clasifican como luvisoles asociados a rendzinas, feozems, regosoles calcáricos (con carbonatos de calcio). Los tipos de vegetación que se desarrollan en el área son diferentes tipos de matorrales, entre ellos el crasicaule, rosetófilo y submontano, y está último está formado por las siguientes especies: *Prosopis laevigata*, *Acacia* sp., *Croton* sp., *Jatropha dioica*, *Karwinskia humboldtiana*, *Opuntia* sp., *Yucca queretaroensis*, *Yucca* sp., *Dasyllirion acrotrichum*. (INEGI, 1989). La presencia de ganado vacuno y equino, ocasionan fuerte impacto en este sitio, se observaron individuos de *Y. queretaroensis* masticados, además aplastados por los diferentes tipos de ganado.

6.1.2 Rancho Quemado, Cadereyta de Montes, Querétaro.

La población de Rancho Quemado (RQ), se localiza en el municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro, en el centro de la distribución de la especie, sus coordenadas geográficas 20° 58' 27.8" Norte y 99° 40' 14.6" a 1300-1400 msnm. Se limita en la provincia Sierra Madre Oriental. El clima es semiseco templado, la temperatura fluctúa de 12-20 °C, y los rangos de precipitación van de 450-630 mm. Las rocas presentes son sedimentarias, constituida principalmente por calizalutita del periodo Jurásico superior. La mayoría de los suelos de esta zona son delgados, del tipo luvisoles crómicos (de color rojo), litosoles, algunas veces feozem (calcárico) y rendzinas.

El tipo de vegetación en la zona es matorral, dominando el submontano, se desarrolla sobre laderas, suelos pedregosos y algunos cañones como los de los ríos Moctezuma y Extórax. Este tipo de vegetación está formado por las siguientes especies: *Prosopis laevigata*, *Helietta parvifolia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Croton* sp., *Fouquieria splendens*, *Dasyllirion acrotrichum*, *Yucca queretaroensis*, *Yucca* sp., *Opuntia* sp., *Strombocactus* sp., *Agave* sp. (Inegi, 1986). El sitio ha sido afectado por un incendio sucedido hace aproximadamente 10 años, además se observó disturbio por presencia de ganado ovino, actividades humanas como caminos y minería.

6.2 Muestreo poblacional

En cada sitio de estudio se establecieron dos transectos de 1000 m² (10 x 100 m), con los cuales se pudo obtener un número suficiente de individuos para llevar a cabo el estudio poblacional. Los factores que determinaron la ubicación de los transectos fueron la condición de la pendiente y densidad de individuos. El estudio de las dos poblaciones (RQ y RA), de *Yucca queretaroensis* se llevó a cabo en diferentes periodos (febrero y Abril) y se monitorearon durante un año (2012–2013). Dentro de las áreas establecidas se identificaron cada uno de los organismos con una lámina de aluminio, marcada con plumón indeleble colocada muy cerca de la base de cada uno de ellos. La cantidad de organismos obtenida del muestreo, se extrapoló a una superficie 10,000 m² (1 ha). Asimismo se ubicaron en un mapa las coordenadas cartesianas (X y Y), y se contaron para calcular la densidad, la cual se va a utilizar en la siguiente ecuación (Mostacedo y Fredericksen, 2000):

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área determinada}}$$

Para cada uno de los individuos se midió la base del tallo, altura del tronco, diámetro a la altura del pecho (DAP), tamaño de la roseta, número de hojas, altura total de la planta, y se registró la presencia de flores/frutos, ya que estos caracteres expresan el estadio de desarrollo de los organismos y son fundamentales para definir la estructura poblacional. Los sitios fueron visitados cuatro veces en el año de estudio, para registrar individuos en floración. En ocasiones las plantas de *Y. queretaroensis* mostraron muchas ramas (módulos), las cuales en su mayoría se desarrollan a nivel del suelo, asimismo rosetas (módulos), que salen de la base del tronco. Cada módulo se midió y se consideró para el análisis poblacional (Fig. 5).

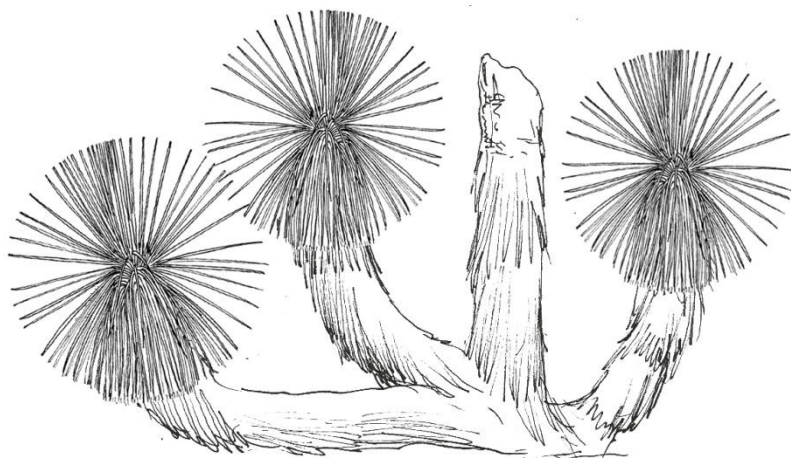


Figura 5. Esquema representativo de *Yucca queretaroensis*, con tres módulos.

6.3 Estructura poblacional

Para la categorización de los módulos se consideró el volumen total de cada uno de ellos. Un módulo puede estar formado por una roseta con y sin tronco. Para obtener el volumen de una roseta se multiplicó el número total de hojas por el volumen de una hoja, la cual se calculó considerando la hoja de forma cilíndrica con un diámetro de 0.5 cm. El volumen del tallo se obtuvo estimando una forma cilíndrica, incluyendo el diámetro de la base y altura del tallo. La suma de los anteriores se consideró el volumen total del módulo, los cuales se ordenaron de menor a mayor, y se graficaron para poder definir las categorías. Se definieron cinco categorías de tamaño, basadas en el volumen (m^3) y la condición reproductiva (Tabla 1).). La comparación estadística de las estructuras poblacionales se llevó a cabo con una prueba de JI-cuadrada.

Tabla 1. Categorías de módulos (m³) de *Yucca queretaroensis*.

Categoría	Volumen m ³
1	0.000003-0.0019
2	0.0021-0.0096
3	0.0102-0.0983
4	0.1020-0.1772
5	0.1915-0.4346

6.4 Muestreo de las características del hábitat de la especie

Para la determinación de las condiciones generales de la zona, se tomaron los siguientes parámetros:

Los datos climatológicos se van a obtener del programa Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III, versión 2.0.), el cual nos proporcionó nos brindó datos de temperatura y precipitación, de cinco años atrás. La orientación se determinó por medio de una brújula. La pendiente de los sitios y para cada uno de los módulos se obtuvo con un clinómetro (Brunton). La altitud se anotó con la ayuda de un altímetro. El tipo de vegetación se definió mediante la forma de crecimiento y dominancia de las especies vegetales en los sitios de estudio. Y la obtención y análisis de las muestras edáficas se detalla a continuación.

6.4.1 Suelo

Para la obtención de muestras de suelo, se siguió la metodología propuesta en el Manual para la recolección integrada de datos de campo FAO (2009). Dentro de los sitios de estudio se obtuvieron a lo largo de una línea trazada en tres zonas, dos con la presencia de *Yucca queretaroensis* y una sin presencia de la especie, con el objetivo de encontrar características que definan la presencia o ausencia de la especie. En cada zona se recogieron tres muestras a lo ancho del transecto (considerando este número suficiente para el análisis diseñado), en los puntos donde se observó un cambio en la coloración del suelo y también se tomó

el porcentaje de pedregosidad, por medio de un conteo de rocas en un cuadro de 30 x 30 cm (Fig. 6). Todas las muestras se tomaron a 15 cm de profundidad, ya que es donde se encuentra el mayor crecimiento de raíces de la especie, y además la capa de suelo en los sitios es muy somera. La muestra se tomó con la ayuda de un piolet y pala, se recogieron 2 Kg, porción indicada en la metodología de suelos para desarrollo del análisis y se transportaron en bolsas de plástico al laboratorio. Cada muestra se etiquetó, además para cada muestra se anotaron las variables del sitio, como pendiente y orientación. La caracterización física y química de las muestras de suelo se llevó a cabo en el Laboratorio de Edafología del Centro de Geociencias campus UNAM-Juriquilla, siguiendo el protocolo estándar para suelos de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 e ISRIC 2002.

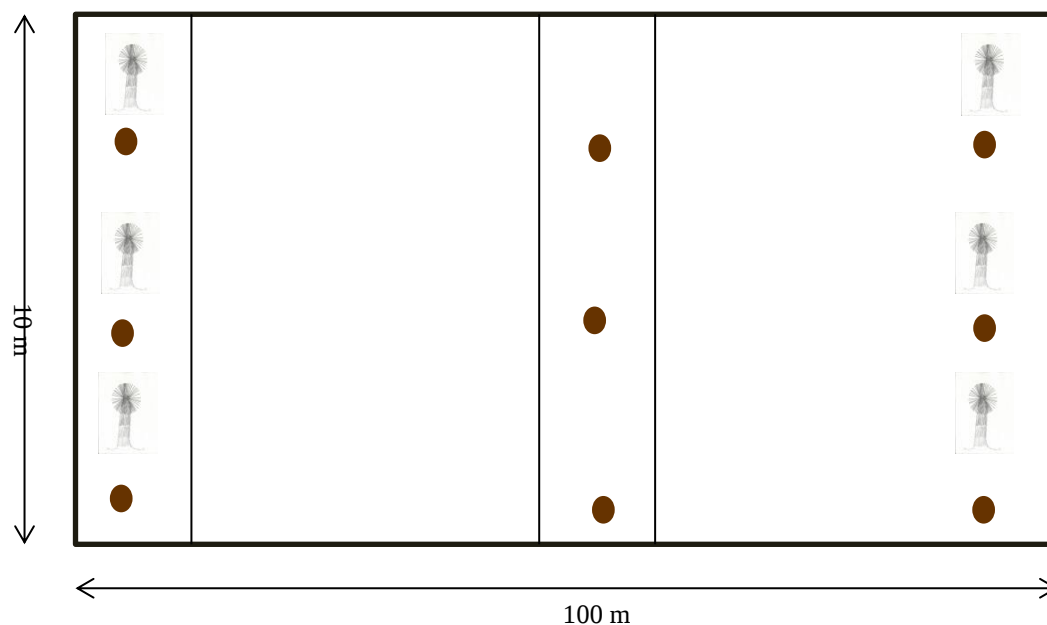


Figura 6. Distribución del muestreo de suelo dentro de los sitios de estudio.

6.4.1.1 Preparación de la muestras

Cada muestra con su identificación de campo, se registró y se identificó con una clave de laboratorio para las determinaciones posteriores. Las muestras se pasaron por un tamiz de dos mm de diámetro de acero inoxidable, las dimensiones del tamiz son las indicadas para lograr los diagnósticos necesarios. Para el homogenizado y cuarteado las muestras se separaron en cuartos, se seleccionó al azar, dos cuartos de suelo, hasta obtener el tamaño de muestra requerido para los análisis de laboratorio. De la muestra homogenizada, se separaron todas las submuestras para cada uno de los análisis que se mencionan a continuación, las cuales se pesaron en balanzas analíticas con precisión de 0.01 y 0.0001 g. Todas las determinaciones físicas y químicas se hicieron con dos repeticiones para disminuir el grado de error.

6.4.1.2 Análisis físico y químico

6.4.1.2.1 pH del suelo

La evaluación de esta propiedad se base en determinación de la actividad ión Hidrogeno (H^+) mediante el uso de un potenciómetro. Se utiliza una suspensión sobrenadante de una mezcla de agua:suelo en relación 1:2.5, de acuerdo con el método AS-02 (NOM-021-RECNAT-2000).

6.4.1.2.2 Densidad aparente

Este procedimiento permite conocer la cantidad de masa de sólidos que existe por unidad de volumen total de suelo junto con sus poros. La densidad caracteriza a la disposición mutua de las partículas y agregados de suelo y se expresa en g/cm^3 . Su valor depende de la composición mecánica, la estructura y el contenido de materia orgánica.

6.4.1.2.3 Densidad real

La determinación de esta característica se calcula a partir del conocimiento de dos parámetros, la masa y el volumen de una cierta cantidad de suelo. La masa es determinada pesando directamente el suelo y el volumen de manera directa por el cálculo de la masa y la densidad del agua (o cualquier otro fluido de densidad conocida) desplazada por la muestra de suelo, a través del método AS-04 (NOM-021-RECNAT-2000).

6.4.1.2.4 Materia orgánica del suelo

El método se basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Se espera 30 minutos para permitir la reacción y, se le adiciona a la mezcla ácido fosfórico. Con este procedimiento se detecta entre un 70 y 84% del carbono orgánico total, basado en el método de Wallkley y Black (NOM-021-RECNAT-2000).

6.4.1.2.5 Textura del suelo

Este método permite conocer el tamaño y porcentaje de partículas de diámetro menor a 2 mm presentes en un suelo, elimina la agregación debida a materia orgánica y la floculación generada por la presencia de cationes de calcio y magnesio, con el procedimiento de Bouyoucos (NOM-021-RECNAT-2000).

6.4.1.2.6 Fósforo

Este procedimiento de extracción se realiza con una solución de NaHCO_3 0.5 M ajustando a un pH 8.5, este extractante disminuye la concentración de Ca en solución a través de una precipitación del CaCO_3 , por lo tanto la concentración de P en la solución se incrementa. Antes de leer las muestras, se lee la curva de calibración, para posteriormente después de 30 minutos, pero antes de una hora se analizan las muestras a una longitud de onda 882 nm en celdas de cuarzo, con la ayuda de un espectrofotómetro, esta determinación se llevó a cabo con el método

AS-10, por el procedimiento de Olsen y colaboradores (NOM-021-RECNAT-2000).

6.4.1.2.7 Capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo (calcio, magnesio, sodio y potasio).

El método consiste en la saturación de la superficie de intercambio con un catión índice, que puede ser el ion amonio, el exceso de saturante es lavado con alcohol, desplazamiento del catión índice con potasio y determinación del amonio mediante destilación. El amonio se emplea como catión índice debido a su fácil determinación, poca presencia en suelos y porque no precipita al entrar en contacto con el suelo, el método utilizado es acetato de amonio (ISRIC 2002).

6.4.1.2.8 Nitrógeno

La técnica se basa en la oxidación de proteína y materia orgánica provocada con el ácido sulfúrico, añade sulfato de sodio o potasio para elevar la temperatura de la mezcla y de esta manera acelerar la reacción, fijándose el nitrógeno en forma de sulfato de amonio. Esta sal se hace reaccionar con una base fuerte desprendiéndose amoniaco, que se destila y se recibe un volumen conocido de ácido bórico, por nitrógeno contenido en la muestra, este análisis se llevó a cabo con el método de MacroKjeldahl, en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Naturales.

6.5 Prueba de germinación

Para evaluar la germinación de semillas de *Yucca queretaroensis* en condiciones controladas se utilizaron semillas de aproximadamente dos años de colecta, provenientes de uno de los individuos del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. Previo al experimento para conocer la variabilidad de cada una de las semillas (400), se registraron las siguientes medidas: peso (g), largo y ancho (mm), posteriormente para conocer la relación entre variables con el porcentaje de germinación en cada uno de los tratamientos, se efectuó un análisis de correlación de Pearson (SAS, 1996).

Las pruebas de germinación se hicieron con un factor con dos niveles: luz y oscuridad (generada por una cubierta permanente de papel aluminio en cada caja). La unidad experimental fueron cajas de Petri de plástico, con agar al 1% como sustrato, colocando cinco semillas en cada caja, en total 40 unidades experimentales para cada nivel (200 semillas en luz y 200 en oscuridad). La cámara de germinación marca Lab-line modelo 844L, donde se desarrolló el experimento fue programada a una temperatura constante de 25°C con un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. Se efectuaron 200 repeticiones para cada uno de los niveles, las necesarias para observar las cualidades de germinación en esta especie. Todo el experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Genética y Ecología del Instituto de Ecología, UNAM.

Las cajas se revisaron diariamente día para contar número de semillas germinadas, esto considerando la germinación cuando las semillas muestren la radícula, la observación finalizó hasta que ya no se observó germinación y a su vez se destaparon las unidades experimentales en condición oscuridad. Para determinar si existió diferencia estadística entre los niveles se efectuará un análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 1996).

7. RESULTADOS

7.1 Densidad y estructura poblacional

La densidad de módulos de *Yucca queretaroensis* para las poblaciones estudiadas son distintas, Rancho Abajo (RA), fue el doble de numeroso 0.0915 ind./ha, que Rancho Quemado (RQ), su densidad fue 0.0450 ind./ha. La densidad promedio fue de 0.0682 ind./ha (Fig. 7).

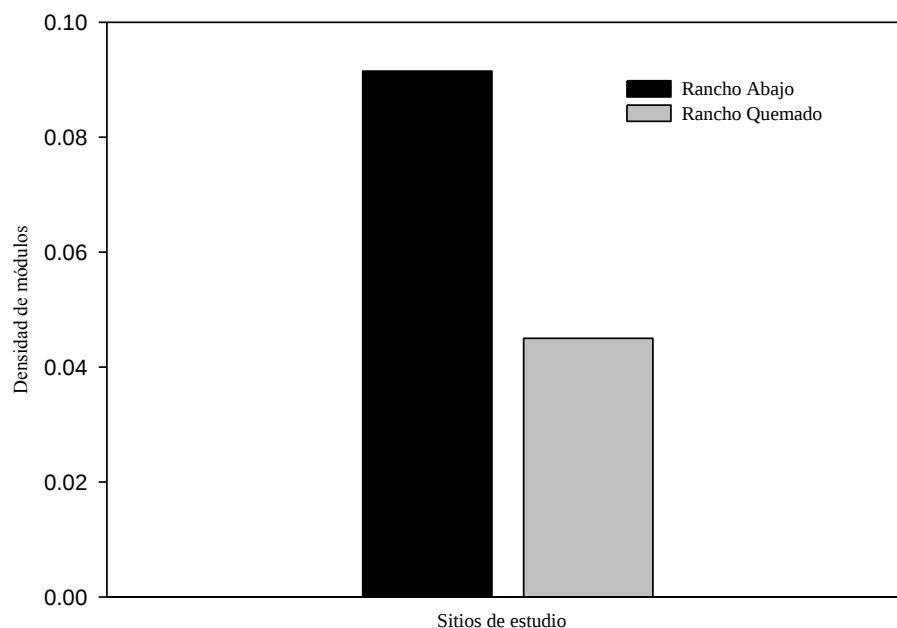


Figura 7. Densidad de módulos de *Yucca queretaroensis*, en dos poblaciones.

La población de RA tiene 915 ind./ha, está integrada por organismos que crecen en solitario, y también formando grupos de dos hasta diez módulos. Del mismo modo se observaron algunos módulos que debido a la pendiente del sitio se desprendieron del suelo, postraron su tronco, el cual desarrolló raíces y continúan viviendo. Los módulos más altos tienen 490 cm, y los más pequeños 3.5 cm. En el primer año de estudio se observó dos individuos con una cantidad aproximada de 55 y 21 frutos respectivamente, ocho meses después se encontró los frutos desgastados en el suelo, algunos con semillas adentro, y semillas en el suelo, el segundo año de observaciones se observó 25 individuos en floración, los cuales son de 350-500 cm de alto, y solo dos tuvieron frutos, tres y 40 frutos,

respectivamente. Durante el estudio no se observó ninguna plántula vía reproducción sexual.

La población de RQ tiene 450 ind./ha., y los individuos que la componen crecen solitarios y formando conjuntos de dos hasta 12 módulos. Asimismo se observaron módulos que a causa de fuerte pendiente del sitio se desprendieron del suelo, postraron su tronco o cierta parte de él, para desarrollar raíces y continuar viviendo. Los organismos más altos tienen 344 cm y los más pequeños ocho cm. Solo un individuo floreció durante el último año de estudio, se encontró el escapo seco y no se encontraron restos de frutos, ni semillas. Durante los años de estudio, no se encontró ninguna plántula vía reproducción sexual.

En la estructura de las poblaciones, las categorías mejor representadas para las dos poblaciones son las categorías 1 y 3. Rancho Abajo categoría 1, 77 módulos (2012), 70 módulos (2013), categoría 3, 46 módulos (2012), 45 módulos (2013). Rancho Quemado categoría 1, 41 módulos (2012), 52 módulos (2013), categoría 3, 27 módulos (2012, 2013). Dentro de la categoría 1 para las dos poblaciones, cambio el número de módulos de un año a otro. Los organismos que se reunieron en la categoría 3 permanecieron en la misma categoría durante los dos años, al igual que los módulos en las categorías 2, 4 y 5. Rancho Abajo categoría 2, 25 módulos (2012, 2013), categoría 4, 20 módulos (2012, 2013), categoría 5, 15 módulos (2012, 2013). Rancho Quemado categoría 2, 12 módulos (2012, 2013), categoría 4, 5 módulos (2012, 2013), categoría 5, 5 módulos (2012, 2013). Se observó baja cantidad de individuos de mayor volumen (categoría 5), organismos reproductivos, en ambas poblaciones (Fig. 8).

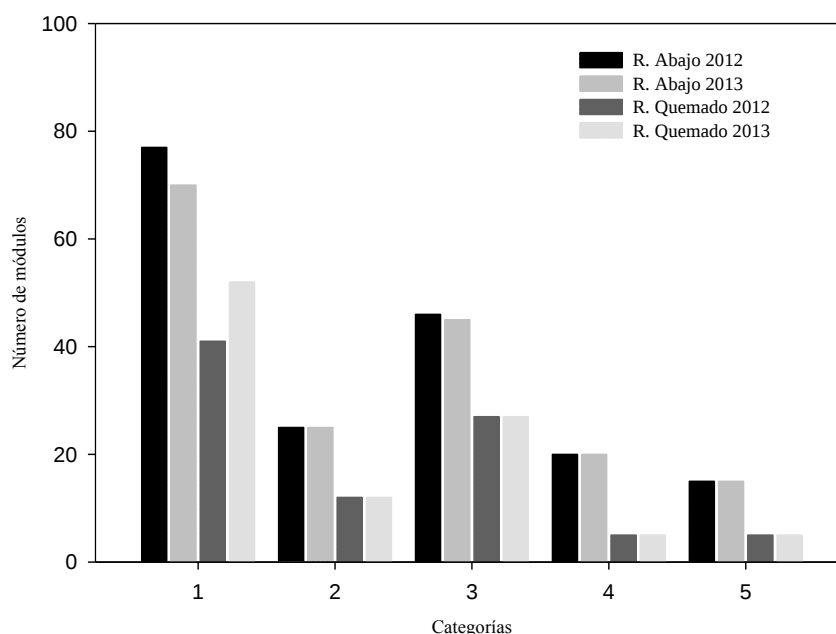


Figura 8. Estructura de módulos de las poblaciones de *Yucca queretaroensis* en 2012 y 2013.

La población de RA mostró crecimiento, incorporando a la población, nueve módulos en la categoría 1 del 2012 a 2013, también presentó disminución de 17 módulos por muerte, la mayoría de ellos en la categoría 1 (17) y el resto en la categoría 3 (uno), de un año a otro. En la población de RQ se observó un incremento de módulos en la categoría 1 (14) y se registraron 3 muertes para la misma categoría 1 (Fig.8). No se encontraron diferencias en la estructura poblacional de RA y RQ en los dos años de estudio, 2012 (RA $\chi^2 = 1.04$ g.l. 4, $p=0.90$), (RQ $\chi^2 = 2.13$ g.l. 4, $p=0.71$). En el 2013 (RA $\chi^2 = 2.31$ g.l. 4, $p=0.67$), (RQ $\chi^2 = 4.01$ g.l. 4, $p=0.40$).

7.2 Descripción de las características del hábitat

7.2.1 Rancho Abajo

De acuerdo con los datos obtenidos en el programa ERIC III, versión 2, el clima donde habita *Yucca queretaroensis* tiene una temperatura promedio anual de 24°C, la temperatura máxima promedio señalada es 29 °C, y la temperatura mínima es 9°C. La precipitación promedio por año es 41 mm (Fig. 9). La orientación del sitio es Noroeste. La pendiente de RA tiene variaciones amplias, las cuales van de los 0°-90°, la mayoría de los individuos de *Y. queretaroensis* crecen entre 0-40° y algunos en 41-90° (Fig. 10). La altitud mínima es 1280 msnm y la máxima 1350 msnm. El tipo de vegetación donde crece la especie es matorral submontano.

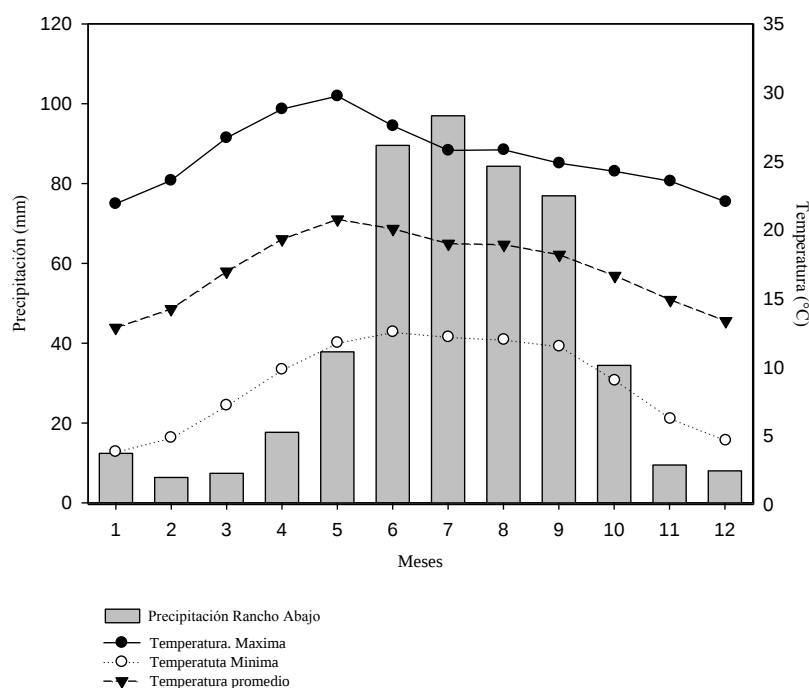


Figura 9. Promedio mensual de temperatura y precipitación durante el periodo 1997 a 2008 para Rancho Abajo. Fuente ERIC III, versión 2, 2009.

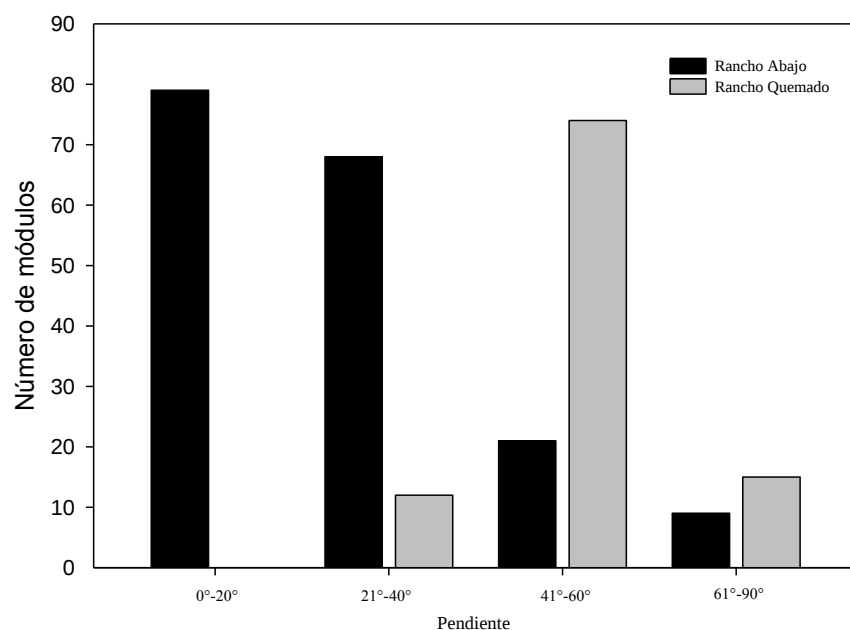


Figura 10. Distribución de los módulos en los rangos de pendiente.

El suelo de RA con la presencia de *Y. queretaroensis* se caracteriza por un pH medianamente alcalino (7.53-8.21), con una densidad aparente que fluctúa entre 0.80-1.06 g/cm³, y la densidad real varía entre 1.39-3.55 g/cm³, es rico en materia orgánica (MO), la va de 0.38-12.42%, con una disposición de Nitrógeno (N), que fluctúa de 0.22 a 0.79%. La textura del suelo es moderadamente fina, considerándose franco-arcilloso, las partículas de limo dominan la estructura. Existen altas concentraciones de Fosforo (P), el cual fluctúa entre 10.53-28.99 mg Kg⁻¹. La capacidad de intercambio catiónico es amplia oscila entre 133-700 meq/100 g (Tabla 2).

Las propiedades del suelo de RA sin la presencia de *Y. queretaroensis* son un pH medianamente alcalino (7.96-8.46), la densidad aparente va de 2.44-2.97 g/cm³, y la densidad real varía entre 0.92-1.04 g/cm³, tiene altas cantidades de materia orgánica (MO), la cual va entre 3.54-30.03%, y el Nitrógeno (N), fluctúa 0.31-0.56%. La textura del suelo es moderadamente fina, considerándose franco-arcilloso (arena= 22-39%, arcilla= 24-33%, y limo 38-49%). Las concentraciones

de Fosforo (P) son altas, fluctúa entre 13.68-24.42 mg Kg⁻¹. Y la capacidad de intercambio catiónico va de 134-500 meq/100 g (Tabla 2).

Tabla 2. Rangos, media y desviación estándar de las características físicas y químicas del suelo, Densidad aparente (D. aparente), Densidad real (D. real), Materia orgánica (MO), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), con y sin la presencia de *Yucca. queretaroensis* en Rancho Abajo, con 0.0915 ind./ha. Parámetros con diferencia (*).

Variable	Con <i>Yucca queretaroensis</i>			Sin <i>Yucca queretaroensis</i>		
	Rangos		Media/DE	Rangos		Media/DE
	mínimo	Máximo		mínimo	máximo	
pH (agua)	7.53	8.21	7.93±0.20	7.96	8.46	8.18±0.20
D. aparente (g/cm ³)	1.39	3.55	2.54±0.58*	2.44	2.97	2.69±0.20
D. real (g/cm ³)	0.80	1.06	0.91±0.07	0.92	1.04	0.97±0.04
MO (%)	0.38	12.42	6.66±3.31	3.54	30.03	9.58±10.09*
N (%)	0.22	0.79	0.55±0.16*	0.31	0.56	0.41±0.08
Arena (%)	22	44	32.5±7.25	22	39	29.6±6.18
Limo (%)	31	44	39.5±3.96	38	49	42±4.33
Arcilla (%)	20	34	27.9±4.14	24	33	28.3±2.94
P (mg Kg ⁻¹ de suelo)	10.53	28.99	18.7±5.7	13.68	24.42	18.3±4.85
CIC (meq/100 g)	133	700	362±185*	134	500	263±147

Los parámetros que mostraron diferencias entre los sitios con y sin la presencia de la especie son, para el suelo con presencia, densidad aparente alta (elevado contenido de porosidad), altos porcentajes de Nitrógeno (N) y CIC amplia, y el suelo con ausencia alto porcentajes de materia orgánica (MO), el resto de las características tienen valores muy cercanos.

7.2.2 Rancho Quemado

Conforme a los datos extraídos del programa ERIC III, versión 2, el hábitat de *Y. queretaroensis* tiene una temperatura promedio anual de 18°C, la temperatura máxima promedio fue de 25 °C, y la temperatura mínima promedio es 10°C. La precipitación promedio por año es 39 mm (Fig. 11). La orientación del terreno es Noroeste. Este sitio presento rangos de inclinaciones pronunciados, que van de 30°-90°, y la mayor parte de los módulos se distribuyen entre 40°-60° (Fig.

10). Los valores de altitud van de 1348 a 1529 msnm. El tipo de vegetación donde crece la especie es matorral submontano.

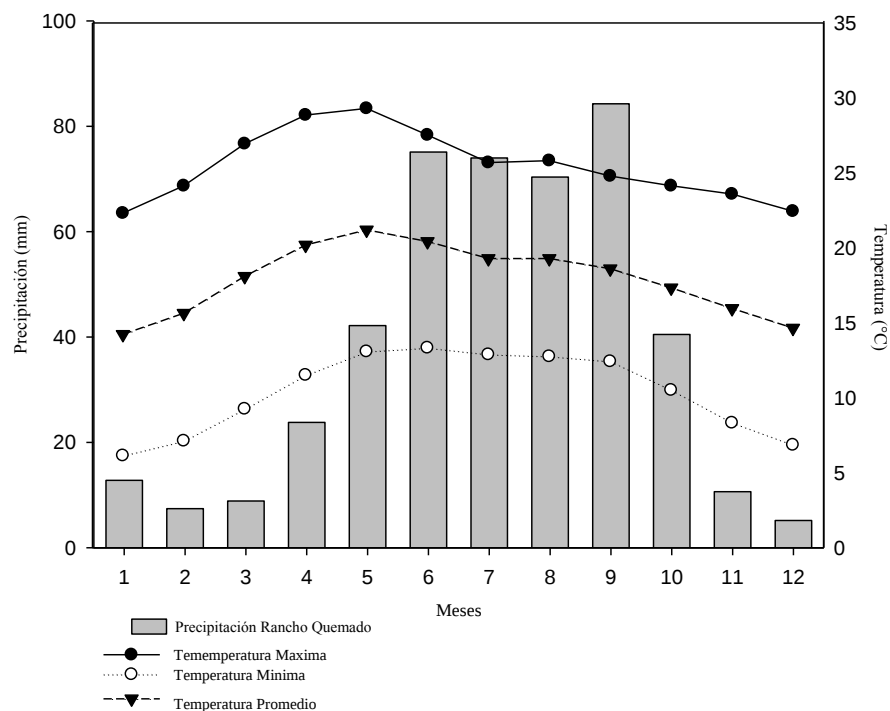


Figura 11. Promedio mensual de temperatura y precipitación durante el periodo 1997 a 2008 para Rancho Quemado. Fuente ERIC III, versión 2, 2009.

El suelo de RA donde se encuentra la población de *Y. queretaroensis*, presenta un pH medianamente alcalino (7.66-8.34), con una densidad aparente que va de 1.44-3.19 g/cm³, y una densidad real que varía entre 0.62-1.3 g/cm³. Tiene alta cantidad de materia orgánica (MO), la cual oscila entre 1.48-12.25% y un rango de Nitrógeno, que fluctúa de 0.22 a 0.79%. Su textura es mediana, suelo franco (arena= 29-82%, limo 7-51%, 11-37% de arcilla). La cantidad de Fosforo (P) varía de 5.98-37.65 mg Kg⁻¹. La capacidad de intercambio catiónico dentro de los rangos 51-1061 meq/100 g (Tabla 3).

Las características del suelo de RA sin la presencia de *Y. queretaroensis* tiene un pH medianamente alcalino (7.7-8.19), la densidad aparente fluctúa de 1.92-2.84 g/cm³, y la densidad real varía entre 0.95-1.19 g/cm³. Los valores de

materia orgánica (MO) van de 2.22-7.17% y la cantidad de Nitrógeno (N), oscila entre 0.17-0.46%. La textura del suelo es mediana, considerándose franco (arena=22-3, limo=11-33%, arcilla 14-45%). Las concentraciones de Fosforo (P) fluctúa entre 3.12-47.51 mg Kg⁻¹. La capacidad de intercambio catiónico va de 78-1249 meq/100 g (Tabla 3).

Tabla 3. Rangos, media y desviación estándar de las características físicas y químicas del suelo Densidad aparente (D. aparente), Densidad real (D. real), Materia orgánica (MO), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), con y sin la presencia de *Yucca queretaroensis* en Rancho Quemado con 0.045 ind./ha. Parámetros diferentes con diferencia (*).

Variable	Con <i>Yucca queretaroensis</i>			Sin <i>Yucca queretaroensis</i>		
	Rangos		Media/DE	Rangos		Media/DE
	mínimo	máximo		mínimo	máximo	
pH (agua)	7.66	8.34	8.07±0.19	7.7	8.19	8.04±0.19
D. aparente (g/cm ³)	1.44	3.19	2.44±0.39	1.92	2.84	2.31±0.44
D. real (g/cm ³)	0.62	1.3	1±0.13	0.95	1.19	1.04±0.10
MO (%)	1.48	12.25	5.46±3.22*	2.22	7.17	5.02±18.92
N (%)	0.11	0.48	0.32±0.11	0.17	0.46	0.30±0.10
Arena (%)	29	82	43.5±11.6	22	75	45.6±18.92
Limo (%)	7	51	30.6±8.48*	11	33	26±9.12
Arcilla (%)	11	37	25.8±6.16	14	45	28.3±11.33*
P (mg Kg ⁻¹ de suelo)	5.98	37.65	18.6±11.10	3.12	47.5	18.8±17.51
CIC (meq/100 g)	51	1061	271±254	78	1249	396±487*

Las características del suelo en RQ con y sin la presencia de *Yucca queretaroensis* tienen valores muy parecidos, con la presencia la materia orgánica es variable, las partículas de limo aumentan y en ausencia de la especie las partículas de arcilla aumentan y la capacidad de intercambio catiónico mostró rangos muy amplios.

7.3 Germinación

Los porcentajes de germinación obtenidos en el experimento con dos niveles, luz y oscuridad fueron muy cercanos, 83.5 y 84% respectivamente. Los resultados muestran que las semillas de *Yucca queretaroensis* son fotoblásticas neutras, ya que su respuesta de germinación fue muy parecida en los dos niveles (Fig.12).

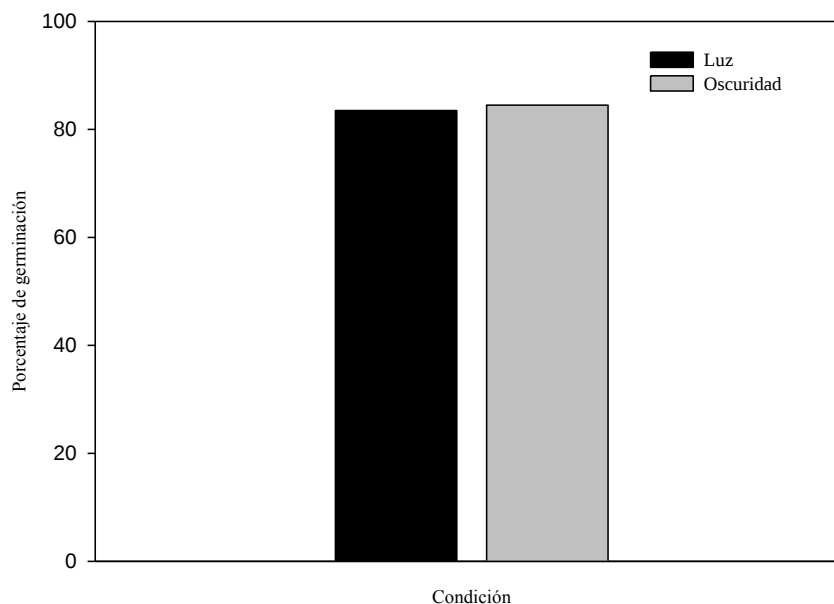


Figura 12. Porcentajes de germinación de semillas de *Yucca queretaroensis*, bajo condiciones controladas de luz y oscuridad.

Las semillas colocadas en condición luz, germinaron ocho días después de la siembra, para el día nueve, 32 semillas germinaron, el día 15 se tenía 90 semillas germinadas y el total de las semillas germinaron en el día 31 del experimento (Fig. 13). El número de semillas germinadas en oscuridad se observó hasta que germinó la última semilla en condición de luz.

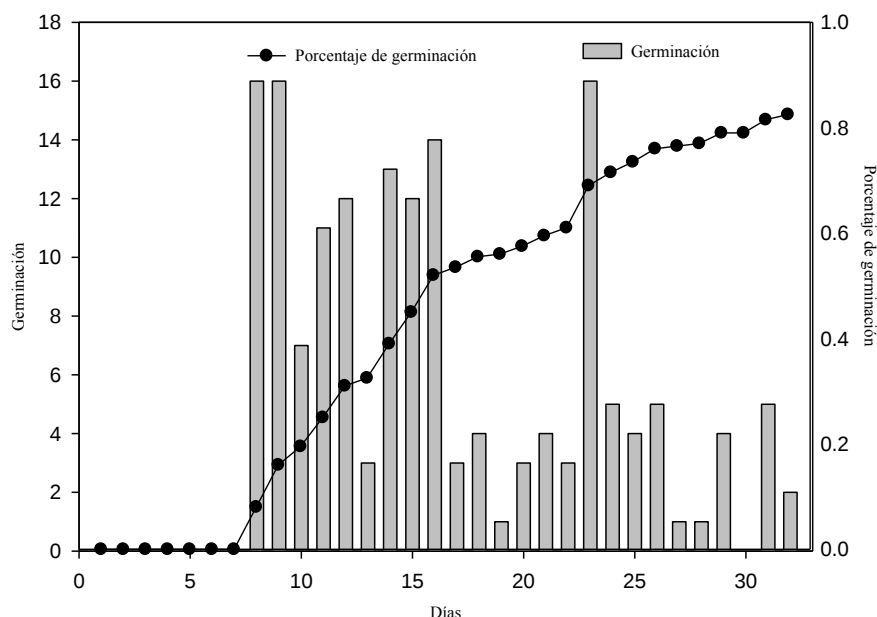


Figura 13. Tasa y porcentaje acumulado de germinación semillas de *Yucca queretaroensis*.

La correlación entre los caracteres peso, largo y ancho de la semilla y la germinación mostraron que dentro del nivel 1 (luz), las variables ancho ($R^2 = 0.14$, $P = 0.0470$) y largo de semilla ($R^2 = 0.16$, $P = 0.0237$) son los más significativos. En el nivel 2 (oscuridad), el peso de la semilla representa mayor significancia en la germinación ($R^2 = 0.21$, $P = 0.0035$) (Tabla 3 y 4).

Tabla 4. Correlación de germinación en condición de luz. Variables independientes que presentaron efectos significativos sobre la variable dependiente (*).

Variable dependiente	Variable independiente	Valor R^2	Valor P
Germinación	Ancho	0.14064	0.047*
	Largo	0.15992	0.0237*
	Peso	-0.11409	0.1077

Tabla 5. Correlación de germinación en condición de oscuridad. Variables independientes que presentaron efectos significativos sobre la variable dependiente (*).

Variable dependiente	Variable independiente	Valor R^2	Valor P
Germinación	Ancho	0.1152	0.1042
	Largo	0.04173	0.5574
	Peso	0.20529	0.0035*

El análisis estadístico sobre las relaciones entre las variables, nos muestra que en la condición de luz, la germinación está relacionada con semillas de 8-9 mm de largo y 6-8 mm de ancho. Y en la condición oscuridad la germinación tiene relación con semillas de 0.10-0.13 g.

8. DISCUSIÓN

Escasos estudios incluyen aspectos poblacionales de especies del género *Yucca*, los que se conocen están enfocados en aspectos como estimación de edad, densidad y descripción de especies (Matuda y Piña, 1980; Gilliland et al., 2006; Flores-Hernández, et al., 2011). La mayor parte de las plantas de este género incluyendo a *Y. queretaroensis*, desde su descripción y contribuciones a su distribución geográfica, carecen de información sobre su biología en general. Este trabajo pretende aportar información sobre algunos atributos demográficos (densidad, estructura poblacional, descripción del hábitat y germinación), de *Y. queretaroensis*, una especie endémica, sujeta a protección especial y de recién ingreso al apéndice II de CITES, debido a la información recién proporcionada sobre su biología en el proyecto JE005: Evaluación del estado de conservación, uso y amenazas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae) y la pertinencia de incluirla en los Apéndices de la CITES, dentro del cual se desarrolló este trabajo.

Las densidades observadas para las poblaciones estudiadas de *Yucca queretaroensis* son diferentes, RA con 0.0915 ind./ha., puede considerarse densidad alta si es comparado con plantas afines como *Beaucarnea goldmanii* 0.0580 ind./ha, *B. sanctomariana* 0.0287 ind./ha, especies estudiadas por Pérez-Ferrara, et al., (2012), y *B. gracilis* 0.016 ind./ha, *B. inermis* 0.015 ind./ha, *B. purpusii* 0.0007 ind./ha, especies estudiadas por Hernández et al., (2000), *Dasyllirion cedrosanum* 0.0193 a 0.0705 ind./ha, especie estudiada por Encina-Domínguez et al., (2013). La población de RQ con 0.045 ind./ha, tiene densidades menores comparados con *Agave victoria-reginae* 517.9 a 671 ind./ha y *A. kerchovei* 1.566 a 1.733 ind./ha. Las densidades de las dos poblaciones de *Y. queretaroensis* son elevadas comparadas con otras especies del género *Yucca*, con 0.02 ind./ha *Y. endlichiana*, 0.0025 ind./ha, *Y. grandiflora*, plantas estudiadas por Matuda y Piña (1980), y más parecidas a *Y. rigida* 0.890 ind./ha., especie estudiada por Flores-Hernández, et al., (2011), no obstante por tener densidades altas comparado con otras especies, podemos considerar que esta especie tiene poblaciones elevadas, al mismo tiempo esto es inquietante sabiendo que las dos

poblaciones estudiadas se suponen las más densas de las trece poblaciones conocidas (Magallán-Hernández et al., 2010), todo lo anterior se debe apoyar extendiendo estudios a fondo de otras localidades de la especie.

La estructura poblacional observada de *Yucca queretaroensis* está constituida mayormente por módulos de tamaño y volumen pequeño (categoría 1), módulos que se originan en la base de los tallos de los organismos de mayor tamaño, y que están permitiendo un aumento en la densidad de las poblaciones. Asimismo los módulos más pequeños aumentaron y disminuyeron de un año a otro, ya que son los más susceptibles al ramoneo y pisoteo por ganado. Se ha mencionado que el establecimiento de plántulas vía reproducción sexual en ambientes áridos es un evento raro (Flores y Montaña, 2012), durante los años de estudio, no se observaron plántulas de origen sexual, esto puede estar relacionado con los pocos individuos observados en floración. Al mismo tiempo también se observó baja producción de frutos, que se debe tal vez a la ausencia de polinizador, también se puede considerar la falta de dispersión de semillas o que en los sitio de estudio durante la investigación no se presentaron las combinaciones específicas para el establecimiento de las mismas (Magallán et al., 2012). La baja proporción de módulos en la categoría (5) de mayor volumen, organismos que se consideran reproductivos, también puede estar propiciando la nula presencia de plántulas vía semilla.

Considerando que *Yucca queretaroensis* es una planta perenne, es necesario llevar a cabo un estudio de la dinámica poblacional con modelos matriciales a largo tiempo, que incluya la mayor cantidad de las poblaciones conocidas de la especie, para hablar con más certeza sobre la posible conducta poblacional de esta especie a través del tiempo. Además es importante contar con el estudio genético de esta especie, para llevar a cabo la estructura de la población a nivel de geneto (de individuos reales), evaluar la densidad y diversidad genética y poder sustentar propuestas de manejo y conservación para esta especie.

Se conoce que las poblaciones de *Yucca queretaroensis* se distribuyen en laderas montañosas y valles intermontanos (CoP16 Prop. XXX, CITES, 2013), en sitios con exposición noroeste. Las poblaciones estudiadas se establecen en

condiciones de pendiente diferentes, aunque Rancho Abajo (RA) tienen variaciones amplias en la inclinación, se aprecia que el número de módulos va disminuyendo conforme el declive del sitio se hace más pronunciada, por lo cual la mayoría de los módulos se concentran entre los 0-40°, lo contrario sucede en Rancho Quemado (RQ), donde la pendiente va de 30°-90°, y se observa que la distribución de los módulos aparece en los 20°, aumentando en las inclinaciones pronunciadas 40°-60°, y disminuyen hacia 61°-90°. El rango de altitudes donde se encontró las poblaciones van 1200-1500 msnm, elevaciones similares en las que crece *Y. rigida* 1200-1300 msnm (Flores-Hernández *et al.*, 2001), y elevaciones restringidas comparado con el amplio rango (850-2530 msnm) que muestra *Dasyllirion cedrosanum* (Encina-Domínguez, *et al.*, 2013). Las temperaturas que predominan en ambos sitios de estudio son muy similares, la mínima 9-10°C y la máxima va de 25-29°C, con una precipitación de 39-45 mm. El tipo de vegetación donde se encuentre *Y. queretaroensis* en Rancho Abajo como en Rancho Quemado corresponde a matorral submontano, aunque también se puede encontrar en bosque tropical caducifolio (García-Mendoza, 2003).

Las características edafológicas físicas y químicas que distinguen a Rancho Abajo son principalmente el porcentaje alto de partículas de limo, el cual tiene rangos similares en presencia y ausencia de *Yucca queretaroensis*, estas partículas tienen un tamaño intermedio entre arena y arcilla y permiten una buena permeabilidad, otra propiedad es la cantidad de materia orgánica, la cual por lo general es proporcionada al suelo por restos de plantas, en presencia de *Y. queretaroensis* se encontró en cantidades menores y altas en ausencia, relacionado con los porcentajes altos de materia orgánica, va el nitrógeno, este macronutriente importante en la nutrición de las plantas, y mostró porcentajes altos y variables en el sitio de estudio. El suelo de RQ se diferencia del suelo del sitio anterior por el mayor volumen de poros, que está relacionado con el porcentaje alto de arena del suelo, manteniendo buena aeración y drenaje del suelo. Las características anteriores no se han podido contrastar con otros estudios sobre el tema, para el género *Yucca*, debido a que no se encontraron estudios similares, no obstante estudios ecológicos con otros grupos de plantas han mencionado que las

diferencias en el tipo de suelo entre los sitios podría explicar diversos atributos poblacionales, entre ellos la densidad y estructura poblacional (Godínez-Álvarez *et al.*, 2008).

Las semillas de *Yucca queretaroensis* se pueden considerar con fotoblastismo positivo, ya que mostraron 83.5% de germinación bajo condiciones de luz y 84% en oscuridad, los resultados coinciden con Jiménez-Aguilar (2010), quien menciona que otras especies con roseta presentan fotoblástimo positivo como *Agave lechuguilla* (65% luz, 80% oscuridad), *A. salmiana* (70% luz, 94% oscuridad), *A. striata* (96% luz, 98% oscuridad), y especies del mismo género como *Yucca carnerosana* (81% luz, 79% oscuridad), *Y. elata* (63% luz, 29% oscuridad) *Y. filifera* (88% luz, 72% oscuridad). El factores luz es esencial para propiciar la germinación, ya que el fotoblastismo positivo es una propiedad fisiológica que puede beneficiar la formación de un banco de semillas en el suelo (Rojas-Aréchiga y Batis, 2001), por consecuencia es probable que no existan los bancos de semilla para *Y. queretaroensis*. Otros factores que pueden influir en la germinación son la temperatura y humedad, las semillas de *Y. queretaroensis* presentaron porcentajes altos a una temperatura constante de 25°C, a una temperatura similar (26°C) *Y. periculosa* presentó 94% de germinación (Flores y Briones, 2001), así mismo *Y. decipiens* tiene porcentajes altos de germinación (90%) a 25°C (Pérez-Sánchez, 2009), por lo cual podemos aludir que a 25-26°C, será exitosa la germinación de estas plantas. Los estudios citados de germinación muestran porcentajes importantes (60-80%), sin embargo se han señalado porcentajes bajos (48%), para la supervivencia y viabilidad de las plántulas (Matuda y Piña, 1998). Algunos estudios mencionan que en las zonas áridas la emergencia de plántulas es mayor bajo arbustos (plantas nodrizas) y está aumento cuando se eliminan los depredadores, lo anterior se estudió para *Y. periculosa*, sus plántulas emergen más rápido debajo de arbustos y hay mayor sobrevivencia cuando no hay depredadores (Flores *et al.*, 2004), algo parecido se conoce de las plántulas de *Yucca brevifolia*, las cuales tienen más posibilidades de emerger cuando las semillas fueron plantadas a 1 cm de profundidad por roedores, con probabilidad de sobrevivir debajo arbustos (Waitman *et al.*, 2012), la información

sobre establecimiento y supervivencia de plántulas de *Y. queretaroensis* in situ y ex situ es desconocida. Se puede decir que la etapa de germinación ha sido explorada para diversas especies del género en condiciones controladas, pero los datos de germinación dentro de las poblaciones naturales son escasos para la mayor parte de las especies del género, por lo cual es de gran importancia desarrollar experimentos de campo e identificar los factores que impiden la germinación y establecimiento.

9. CONCLUSIONES

Son pocas las poblaciones conocidas de *Yucca queretaroensis*, y con pocos individuos, la mayoría de ellas de difícil acceso. En este trabajo solo se evaluaron dos poblaciones a nivel de módulo, las cuales entre las dos concentran una densidad de 0.1365 ind/ha, por lo cual podemos decir que esta especie tienen densidades bajas.

La estructura poblacional de módulos (brotes), refleja mayor número de organismos de volumen pequeño, durante los dos años de observaciones, esto manifiesta que la propagación vegetativa es el mecanismo más común de permanencia de la especie, por lo cual se necesita un estudio genético de las poblaciones y conocer con exactitud el número de individuos (genetos). Así mismo se puede considerar que la ausencia de reproducción sexual (germinación y emergencia de plántulas), puede estar contribuyendo a la baja densidad poblacional.

Las características de los sitios donde vive *Yucca queretaroensis* son laderas montañosas y valles intermontanos, con exposición noroeste, con variaciones amplias en la pendiente, en rangos altitudes entre 1200-1500 msnm, climas semiseco semicálido, con temperaturas que van de 10-29°C y precipitación de hasta 45 mm, formando parte del matorral submontano. Los suelos son poco profundos, con pedregosidad moderada, y mostraron propiedades físicas y químicas entre los sitios de estudio.

El porcentaje de germinación en *Yucca queretaroensis* en las condiciones establecidas fue alto, no presentaron diferencias para ninguna de las dos condiciones, por lo cual las semillas se consideran fotoblásticas neutrales, sin embargo sería necesario evaluar el vigor de las plántulas después de cada tratamiento.

10. LITERATURA CITADA

- Begon, M., J. Harper, and C.R. Townsend. 1986. Ecology: From individuals populations and communities. Blackwell. Oxford. 1068 p.
- Bell W., and E.F. Castetter. 1941. Ethnobotanical studies in the American southwest. VII. The utilization of *Yucca*, stool, and beargrass by the aborigines in the American southwest. The University of New Mexico Bulletin.5 (5):1-74.
- Bowers, J. E. 2000. Does *Ferocactus wislizenii* (Cactaceae) have a between-year seed bank? Journal of Arid Environments 45: 197-205.
- Brena Bustamante, P. 2012. El aprovechamiento y la estructura poblacional de *Agave kerchovi* Lem., en Tehuacán-Cuicatlán, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México 97 p.
- Clary Hudson, K. 1997. Phylogeny, character evolution, and biogeography of *Yucca* L. (Agavaceae) as inferred from plant morphology and sequences of the internal transcribed space (ITS) region of the nuclear ribosomalDNA. Tesis de doctorado. University of Texas, Austin. 214 p.
- Daws MI., Kabadajic A., Manger K., Kranner I. 2007. Extreme thermo-tolerance in seeds of desert succulents is related to maximum annual temperature. S. Afr. J. Bot. 73: 262-265.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y futuro. CONABIO/UNAM/Sierra Madre. 847 p.
- Escalante, R. E. S. 2004. Estudios poblacionales de *Desmoncus orthacanthos* Martius (Arecaceae) en el sur de Quintana Roo, México. Tesis Doctoral. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa Ver. 204 p.
- Espejo-Serna, A. y A. R. López Ferrari. 1992. Las Monocotiledóneas mexicanas. Una sinopsis florística. 1. Lista de referencia. Parte 1. Agavaceae, Alismaceae, Alliaceae, Alstroemeriaceae y Amaryllidaceae. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México, D.F. 90 p.
- Encina-Domínguez J. A., Meave J. A., Zárate-Lupercio A. 2013. Structure and Woody species Diversity of the *Dasyllirion cedrosanum* (Nolinaceae) rosette scrub of Central and Southern Coahuila State, México. Botanical Sciences 91 (3):335-347.
- ESRIC III, 2009. Extractor rápido de extracción climatológica, versión 2.

- Flores-Hernández, A., J.A. Hernández-Herrera, H. Madinaveitia-Rios, L.M. Valenzuela-Núñez, B. Murillo-Amador, E. Rueda-Puente, L. García Hernández, y H. Ortiz-Cano. 2011. Evaluación de la población natural y hábitat de Palma Azul (*Yucca rigida*) en Mapimí, Durango, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14 (1): 315-321.
- Flores, J. and Briones, O., 2001. Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. *Journal of Arid Environments* 47:485-497.
- Flores, J., and Jurado, E. 2003. Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments?. *Journal of Vegetation Science* 14: 911-916.
- Flores J., Briones O., Flores A., Sánchez-Colón S. 2004. Effect of predation and solar exposure on the emergence and survival of desert seedlings of contrasting life-forms. *J. Arid Env.* 58: 1-18.
- Flores J., Jurado E., Arredondo A. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, Mexico. *Seed Science Research* 16: 149-155.
- Flores-Martínez A., Manzanero M., Rojas-Aréchiga M., Mandujano M.C., Golubov J. 2008. Seed age germination responses and seedling survival of an Endangered Cactus that inhabits cliffs. *Natural Areas Journal* 28: 51-57.
- Flores-Martínez, A., Manzanero-Medina G., Golubov J., Montaña C., Mandujano M.C. 2010. Demography of an endangered endemic rupicolous cactus. *Plan Ecol* 210: 53-66.
- Flores-Martínez, A., C. Montaña. 2012. Recruiting mechanisms of *Cylindropuntia leptocaulis* (Cactaceae) in the Southern Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* 84:63-70.
- García-Mendoza, A. 1995. Riqueza y endemismos de la familia Agavaceae en México. En: Linares, E., P. Dávila, F. Chiang, R. by y T. Elías (Ed.). *Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques*. UNAM, México. P. 51-75
- García-Mendoza, A. y R. Galván. 1995. Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 56: 7-24.
- García Mendoza, A. J. 2003. *Yucca queretaroensis*. Revisión de las Agavaceae (sensu stricto), Crassulaceae y Liliaceae incluidas en el PROY-NOM-059-ECOL-2000. Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W020. México. D.F.
- Gibson, D.J. 2002. *Methods in Comparative Plant Population Ecology*. OXFORD.

Gilliland, K. D., N. J. Huntly, and J. E. Anderson. 2006. Age and population structure of Joshua trees (*Yucca brevifolia*) in the northwestern Mojave Desert. *Western North American Naturalist* 66: 202 – 208.

Godínez-Álvarez, H., Valiente-Banuet, A., 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacán Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments* 39:21-31.

Godínez-Álvarez H., Valverde T. y Ortega-Baes P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review* 69: 173-203.

Godínez-Álvarez H., Jiménez M., Mendoza M., Pérez F., Roldán P., Ríos-Casanova L., Lira R. 2008. Densidad, estructura poblacional, reproducción y supervivencia de cuatro especies de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 393-403.

Golubov J., M. C. Mandujano. S. Arizaga, A. Martínez-Palacios y P. Koleff, 2007. Inventarios y conservación de Agavaceae y Nolinaceae. En Colunga P. G. M., A. S. Larqué, L. Eguiarte, d. V. Zizumbo (eds.). En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezales y otros agaves. CICY, CONACYT, CONABIO, SEMARNAT, INE. México. Pp. 133-152.

González Medrano, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. 173 p.

Granado-Sánchez D., Sánchez-González A., Granados-Victorino R., De la Rosa B. A. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 17:111-130.

Harper, 1977. *Population Biology of plants*, Academic Press. Londres. 892 p.

Harper, J.L., (1982). After description In Newman, E. I. (ed) *The plant community as working mechanism*. Oxford University Press. Londres.

Hernández, L. 2001a. Conservación y Manejo de las Especies de *Beaucarnea* (Nolinaceae) en México. Informe técnico final del proyecto. A quien se le entrego informe, páginas

INEGI, 2009 Portuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Xichú, Guanajuato. México. Clave geoestadística 22004, 9 p

INEGI, 2009 Portuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Cadereyta de Montes, Querétaro. México. Clave geoestadística 11045, 9 p

Jiménez-Aguilar, A., Flores, J., 2010. Effect of light on seed germination of succulent species from the southern Chihuahuan Desert: comparing germinability and relative light germination. J. PACD 12: 12-19.

Jiménez-Sierra, C., M. C. Mandujano and L. Eguiarte 2007. Are population 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: 278-292.

Keeley, J.E., Tufenkian, D. 1984. Garden comparison of germination and seedling growth of *Yucca whipplei* subspecies (Agavaceae). Madroño 31:24-29.

Magallán-Hernández, F., B. Maruri-Aguilar, E. Sánchez-Martínez, L. Hernández-Sandoval, M. Robledo-Mejía y M. Hernández-Martínez. 2012a. Evaluación del estado de conservación, uso y amenazas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae) y la pertinencia de incluirla en los Apéndices de la CITES. Jardín Botánico Regional de Cadereyta. CONCYTEQ. Informe parcial CONABIO proyecto JE005. Cadereyta, Querétaro.

Magallán-Hernández, F., B. Maruri-Aguilar, E. Sánchez-Martínez, L. Hernández-Sandoval, M. Robledo-Mejía y M. Hernández-Martínez. 2012b. Evaluación del estado de conservación, uso y amenazas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae) y la pertinencia de incluirla en los Apéndices de la CITES. Jardín Botánico Regional de Cadereyta. CONCYTEQ. Informe parcial CONABIO proyecto JE005. Cadereyta, Querétaro.

Mandujano, M.C., Montaña, C., Méndez, I., Golubov, J., 1998. The relative contributions of sexual reproduction and clonal propagation in *Opuntia rastrera* from two habitats in the Chihuahuan Desert. Journal of Ecology 86:911-921.

Mandujano, M. C., Montaña, M. Franco, J. Golubov, & A. Flores-Martínez. 2001. Integration of demographic annual variability in a clonal desert cactus. Ecology 82 (2):344-359.

Mandujano, M.C. 2007. La clonalidad y sus efectos en la biología de poblaciones. En: Eguiarte, Souza y Aguirre (comps) 2007. Ecología molecular. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 592 pp.

Martínez-Ávalos, JG. 2007. Dinámica poblacional del falso peyote *Astrophytum asterias* (Zucc) Le, (Cactaceae), una especie amenazada del Noreste de México. Tesis de Doctor en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León. 122 p.

Matuda E. y Piña L. I. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Gobierno del estado de México, México. 145 p.

Melgoza Castillo A. y Sierra Tristán J.S. 2003. Contribución al Conocimiento y Distribución de las especies de *Dasyilirion* spp. (Sotol) en Chihuahua, México. Rev. Ciencia Forestal en México, 28 (93):

Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR (Proyecto Básicos de Manejo Forestal Sostenible), Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.

Moreno, C.P. 1996. Vida y obra de granos y semillas. México. 205 pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de Diciembre de 2002.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies, en riesgo, Diario Oficial de la Federación, 30 de Diciembre de 2010.

PC18 Doc. 21.1. 2009. Comercio de Agavaceae. Convección sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES). Decimoctava Reunión del Comité de Flora, Buenos Aires, Argentina, <http://www.cites.org/esp/com/pc/18/S-PC18-21-01.pdf>.

PC19 Inf. 15. 2011. Decimonovena reunión del Comité de Flora. Examen Periódico de los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Revisión periódica de *Agave victoriae-reginae* (Maguey noa). Ginebra (Suiza).

Pérez-Farrera M.A., Hernández-Sandoval L., López-Cruz A., Espinoza-Jiménez J., López S., Zenteno-Cruz G., Gómez-Domínguez H. 2012. Estructura, densidad poblacional y relaciones alométricas de *Beaucarnea goldmanii* Rose y *Beaucarnea sanctomariana* L. Hern. (Asparagaceae) en Chiapas y Oaxaca, México. Lacandonia, 6 (2): 7-17.

Pérez-Sánchez R. M. 2009. Germinación de semillas de especies útiles y/o en categoría de riesgo del Sur del Desierto Chihuahuense: efecto de la temperatura y del potencial hídrico. Tesis de Maestría en Ciencias Aplicadas. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. San Luis Potosí, México. 82 p.

Peters E. y Martorell, C., 2000. Conocimiento y conservación de las Mammillarias endémicas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Universidad Autónoma de México, Instituto de Ecología. 38 pp.

- Piña I. 1989. Una nueva especie de *Yucca* (Agavaceae). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 34 (3): 51-56.
- Piña, I. 1990. Nuevas aportaciones a *Yucca queretaroensis* Piña sp nov. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 35 (3): 61-62.
- Polis, G. A. 1991. Desert Communities: An overview of patterns and processes. En G. A. Polis (ed.) *The Ecology of Desert Communities*. The University of Arizona Press. Tucson. 1-26 pp.
- Ramos López A. 2007. Estudio Poblacional de *Mammillaria dixanthocentron* Backeb. Ex Mottram en el Valle de Cuicatlán, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxoxotlán Oaxaca, México. 75 pp.
- Reyes Valdés, M. H. 2000. Estudio poblacional de *Turbiniacarpus valdezianus* en el Cañon de las Bayas, Municipio de Arteaga, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Fitomejoramiento. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R007. México D.F. número de pag
- Ruedas, M., T. Valverde y J. A. Zavala-Hurtado. 2006. Analysis of the factors that affect the distribution and abundance of three *Neobuxbaumia* species (Cactaceae) that differ in their degree of rarity. *Acta Oecologica* 29: 155-164.
- Rojas-Aréchiga, M., Orozco-Segovia, A. y Vázquez-Yanes C. 1997. Effect of light on germination of seven species of cacti from the Zapotitlán Valley in Puebla. México. *J. Arid Env.* 36: 571-578.
- Rojas-Aréchiga, M., y Batis, A.I. 2001. Las semillas de cactáceas.... ¿forman bancos en el suelo? *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 46: 76-82.
- SAS (2002) SAS/STAT user's guide. Ver.9.00. SAS Institute. Cary, NC, EEUU.
- Silvertown, J., & J. Lovett-Doust. 1993. *Introduction to Plant Population Biology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 210 p.
- Vander Wall, Wall, S.B., Esque, T.C., Haines, D.F., Garnett, M.C., Waitman, B.A. 2006. Joshua tree (*Yucca brevifolia*) seeds are dispersed by seed-caching rodents. *Ecoscience* 13, 539-543 Pp.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M.E., Cervantes, V. 1997. La reproducción de las plantas: Semillas y Meristemas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 95 p.
- Vovides, A. P., C. Iglesias, M. A. Pérez-Farrera, M. Vázquez-Torres, & U. Schippmann. 2002. Peasant Nurseries: a concept for an integrated conservation strategy for Cycads in

México. En: Maunder, M., Clubbe, C., Hankamer, C. & Grover M. (eds.) Plant Conservation in the Tropics. Perspectives and practice. The Royal Botanic Gardens Kew: United Kingdom. 421-444 Pp.

Zamudio, S., J. Rzedowski, E. Carranza y G. Calderón. 1992. La vegetación en el estado de Querétaro. Querétaro, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro/Instituto de Ecología, Centro Regional Bajío/Talleres Gráficos de Gobierno del Estado de Querétaro. 92 pp.

Waitman, B.A., Vander Wall, S.B., Esque, T.C. 2012. Seed dispersal and seed fate in Joshua tree (*Yucca brevifolia*). Journal of Arid Environments 81: 1-8.