

Informe final* del 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

Responsable: Dra. Emma Fabiola Magallán Hernández
Institución: Consejo de Ciencia y Tecnología de Querétaro
Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío"
Dirección: Camino a la Antigua Hacienda de Tovares s/n, Ejido Fuentes y Pueblo Nuevo, Cadereyta de Montes, Qro, 76500 , México
Teléfono/Fax: (441) 2760647
Fecha de inicio: Junio 15, 2011.
Fecha de término: Octubre 15, 2013.
Principales resultados: Hojas de cálculo, fotografías, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Magallán-Hernández, F., Maruri-Aguilar, B., Sánchez-Martínez, E., Hernández-Sandoval, L., Robledo-Mejía, M. y M. Hernández-Martínez. 2013. Evaluación del estado de conservación, uso y amenazas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae) y la pertinencia de incluirla en los Apéndices de la CITES. Consejo de Ciencia y Tecnología de Querétaro Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío". **Informe final. CONABIO proyecto JE005.** México.

Resumen:

Se realizará un estudio sobre la distribución, características poblacionales y características biológicas de *Yucca queretaroensis*. Se pretende aportar información sistemática que permita evaluar el estado de conservación de la especie, sus riesgos y amenazas, y la pertinencia de modificar su estatus en las listas nacionales (NOM-059-SEMARNAT-2010) e internacionales (CITES). El estudio, se llevará a cabo en dos etapas, en la primera etapa se analizará y sistematizará la información bibliográfica disponible, se obtendrá información de campo en referencia a su taxonomía, biología, distribución, hábitat, ecología de poblaciones, manejo actual de la especie y formas de aprovechamiento. Se identificarán las amenazas de la especie y se analizarán planes y programas de manejo y conservación. Toda esta información servirá de base para aplicar las evaluaciones de riesgo conforme a la CITES y a la NOM-059-SEMARNAT-2010. La segunda etapa recabará información experimental y de campo, que permitirá documentar de manera más precisa el ciclo biológico de la especie y su función en el ecosistema. Esto se justifica debido a que la especie no florece anualmente. Durante esta etapa se profundizarán los estudios de ecología de poblaciones, determinación de polinizadores y dispersores, fenología, tablas de estructura diamétrica de las poblaciones.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Informe final del 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.

Responsable: Dra. Fabiola Magallán Hernández

Institución: Jardín Botánico Regional de Cadereyta “Ing. Manuel González de Cosío” (CONCYTEQ)

Dirección: Camino a la Antigua Hacienda de Tovaes, Ejido Fuentes y Pueblo Nuevo. Cadereyta de Montes, Querétaro. C.P. 76500.

Correo electrónico: esanchez@concyteq.edu.mx

Teléfono/Fax: (441)2-76-06-47

Fecha de inicio: Junio 2011

Fecha de término: Junio 2013

Resultados:

1. Obtención, análisis y sistematización de la información taxonómica necesaria para describir e identificar claramente a la especie.
2. Información morfológica necesaria para identificar y diferenciar a *Yucca queretaroensis* de otras especies similares.
3. Factores que determinan la distribución de la especie.
4. Rango de distribución real y potencial de la especie en México.
5. Características y grado de perturbación del hábitat en el que se desarrolla la especie.
6. Documentación a nivel local del manejo, aprovechamiento, gestión y comercio actual de la especie.
7. Listado de los viveros nacionales y extranjeros que comercializan *Yucca queretaroensis* y valoración de la probabilidad de que estén relacionados con actividades o procesos ilícitos y/o irregulares.
8. Tamaño poblacional de *Yucca queretaroensis* en México.
9. Densidad y abundancia poblacional en dos localidades selectas.
10. Estructura poblacional en dos localidades selectas.
11. Ciclo biológico de la especie.
12. Función de la especie y su relevancia dentro del ecosistema.
13. Planes y/o programas de conservación para la especie.
14. Factores que amenazan las poblaciones silvestres de *Yucca queretaroensis*.
15. Interacciones ecológicas de *Yucca queretaroensis*.
16. Calendario fenológico y de flujos reproductivos
17. Evaluación cuantitativa del grado de perturbación del hábitat de *Yucca queretaroensis* en localidades selectas.
18. Evaluación final del riesgo de extinción de la especie con base en los criterios establecidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
19. Actualización de la evaluación CITES.

Introducción general

Se presentan los resultados y conclusiones de diferentes tópicos de la biología, ecología y manejo de *Yucca queretaroensis* Piña. La especie y su hábitat fueron estudiados durante dos años, con la meta final de evaluar su estado de conservación. El interés de dicha evaluación tiene como base, la demanda que ha tenido la especie en los últimos años, principalmente en el comercio internacional. Los objetivos del proyecto se plantearon de manera que aportaran información suficiente para aplicar el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Plantas en México (MER) y para evaluar la pertinencia de incluirla en alguno de los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). El estudio permitió avanzar notablemente en el conocimiento de la especie, mismo que era escaso al inicio de este.

Se incluyen los resultados obtenidos en dos etapas de estudio. En la primera etapa (2011-2012) se contemplaron 15 objetivos y en la segunda (2012-2013) se contemplaron ocho. Debido a que varios de los objetivos de la segunda etapa dieron continuidad a los de la primera, se fusionaron en un solo, contemplado un total 19 objetivos para el informe final. La estructura de este informe es distinta a la de los anteriores, ya que se presentan los resultados con base en los objetivos y no en las actividades estipuladas en el convenio. De esta forma, cada objetivo se presenta a manera de capítulo y contiene introducción, métodos, resultados, discusión, conclusiones y literatura citada.

Uno de los objetivos fue la evaluación del riesgo de extinción de la especie con base en los criterios establecidos por el MER, la cual se llevó a cabo de forma preliminar con los resultados de la primera etapa. En este documento, se presenta la evaluación final, que incluye la información obtenida en las dos etapas, encontrando que *Y. queretaroensis* se encuentra en *estatus* de “Peligro de extinción” (P). La evaluación de la pertinencia de incluir la especie en alguno de los Apéndices de la CITES, permitió generar la propuesta de enmienda

CoP16 Prop. 50 que México presentó ante la 16ª Conferencia de las Partes (CoP16; Bangkok, marzo de 2013) y en la que se aprobó su inclusión en el Apéndice II, con el objetivo de regular el comercio internacional de la especie, la cual es endémica de la región conocida como Semidesierto Queretano-Hidalgense.

Para la obtención y análisis de la información de varios de los objetivos planteados, fue necesario establecer sitios de muestreo en tres localidades. Las localidades de estudio comprenden los extremos Noroeste (Xichú, Xichú, Gto.), Sureste (El Detzaní, Zimapán, Hgo.) y centro (Rancho Quemado, Cadereyta, Qro.) del rango de distribución de la especie.

Además de los resultados directos de la investigación, fue posible notar huecos importantes en el conocimiento del género *Yucca*, que se considera el segundo género más importante de la familia Agavaceae *sensu* Dahlgren, debido a que cerca del 70% de sus especies se encuentran en México y de estas poco más del 30% son endémicas del país. Por lo que es importante que estudios futuros se enfoquen en avanzar en el conocimiento de su taxonomía, distribución y biogeografía, el cual servirá de base para estudios posteriores sobre su ecología y estado de conservación.

Objetivo 1

Obtener, analizar y sistematizar la información taxonómica necesaria para describir e identificar claramente a la especie.

Producto

1. Ampliación de la descripción de la especie.
2. Lista de nombres comunes.

I. Introducción

Uno de los primeros pasos en la investigación de cualquier tema, es evaluar su estado de conocimiento, por lo que la recopilación y análisis de la información publicada constituyó el punto de partida de este estudio. Este objetivo no sólo incluyó la recopilación de la información publicada, sino también la revisión de ejemplares de herbario y el estudio de la especie, es su hábitat silvestre. Dicha información sirvió de base para ampliar la descripción original de la especie y proponer un cambio en su ubicación taxonómica, que no había sido discutida, hasta el momento. También se generó información sobre los nombres comunes de *Y. queretaroensis* a nivel local, nacional e internacional.

II. Métodos

Información bibliográfica y revisión de ejemplares de herbario. Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de la información publicada en libros, artículos científicos y de difusión e informes de proyectos, entre otros; tanto en medios impresos como electrónicos. La información se organizó cronológicamente y por temas de estudio. Se revisaron ejemplares de *Yucca queretaroensis* en tres herbarios: 1. Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB), 2. Herbario del Instituto de Ecología, Centro Regional Bajío (IEB) y 3. Herbario Nacional de México del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU). Se revisaron los datos de las etiquetas y se examinaron en el estereoscopio los rasgos taxonómicos y morfológicos.

Ampliación de la descripción de la especie. Se amplió la descripción de *Y. queretaroensis*, tomando como base lo expuesto por Piña (1989) y Magallán (1998), y complementándolo con la revisión de ejemplares de herbario (ENCB, IEB y MEXU) y de nuevas colectas. Los datos obtenidos se ordenaron en una tabla, a fin de establecer los intervalos correspondientes para la descripción. Todos los ejemplares fueron revisados en el estereoscopio, para la obtención de los datos morfológicos pertinentes. Hubo caracteres para los cuales se ampliaron los intervalos, mientras que otros se eliminaron por no haber sido observados; otros permanecieron sin cambio. Todos los ejemplares fueron revisados en el estereoscopio.

Lista de nombres comunes. Se elaboró una lista de los nombre comunes de *Y. queretaroensis* con información recopilada de fuentes bibliográficas, de encuestas y entrevistas hechas a las personas de comunidades aledañas a las zonas de distribución de la especie y de información de ejemplares de herbario. Las encuestas fueron hechas a 100 personas en las

zonas aledañas a Rancho Quemado, Cadereyta, Qro. y Xichú, Gto., su objetivo, fue conocer la capacidad de gobernanza ambiental en las comunidades humanas en referencia a la especie y una de las preguntas del cuestionario incluía el conocimiento sobre los nombres comunes de *Y. queretaroensis*. Por otro lado, durante las salidas de campo exploratorias se entrevistó a algunas de las personas de comunidades aledañas para conocer el nombre común de la especie.

III. Resultados.

Información bibliográfica y revisión de ejemplares de herbario. Se presenta el análisis de la información bibliográfica y la consulta de herbario, mediante la cual se realizó el escrito de ampliación de la especie:

Yucca queretaroensis Piña es una planta de la familia Agavaceae que fue descubierta por Ignacio Piña (1989), quien describió la especie de una sola localidad en el municipio de Pinal de Amoles, Querétaro y mencionó que se trata de una especie endémica del estado. En su descripción se omiten las características del fruto y las semillas debido a que no fueron observadas, pero dadas las características de la hoja, de la flor y del medio donde se desarrolla, este autor consideró que debía incluirse en la serie Rupicolae de la sección Chaenocarpa, que contiene especies con frutos dehiscentes. También resaltó que el área de distribución no coincidía con las demás especies que integran la serie, es decir *Yucca coahuilensis*, *Y. reverchonii*, *Y. rupicola*, *Y. rigida*, *Y. rostrata* y *Y. thompsoniana* (Piña, 1989), que se distribuyen principalmente en el norte de México y sur de Estados Unidos, siendo *Y. queretaroensis* la especie con distribución más sureña de la serie Rupicolae. La siguiente referencia de la especie es llevada a cabo por el mismo autor un año más tarde (Piña, 1990), en la que menciona nuevas localidades de distribución en Querétaro e Hidalgo, anexa una foto de un ejemplar de herbario y aporta datos de medidas del fruto y las semillas. Es notoria, sin embargo, la falta de información acerca de las características del fruto (tipo y dehiscencia), además de que no discute acerca de aspectos taxonómicos, en especial sobre la permanencia de la especie en el grupo Chaenocarpa o el cambio a otro grupo.

Magallán (1998) llevó a cabo un estudio florístico de la familia Agavaceae en el estado de Querétaro y con información de campo y herbario aportó algunos datos adicionales de la morfología, tales como el número de hojas y las características del margen; y del hábitat de *Y. queretaroensis*. García-Mendoza (2003) elaboró un trabajo de revisión de la familia Agavaceae, Crassulaceae y Liliaceae donde se describen algunas características morfológicas y fenológicas de la especie tales como altura, diámetro del tallo, forma de roseta, generalidades de las hojas, flores y fruto; especifica que las plantas florecen de abril a junio, encontrándose frutos maduros en el mes de diciembre. Por otra parte, Hochstätter (2004) llevó a cabo un estudio florístico del género *Yucca* en México, en el que aporta datos morfológicos, taxonómicos y de distribución de *Y. queretaroensis* y sigue considerando a la especie dentro del grupo Rupicolae. Guillot y Van der Meer (2008) elaboraron la monografía del género *Yucca* en España, en el que incluyen a *Y. queretaroensis*. Los autores recopilaron información de diversas fuentes, que aporta datos sobre la etimología, nombre común, corología, mapas de distribución, descripción, periodo de floración, historia, etnobotánica y taxonomía de la especie. Es de destacar, que ninguno de estos estudios aporta información sobre las características del fruto. La publicación del hallazgo en campo de plantas con frutos, en la que se aporta información de las características y medidas del fruto y semillas, fue llevada a cabo por Hochstätter

(2008), diecinueve años después de la descripción de la especie. Probablemente, el aspecto más sobresaliente de este hallazgo fue que *Y. queretaroensis* no presenta frutos dehiscentes como se había creído desde su descubrimiento, sino frutos carnosos indehiscentes, por lo que la especie no pertenece al grupo y sección en la que se había clasificado. Hochstätter (2008) propone la creación de la Serie Gracilifoliae dentro de la sección *Yucca*, conformada por *Y. queretaroensis* y *Y. linearifolia*, pues menciona que comparten como características únicas las hojas cuadrangulares no planas en sección transversal y los frutos carnosos de color café verdoso.

Por otro lado, Ortega (2004) elaboró una caracterización ecológica de especies en estado crítico de conservación en el área de la Presa Hidroeléctrica Zimapán, en la cual se incluyó a *Y. queretaroensis*, considerándola especie prioritaria para ser rescatada. Menciona que sólo siete individuos de la especie fueron rescatados e ingresados a instituciones de conservación. Este estudio aporta información general de la especie, que en algunos casos resulta imprecisa, debido a los métodos usados. Por ejemplo, se menciona que presenta una densidad de 0.06 individuos/m², la cual no toma en cuenta su patrón de distribución en manchones; registra los primeros avistamientos de *Y. queretaroensis* en el estado de Guanajuato, sin especificar la localidad; concluye que la especie tiene capacidad reproductiva alta, con base en la observación del número de flores por inflorescencia deduciendo alta producción de frutos y semillas; menciona que la planta está presente en el ecotono situado entre el matorral rosetófilo y crasicaule.

Ortega (2004) también evaluó la rareza de las especies de acuerdo a Rabinowitz (1981) quien toma como criterios el rango geográfico de la especie de estudio (amplio o restringido), la especificidad de hábitat (especialista o generalista) y la abundancia de la especie (mucho o poca). Determinó que *Y. queretaroensis* se encuentra en el nivel seis debido a su rango de distribución geográfica restringida, alta especificidad de hábitat y alta abundancia. Sin embargo, Magallán *et al.* (2010) llevaron a cabo una nueva evaluación del nivel de rareza, encontrando que se trata de una especie con rango geográfico restringido, especificidad de hábitat y poca abundancia localmente, por lo que determinaron que se encuentra en el nivel siete de rareza de acuerdo a Rabinowitz (1981) modificado. Magallán *et al.* (2010) además señalaron a la especie como prioritaria para llevar a cabo estudios poblacionales, ecológicos y de evaluación de su estado de conservación.

Pellmyr *et al.* (2007) estudiaron la filogenia del género *Yucca* usando marcadores moleculares AFLP (Polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados) considerando 38 taxa dentro del género. Los resultados sitúan a *Y. queretaroensis* en la base de las tres secciones del género (Chaenocarpa, Clistocarpa y Sarcocarpa) excluida de cualquiera de ellas. Smith *et al.* (2008), estudiaron la diversificación de especies del género *Yucca* mediante marcadores moleculares AFLP y secuencias de cpADN (ADN del cloroplasto); encontrando que la polinización mutualista no acelera la diversificación de las especies. Ellos mencionan que la identidad y las afinidades filogenéticas de *Y. queretaroensis* no son claras, pues la secuencia genética generada para su proyecto indica que corresponde a las yucas de la sección Sarcocarpa (frutos carnosos), mientras que la secuencia obtenida de un banco de genes indica que se encuentra en la base de todas las demás yucas. Los autores discuten que la primera puede ser resultado de la introgresión; es decir, de la infiltración de germoplasma de una especie en otra mediante la retrocruza de híbridos con los parentales (Anderson y Hubricht, 1938),

debido a que se encontró que la especie estaba ampliamente relacionada con dos muestras de *Yucca filifera*, incluyendo una colectada en el mismo sitio que la *Y. queretaroensis* analizada, la segunda concuerda con la filogenia AFLP previamente publicada por Pellmyr *et al.* (2007). Cabe mencionar que al momento de discutir los resultados de su investigación, los autores aún no tenían información de las características del fruto, dado que ambos artículos fueron publicados en 2008 (Hochstätter, 2008; Smith *et al.* 2008). Así pues, las características del fruto concuerdan con los resultados de su estudio, indicando claramente que *Y. queretaroensis* pertenece a la sección *Yucca* (ex *Sarcocarpa*) (frutos carnosos) y no a la sección *Chaenocarpa* (frutos secos) como se había clasificado tradicionalmente.

No existe mucha información disponible referente a la propagación de *Y. queretaroensis*, pero sí se sabe que en Europa es comúnmente solicitada por aquellos que gustan de la flora exótica debido a su notable belleza, por lo cual se ha intentado propagar en años recientes. El trabajo de propagación de Weissbeck (2008) menciona que se habían tenido experiencias previas con *Y. linearifolia* la cual había sido importada anteriormente en Europa, siendo poco propicia para el cultivo en lugares abiertos. Sin embargo, transcurrido algún tiempo, se aclimató notablemente a las condiciones de humedad y a las heladas de Europa central. Con base a esta experiencia y debido a las grandes similitudes entre *Y. linearifolia* y *Y. queretaroensis*, algunos botánicos y coleccionistas esperaban que *Y. queretaroensis* presentara las mismas características para el cultivo. Weissbeck (2008) describe los primeros intentos de siembra en Holanda, que tuvieron lugar en el 2006 con resultados prometedores, dado que los ejemplares plantados resistieron tres años, sin daño a inviernos muy húmedos y a temperaturas bajo cero, demostrando con ello que la especie se adapta bien a las condiciones de humedad. También obtuvo datos sobre la rapidez de crecimiento de sus raíces, la reproducción de ejemplares nuevos a partir de esquejes de raíz y la capacidad de regeneración tras la pérdida completa del mechón de las hojas, que de acuerdo con la autora todo lo anterior se logra exitosamente de manera muy similar a *Y. linearifolia*. Por otro lado, Boeuf (2005) resalta a la especie como quizá la más bella *Yucca* en el mundo, pero también una de las más raras; en referencia a su posible cultivo en Europa central, menciona que aunque puede tolerar mucho frío y hielo, es mejor mantenerla con clima artificial como en el desierto. Algunos autores recomiendan su propagación dada su belleza estética; como es el caso de Magallán y Hernández (2000), quienes hacen referencia a la planta como parte de un listado florístico y sugieren que la especie puede ser aprovechada en beneficio de la población de Querétaro al ser comercializada como planta ornamental.

En lo que a la normatividad mexicana se refiere, *Y. queretaroensis* se enlistó dentro de la “Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determinaba las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección” como una especie rara (R). Siete años más tarde, dentro de la actualización de la “NOM-059-SEMARNAT-2001 Protección ambiental – Especies Nativas de México de Flora y Fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo” se le considera como especie sujeta a protección especial (Pr); condición que se mantiene en la actualización más reciente de la norma, la “NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su

inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo”. No se encontró algún estudio específico de la especie, con información de los parámetros que sirvieron como base para su inclusión dentro de dicha categoría.

En el ámbito internacional, durante la 18ª reunión del Comité de Flora de CITES (PC18; Buenos Aires, 16-21 marzo de 2009), se presentó el Documento PC18 Doc. 21.1 (elaborado por la Autoridad Administrativa CITES de Suiza) sobre el comercio de Agavaceae, que se establece que en los últimos años se ha incrementado la demanda de flora xerófila para su cultivo al aire libre en regiones templadas. La creciente demanda, en un principio satisfecha mediante la colecta de especímenes silvestres de la porción meridional de Estados Unidos, ha alcanzado un nivel elevado en especímenes de Agavaceae procedentes de México. Uno de los ejemplos del documento menciona que *Y. queretaroensis* fue ofrecida por primera vez en el mercado internacional en el 2006 (PC18 Doc. 21.1, 2009). Aparentemente, el comercio no está supervisado y los efectos de la recolección no están documentados. En Europa, *Y. queretaroensis* está disponible al público como planta o semilla, aunque no es fácil de encontrar y plantas grandes son vendidas a precios muy altos en comparación con otras yucas que comparten el mismo patrón lento de crecimiento. Existe evidencia de que un individuo de *Y. queretaroensis* ha sido mantenido bajo condiciones de invernadero desde principios de los setentas -mucho antes de ser descrita- específicamente en Los Reales Jardines Botánicos de Kew en Reino Unido, pero había sido erróneamente identificada como *Yucca radiosa*, un sinónimo de *Y. elata* (Com. Pers. Nick Macer).

Ampliación de la descripción de la especie. Se presenta la descripción actualizada de *Y. queretaroensis* con base en los estudios de campo recientes y la revisión de herbarios.

***Yucca queretaroensis* Piña**

Plantas policárpicas, arborescentes, de (2)3-6 m de alto, frecuentemente con una sola roseta y ocasionalmente con dos a cuatro, forman colonias rizomatosas hasta de 30 individuos de diferentes tamaños (Figura 1.1). Tallo cilíndrico, no ramificado, generalmente cubierto de hojas secas persistentes, 20-40(-60) cm de diámetro a la altura del pecho. Rosetas de forma esférica hasta con 1500 hojas en individuos maduros (Figura 1.2). Hojas de 45-75(-115) cm de largo por 0.2-0.5 cm de ancho, con base ensanchada de 1.5-2.5 cm, lineares, flexibles, de color verde claro, lisas al tacto pero con la superficie pulverulenta (Figura 1.3), las hojas frescas tienen sección transversal biconvexa en toda su longitud, ambas superficies con quillas papilosas centrales que corren a todo lo largo de la hoja y que convergen cerca de la espina terminal, las hojas herborizadas, al perder su turgencia, tienen sección transversal romboidal; ápice acuminado; márgenes rectos, hialinos, serrulados; espina terminal de 0.3-0.8 cm de largo, cónica, café-rojiza, angulosa. Panícula de 60-100 cm de largo, ovada o elíptica (Figura 1.4), la parte floral cubriendo el 90% de la inflorescencia, con 120-140 ramillas, erecta, sobresaliendo de la roseta, densa, base del escapo de 4-5(-7) 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, campanuladas a globosas, péndulas, blanquecinas; pedicelos de 1.3-2 cm; tépalos dimórficos, los externos de 2.8-3.6 cm de largo por 1.0-1.2 cm de ancho, lanceolados, con ápice obtuso o truncado, glabros, los internos de 2.3-3 cm de largo por 1.2-1.4 cm de ancho, elípticos, curvados hacia dentro con ápice agudo,

glabros; estambres unidos en la base del perianto, de 1.3-1.5 cm de largo, filamentos reflexos, clavados, papilosos; anteras de 2-3 mm, sagitadas; pistilo de 1.4-2 cm de largo por 0.6-0.8 cm de ancho, cilíndrico, verde pálido, con suturas carpelares profundas, ovario súpero estrechamente elíptico y cónico hacia el estilo, el cual es tubular, estigma trilobado, con los tres lóbulos retusos. Frutos de 7.5-11.5 cm de largo por 3-4.5 cm de ancho, cilíndricos, carnosos, indehiscentes, péndulos, de color verde (Figura 1.5). Semillas lacrimiformes de 8-11 mm de largo, 7-8 mm en su base y 2-3(-5) mm de grueso negras (Figura 1.6), testa ruminada (Figura 1.7).

Figura 1.1. Colonia de *Yucca queretaroensis*



Figura 1.2. Roseta de *Yucca queretaroensis*



Figura 1.3. Superficie-indumento de la hoja de *Yucca queretaroensis*.

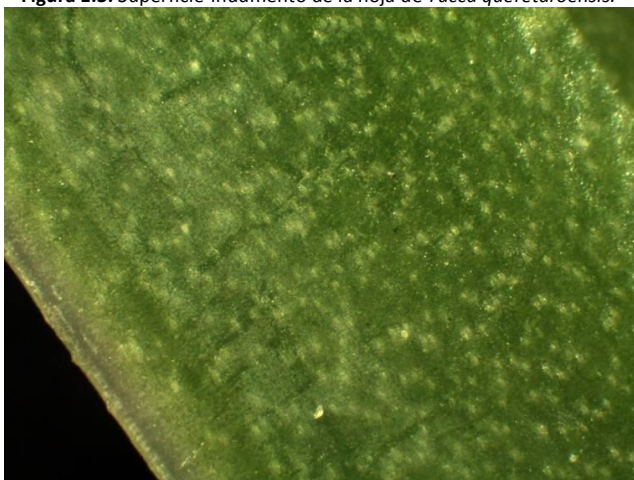


Figura 1.4. Inflorescencia de *Yucca queretaroensis*.



Figura 1.5. Frutos de *Yucca queretaroensis*.



Figura 1.6. Forma de la semilla de *Yucca queretaroensis*.



Figura 1.7. Testa de la semillas de *Yucca queretaroensis*.



Lista de nombres comunes. A través de la información obtenida de fuentes bibliográficas, consulta de ejemplares de herbario, encuestas y entrevistas con personas que viven en las comunidades aledañas a la distribución natural de *Y. queretaroensis* se identificaron 13 nombres comunes diferentes de la especie (Anexo 1). El nombre común más conocido es “estoquillo” y en algunas zonas se le conoce como “lonjas” por la referencia que se hace a las capas de hojas secas que cubren el tronco de la especie y que se usaban para elaborar techos de casas rústicas. El nombre común “junco” y “junquillo” es el nombre con el que la gente reconoce a *Dasyilirion longissimum*, especie muy parecida en porte a *Y. queretaroensis*. Otro nombre con el que se reconoce a la especie es “palma” con el cual se nombra en general a todas las especies de *Yucca*. El nombre de “toquillo” es poco frecuente y es la primera vez que se registra para la especie. Los nombres: “soyate”, “flor de yuca”, “flor de junquillo” y “palma samandoque” no son exclusivos de *Y. queretaroensis* y es probable que sean más frecuentes para referirse a otras especies, incluso de otros géneros. Finalmente, en el extranjero (i.e. Alemania y España) la especie es conocida como “yuca biconvexa”, “yuca denticulada” o “yuca biconvexa denticulada”. Otros nombres comunes usados en los Estados Unidos de América, son: “Queretaro Yucca” (Landscape Resource, 2012), “perennial Queretaro swaport” (Rob’s plants, 2012) y “biconvex denticulate leaf yuca” (Hochstätter, 2004).

IV. Discusión.

A través de la búsqueda y revisión de información bibliográfica sobre *Y. queretaroensis* quedó de manifiesto que se trata de una especie que ha sido muy poco estudiada. Únicamente se encontraron 18 publicaciones que hacen referencia a la especie, sin ser ninguna de ellas un estudio exhaustivo. De éstas, ocho aportan información florística o taxonómica; entre éstas se encuentran los trabajos de Piña (1989, 1990) sobre la descripción de la especie; otras dos son estudios moleculares del género *Yucca* en los que se incluye a *Y. queretaroensis*; otras dos publicaciones de autores alemanes se enfocan en el aspecto hortícola de la especie, y una más, estudia algunos aspectos de su ecología, siendo un estudio somero que la incluye junto con otras especies. Finalmente, cinco referencias se enfocan hacia aspectos de conservación, apuntando hacia su rareza biológica y a la importancia de llevar a cabo estudios de tipo ecológico para su conocimiento y conservación; cabe aclarar que las tres ediciones de la Norma Oficial Mexicana sobre especies en riesgo (NOM-059-ECOL-

1994, NOM-059-SEMARNAT-2001 y NOM-059-SEMARNAT-2010), que indican que se trata de una especie rara o sujeta a protección especial, se encuentran dentro de estas cinco publicaciones. Así pues, la información bibliográfica disponible aporta muy pocos elementos para el conocimiento del estado de conservación de la especie.

Desde que *Y. queretaroensis* fue descubierta y descrita por Piña (1989, 1990), su clasificación y *estatus* sistemático ha sido incierto. Dado que la clasificación del género *Yucca* se basa principalmente en la morfología del fruto, la ausencia de éste (Piña, 1989) y la falta de datos y discusión (Piña, 1990) no permitieron dilucidar adecuadamente su ubicación taxonómica. Hochstätter (2008), habiendo encontrado el fruto de *Y. queretaroensis* en campo, propuso la reubicación de la especie dentro una serie denominada Gracilifoliae, en la que incluyó dos especies: *Yucca linearifolia* y *Y. queretaroensis*. Sin embargo, su propuesta se basa únicamente en aspectos morfológicos, sin tomar en cuenta los estudios sobre la filogenia del género (Clary, 1997; Pellmyr *et al.*, 2007; Smith *et al.*, 2008), cuyos resultados sugieren que ambas especies no forman un grupo natural. Los datos de campo, y aquellos provenientes del análisis bibliográfico y de la revisión de ejemplares de herbario, sistematizada y analizada para el presente proyecto, permitirán elaborar una propuesta sustentada para la ubicación taxonómica de *Y. queretaroensis*, lo cual es un paso fundamental para su conocimiento y que permitirá el desarrollo de mejores propuestas de conservación.

La existencia de ejemplares de herbario de *Y. queretaroensis* es exigua e incompleta, tanto de caracteres morfológicos como de localidades de distribución. Pese a que Piña (1989, 1990) menciona la posible existencia de varias localidades de distribución en los Estados de Querétaro e Hidalgo, no existen ejemplares provenientes de las mismas. En la consulta realizada para este estudio, la disponibilidad de datos morfológicos resultó limitada dada la escasez de estructuras reproductivas. Es muy probable que la falta de flores y frutos en los ejemplares de herbario revisados de *Y. queretaroensis*, así como la falta de esta información desde su descubrimiento y hasta hace pocos años, obedezca a que la floración y fructificación de la especie es poco común (obs. pers).

La información generada para el presente proyecto, que incluye la obtenida en trabajo de campo, revisión de ejemplares de herbario y revisión bibliográfica permitió elaborar una descripción completa de *Y. queretaroensis*. Las anteriores publicaciones sobre la descripción de la especie contenían la información con falta de caracteres o describiendo sólo algunos de ellos (Hochstätter, 2004 y 2008; Piña 1989 y 1990). Con esta investigación, además es posible elaborar una propuesta, que permita ubicar taxonómicamente a la especie y que está mejor sustentada en referencia a la ubicación taxonómica actual (Hochstätter, 2008).

En referencia a los nombres comunes de *Y. queretaroensis*, se observó que es muy común que la gente la confunda con *Dasyllirion longissimum* y por lo tanto la nombran como Junco o Junquillo. Esto se incrementa, debido ambas especies comparten el mismo hábitat frecuentemente. En general, las personas mayores son las que distinguen sin problemas las dos especies.

V. Conclusiones.

- La bibliografía disponible aporta muy pocos elementos para el conocimiento del estado de conservación de *Yucca queretaroensis*.
- La ampliación de la descripción de la especie es un aspecto importante para su identificación y conservación.
- La información generada en este proyecto permitió elaborar una propuesta adecuadamente sustentada para la ubicación taxonómica de la especie.
- Dadas las escasas observaciones de individuos con flor y/o fruto, es probable que *Y. queretaroensis* tenga baja capacidad reproductiva sexual.
- La información taxonómica y morfológica generada para el presente proyecto, permite la adecuada identificación de *Y. queretaroensis* y permite generar una propuesta para su ubicación taxonómica.

VI. Literatura citada.

- Anderson, E. y L. Hubricht, 1938. The evidence for introgressive hybridization. *Am. J. Bot.* 25: 396-402. En: Harrison, R. (ed.), 1993. *Hybrid Zones and the Evolutionary Process*. Oxford University Press. New York, EUA. 366 p.
- Boeuf, T. 2005. *Yucca & Co.* Ed Medemia. Deutschland. 192 p.
- Clary, 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 ribosomal DNA. Ph.D. dissertation, University of Texas, Austin. E.U.A.
- García-Mendoza, A. 2003. 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.
- Guillot, D. y P. Van der Meer. 2008. El género *Yucca* L. en España. Monografías de la revista *Bouteloua*. No.2. 124 pp.
- Hochstätter, F. 2004. *Yuca III* (Agavaceae) México. Fritz Hochstätter, Germany. 302 p.
- Hochstätter, F. 2008. *Yucca* news. *Cactus World* 26 (4): 233-236.
- Landscape Resource, a site for California Landscape community, 2012. <http://www.landscaperesource.com/site-features#feature1> (24 de julio de 2012).
- Macer, N. Com. Pers. (Acerca de la presencia de *Yucca queretaroensis* Piña en los Reales Jardines Botánicos de Kew.
- Magallán, F. 1998. Las Agaváceas de Querétaro. Tesis (licenciatura). Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Querétaro. Qro.
- Magallán, F. y L. Hernández, 2000. La familia Agavaceae en el estado de Querétaro, México. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 66: 103-112.
- Magallán, F., L. Hernández, E. Sánchez, B. Maruri, M. Hernández y L. Torres. 2010. La diversidad de la familia Agavaceae en Querétaro: prioridades para su conservación. En: Rodríguez, A., O. Vargas, G. Vargas, M. Harker y A. Monroy (Eds.). *Memorias del XVIII Congreso Mexicano de Botánica*. Guadalajara, Jal. México. P. 132.

- Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. DOF 16-05-1994.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF 06-03-2002.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF 30-12-2010.
- Ortega, R. A. 2004. Rescate y caracterización ecológica de especies vegetales en estatus crítico de conservación, en el área del Proyecto Hidroeléctrico Zimapán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 69 p. más anexos.
- PC18 Doc. 21.1. 2009. Comercio de Agavaceae. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestres. Decimoctava reunión del Comité de Flora de la CITES. Buenos Aires, Argentina. En: <http://www.cites.org/esp/com/pc/18/S-PC18-21-01.pdf>.
- Pellmyr, O., K. Segraves, D. Althoff, M. Balcázar-Lara y J. Leebens-Mack. 2007. The phylogeny of yuccas. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **43**: 493-501.
- Piña, I. 1989. Una nueva especie del género *Yucca* (Agavaceae). *Cact. Suc. Mex.* **34** (3): 51-56.
- Piña, I. 1990. Nuevas aportaciones a *Yucca queretaroensis* Piña sp. nov. Piña I. 1989. Una nueva especie del género *Yucca* (Agavaceae). *Cact. Suc. Mex.* **35** (3): 61-62.
- Rabinowitz, D. 1981. Seven forms of rarity. In *The biological aspects of rare plants conservation*. H. Synge (eds.). John Wiley & Sons, New York. p. 205–217.
- Rob's plants. 2012. <http://www.robsplants.com/> (24 de Julio, 2012).
- Smith, C., O. Pellmyr, D. Althoff, M. Balcázar-Lara, J. Leebens-Mack y K. Segraves. 2008. Pattern and timing of diversification in *Yucca* (Agavaceae): specialized pollination does not escalate rates of diversification. *Proceedings of the royal society* **275**: 249-258.
- Weissbeck, S. 2008. Aktuelle erkenntnisse und kulturerfahrungen sowie methoden zur eindeutigen identifizierung *Yucca queretaroensis*. Deutschland.

Objetivo 2

Obtener y analizar la información morfológica necesaria para identificar y diferenciar a *Yucca queretaroensis* de otras especies similares.

Producto

1. Cuadro comparativo entre especies semejantes a *Yucca queretaroensis*.
2. Guía visual para diferenciación entre *Yucca queretaroensis* y especies semejantes.

I. Introducción

Se presentan los resultados y discusión de la revisión de herbarios y la elaboración del cuadro comparativo y guía visual. Cabe mencionar, que al inicio del proyecto, no se sabía, de forma certera la ubicación taxonómica de *Y. queretaroensis*, por lo que se siguió la propuesta de Piña (1989) en la que ubica a la especie dentro de la Serie Rupicolae, razón por la que se revisaron las especies de dicha Serie. Durante la investigación, se pudo corroborar que *Y. queretaroensis* pertenece a la Sección Yucca (ex Sarcocarpa) y Serie Treculeanae. Por tal razón, para la elaboración de las herramientas visuales generadas, no sólo se incluyeron las especies semejantes de la Serie Rupicolae, sino especies morfológicamente parecidas, incluso pertenecientes a diferentes géneros.

II. Métodos.

Revisión de ejemplares de herbario. Se revisaron ejemplares de especies selectas del género *Yucca* en tres herbarios: 1. Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB), 2. Herbario del Instituto de Ecología, Centro Regional Bajío (IEB) y 3. Herbario Nacional de México del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU), donde se examinaron los datos de las etiquetas y los rasgos taxonómicos y morfológicos de los ejemplares, empleando un vernier para la obtención de medidas. Las especies revisadas corresponden a la serie Rupicolae (*sensu* Hochstätter, 2004) y algunas otras morfológicamente similares, como: *Yucca australis*, *Yucca coahuilensis*, *Yucca linearifolia*, *Yucca louisianensis*, *Yucca queretaroensis*, *Yucca reverchonii*, *Yucca rigida*, *Yucca rostrata*, *Yucca rupicola* y *Yucca thompsoniana*. Los datos de cada ejemplar fueron organizados dentro de una hoja de cálculo (Anexo 2) y cuando fue posible, se complementaron con información bibliográfica y/o cartográfica.

Análisis de información taxonómica y morfológica. Un primer paso para la elaboración del cuadro comparativo entre especies morfológicamente similares a *Y. queretaroensis* fue evaluar los caracteres que permitieran distinguirla con mayor facilidad, para lo cual se llevó a cabo un análisis estadístico, con el objetivo de reconocer los caracteres morfológicos diagnósticos y distintivos de las especies. La base de datos obtenida a partir de la revisión de herbarios, se modificó para llevar a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP) usando el programa *STATGRAPHICS Centurión XVI.I*. Se hicieron las siguientes modificaciones: Se eliminaron las filas de los ejemplares que no tenían una definición taxonómica exacta; se eliminaron las columnas con más del 50% de datos faltantes, con caracteres que no son fáciles de observar en los ejemplares vivos, o con caracteres ambiguos como el color de las hojas que cambia con el proceso de herborización; para

llevar a cabo los análisis estadísticos se separaron los datos cualitativos de los cuantitativos; en el caso de la base de datos con caracteres cualitativos, se asignó un valor a cada carácter (Cuadro 2.1). Se evaluaron cuatro caracteres cuantitativos (Hoja: 1. Largo, 2. Ancho; 3. Largo de la espina terminal y 4. Tamaño de los tépalos) y nueve caracteres cualitativos (Hoja: 1. Forma, 2. Sección transversal, 3. Consistencia, 4. Textura, 5. Márgenes y 6. Color de los márgenes; 7. Forma de la espina terminal; 8. Dehiscencia del fruto y 9. Tipo de fruto), en 74 ejemplares de herbario pertenecientes a siete especies.

Cuadro 2.1. Valores asignados a los caracteres cualitativos de las especies de *Yucca* analizadas.

Estructura	Carácter	Valor						
		1	2	3	4	5	6	7
Hoja	Forma	Lanceolada	Linear	Linear-Lanceolada				
	Sección transversal	Plana	Biconvexa	Plana y biconvexa				
	Consistencia	Flexible	Rígida	Semirígida				
	Textura	Escabrosa	Lisa					
	Márgenes	Filíferos	Serrulados	Lisos				
	Color del Margen	Amarillo	Blanco	Café Oscuro	Grisáceo	Naranja	Rojizo	Transparente
Espina Terminal	Forma	Cónica	Subulada					
Fruto	Dehiscencia	Dehiscente	No Dehiscente					
	Tipo	Carnoso	Seco					

Cuadro comparativo entre especies semejantes a *Yucca queretaroensis*. Considerando los resultados de los análisis estadísticos se recopilaron las imágenes digitales pertinentes. Se incluyeron especies que comparten características morfológicas, de distribución y de hábitat similares a *Y. queretaroensis*, aun cuando no pertenecen al mismo género. Una vez definidos estos aspectos se recopilaron los siguientes imágenes digitales: Fotos de campo, fotos en Jardines Botánicos (1. Regional de Cadereyta, Querétaro, 2. Charco del Ingenio, San Miguel de Allende, Guanajuato y 3. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.), fotos facilitadas por una especialista en el género *Yucca* de la Universidad de Austin, Texas, EUA., fotos de ejemplares de herbario e imágenes obtenidas de la bibliografía. El cuadro fue organizado por caracteres: cada sección muestra imágenes y describe las características de cada una en las especies incluidas. Las descripciones de los caracteres de cada especie provienen de observaciones de campo y de herbario, y de la revisión bibliográfica.

Guía visual para diferenciación entre *Yucca queretaroensis* y especies semejantes. Se diseñó una guía visual a partir de los datos compilados en el cuadro comparativo. El objetivo de la misma es proveer información para que *Yucca queretaroensis* sea fácilmente distinguida de otras especies similares. La guía se elaboró a manera de cuadernillo con la comparación de caracteres entre especies con las que *Yucca queretaroensis* puede ser confundida por su morfología.

III. Resultados.

Revisión de ejemplares de herbario. Se revisaron 79 ejemplares de once taxa del género *Yucca* (Cuadro 2.2). Los herbarios ENCB y MEXU se seleccionaron debido al tamaño, antigüedad y representatividad de sus colecciones. El IEB fue seleccionado por ser el depositario de las colectas botánicas realizadas dentro de la elaboración de la Flora del Bajío y

Regiones Adyacentes, flora que en su delimitación geográfica incluye a los estados de Querétaro y Guanajuato. Para cada ejemplar revisado se obtuvieron datos de distribución, de hábitat y morfológicos (Anexo 2). Dado que muchas etiquetas de ejemplares tenían información incompleta, los datos fueron complementados a través de consultas bibliográficas. De los 79 ejemplares revisados, únicamente ocho fueron de *Yucca queretaroensis*. De estos, seis son colectas realizadas en la localidad de distribución más conocida de la especie, en el municipio de Pinal de Amoles, Estado de Querétaro. De esos seis ejemplares, dos corresponden a colecta S/N del holotipo realizada por Piña en 1989, tres corresponden al número de colecta 83 realizada por Magallán en 1997 y uno corresponde al número de colecta 2077 de Hernández en 2003. Sólo dos ejemplares se colectaron fuera del estado de Querétaro, uno de ellos en Xichú, Guanajuato que corresponde al número de colecta 14684 de Zamudio y Ramírez en 2009 y otra en el Jardín Botánico de la UNAM, México D.F. que corresponde al número de colecta 6485 de García-Mendoza en 1997. La parte más comúnmente presente en estos ejemplares es la hoja, mientras que las estructuras florales sólo fueron encontradas en tres: aquellos de Piña de 1989 y el de García-Mendoza de 1997. Ningún ejemplar herborizado presentaba fruto ni semillas. Observaciones adicionales de campo, como tamaño de inflorescencia o número de ramas, se encuentran ausentes de las etiquetas de herbario.

Cuadro 2.2. Taxa revisados por herbario.

Especie	Herbario		
	MEXU	ENCB	IEB
<i>Yucca aff. reverchonii</i>	1	0	0
<i>Yucca aff. rigida</i>	1	0	0
<i>Yucca coahuilensis</i>	2	1	0
<i>Yucca linearifolia</i>	3	1	0
<i>Yucca louisianensis</i>	0	1	0
<i>Yucca queretaroensis</i>	4	1	3
<i>Yucca queretaroensis</i> x <i>Yucca potosina</i>	0	0	1
<i>Yucca reverchonii</i>	2	1	0
<i>Yucca rigida</i>	22	5	3
<i>Yucca rostrata</i>	7	4	5
<i>Yucca thompsoniana</i>	3	6	1
Total de ejemplares revisados	45	20	14

Análisis de información taxonómica y morfológica. El Análisis de Componentes Principales (ACP) de los caracteres cuantitativos muestra que dos componentes explican el 71.59% de la variabilidad en los datos originales (Cuadro 2.3). Los pesos de los Componentes (Cuadro 2.4) muestran que el ancho de la hoja (en el componente 1) y el largo de la hoja (en el componente 2) son los caracteres que ofrecen mayor sustento para distinguir a *Y. queretaroensis* de las otras especies morfológicamente similares. El ACP de los caracteres cualitativos muestra que dos componentes explican el 66.17% de la variabilidad en los datos originales (Cuadro 2.5). Los pesos de los Componentes (Cuadro 2.6) muestran que las características del fruto y la sección transversal de la hoja (en el componente 1) y la textura de la hoja y el tipo de márgenes (en el componente 2) son los caracteres que ofrecen mayor sustento para distinguir a *Y. queretaroensis* de las otras especies morfológicamente similares. En resumen, el análisis estadístico muestra que los caracteres que son diagnósticos para la diferenciación son: 1. Ancho de la hoja, 2. Largo de la hoja, 3. Tipo de fruto, 4. Dehiscencia del fruto, 5. Sección transversal de la hoja, 6. Textura de la hoja y 7. Tipo de márgenes de las hojas. Cabe mencionar que los

caracteres relacionados con el fruto, no son frecuentemente observados, por lo que, a pesar de ser diagnósticos no se incluyeron en la elaboración del cuadro comparativo y la guía visual. Otro carácter que no fue incluido fue el de la textura de las hojas, que no puede ser apreciado a través de fotografías.

Cuadro 2.3. Análisis de Componentes Principales de los caracteres cuantitativos analizados.

Componente		Porcentaje de	Porcentaje
Número	Eigenvalor	Varianza	Acumulado
1	1.69512	42.378	42.378
2	1.1687	29.217	71.596
3	0.746238	18.656	90.251
4	0.389942	9.749	100.000

Cuadro 2.4. Tabla de Pesos de los Componentes de los caracteres cuantitativos analizados.

	Componente	Componente
	1	2
ESPTERM_LARGO_MM	0.526264	-0.114353
HOJA_ANCHO_MM	0.647333	0.246131
HOJA_LARGO_MM	0.149493	0.861347
TEPALOS_TAM_MM	0.530714	-0.429447

Cuadro 2.5. Análisis de Componentes Principales de los caracteres cualitativos analizados.

Componente		Porcentaje de	Porcentaje
Número	Eigenvalor	Varianza	Acumulado
1	4.59496	51.055	51.055
2	1.36038	15.115	66.171
3	0.935129	10.390	76.561
4	0.915836	10.176	86.737
5	0.540772	6.009	92.745
6	0.350974	3.900	96.645
7	0.218646	2.429	99.074
8	0.0832969	0.926	100.000
9	8.12169E-17	0.000	100.000

Cuadro 2.6. Análisis de Componentes Principales de los caracteres cualitativos analizados.

	Componente	Componente
	1	2
ESPTERM_FORMA	0.314923	0.177227
FRUTO TIPO	0.454885	-0.0724586
FRUTO_DEHISCENCIA	-0.454885	0.0724586
HOJA_COLOR_MARGEN	-0.361464	-0.236217
HOJA_CONSISTENCIA	0.365261	-0.223613
HOJA_FORMA	0.171861	0.388379
HOJA_MARGENES	-0.0110523	0.588191
HOJA_SECCIÓN TRANSVERSAL	-0.437988	0.0720286
HOJA_TEXTURA	-0.0376735	0.591857

Cuadro comparativo entre especies semejantes a *Yucca queretaroensis* El cuadro comparativo (Anexo 3) está ordenado presentando en cada apartado la comparación de un carácter determinado para todas las especies incluidas: *Agave striata* ssp. *striata*, *Agave* aff. *striata*, *Dasyllirion longissimum*, *Yucca linearifolia*, *Y. queretaroensis*, *Y. rostrata* y *Y. thompsoniana*, así como imágenes de hijuelos o rametos de *Y. queretaroensis*. La información que se incluye para cada especie es: forma

de vida; ramificación del tallo; altura máxima; distribución; forma de la roseta; número aproximado de hojas; apariencia de las hojas en cuanto a rigidez o flexibilidad; forma, largo, ancho, consistencia -rígida o flexible-, color y textura de la hoja; sección transversal de la hoja; color y características de los márgenes; largo, forma y color de la espina terminal, rigidez de la hoja al llevar a cabo “la prueba del nudo” (Weissbeck 2008) y descripción de la cobertura del tallo. La información que se presenta en el cuadro comparativo fue obtenida de la revisión de ejemplares de herbario (ENCB, IEB y MEXU), de observaciones directas en campo y de la siguiente bibliografía: Clary (1995), Gentry (1982), Irish & Irish (2000), Magallán (1998), Piña (1989, 1990), Trelease (1902) y Weissbeck (2008).

Guía visual para diferenciación entre *Yucca queretaroensis* y especies semejantes. La guía visual (Anexo 4) presenta un diseño a manera de cuadernillo, en el que cada doble vista compara un carácter determinado para todas las especies incluidas. En términos generales cuenta con la misma estructura que el cuadro comparativo, con una redacción puntual y en un orden ligeramente diferente.

IV. Discusión.

La consulta de las colecciones mexicanas de plantas en herbario, se consideró como un paso elemental hacia el conocimiento e interpretación de la especie de estudio. Se trata de una herramienta de primordial importancia para la taxonomía vegetal, que provee el material comparativo que es fundamental para confirmar la identidad de una especie (Lot y Chiang, 1986). El acervo de conocimiento depositado en los herbarios es relevante porque consiste en un cúmulo de conocimientos científicos y socioculturales fundamentales para la preservación de los recursos y para el desarrollo científico y técnico de las diferentes naciones y culturas (Serrano, 2010). De ahí la justificación de realizar una amplia consulta a herbarios para el presente estudio, pues dichas colecciones son una fuente de información acerca de las plantas y del medio en el cual habitan, y suponen en sí mismos, un registro permanente de la biodiversidad (Quesada *et al.*, 1998). En nuestro país, de acuerdo al *Index Herbariorum* de Holmgren y Holmgren (2011), existen 65 instituciones que cuentan con colecciones de herbario, de las cuales la de mayor importancia por el tamaño de su acervo es la del Herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU), seguido por el de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB) (Llorente *et al.*, 2007). Durante los últimos 25 años, el Centro Regional Bajío del Instituto de Ecología, A. C., ha venido desarrollando el proyecto “Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes”, que incluye en su totalidad a los estados de Querétaro y Guanajuato, y la porción Nororiental de Michoacán. Este trabajo ha representado una colecta intensa de la región, cuyo depósito ha tenido lugar en el herbario IEB de dicho centro (Carranza, 2005).

La existencia de ejemplares de herbario de *Yucca queretaroensis* es exigua e incompleta, tanto de caracteres morfológicos como de localidades de distribución. Pese a que Piña (1989, 1990) menciona la posible existencia de varias localidades de distribución en los Estados de Querétaro e Hidalgo, no existen ejemplares provenientes de las mismas. En la consulta realizada para este estudio, la disponibilidad de datos morfológicos resultó limitada dada la escasez de estructuras reproductivas, situación que no es única para *Y. queretaroensis*. De la totalidad de los ejemplares revisados de todas las

especies consideradas, 62% carecían de parte de inflorescencia o flores, y 51% de fruto. La escasez de semillas es aún mayor, pues 90% de los ejemplares revisados carecían de las mismas.

El análisis estadístico (ACP) permitió definir los caracteres a incluir en el cuadro comparativo y guía visual, únicamente se añadió el carácter referente a la sección transversal de la hoja. Aunque existen caracteres que son diagnósticos para distinguir a *Y. queretaroensis* de las especies morfológicamente similares, como es el caso del tipo de fruto y características de las flores, pueden ser poco frecuentes en ejemplares obtenidos de su hábitat natural para venta, por lo que no se incluyeron en el cuadro comparativo y la guía visual. El apartado de “rigidez de la hoja”, muestra las imágenes de la “prueba del nudo” que propone Weissbeck (2008) para distinguir a *Y. queretaroensis* de otras especies de *Yucca*, ya que de acuerdo a sus apreciaciones, es la única especie en la que las hojas se rompen o resquebrajan al hacer dicha prueba. Sin embargo, al llevar a cabo la “prueba del nudo” en plantas de las distintas poblaciones exploradas para el presente proyecto, se observó que la condición de ruptura o resquebrajamiento está relacionada con el tiempo que transcurre desde que las hojas son cortadas de la planta, ocurriendo en las hojas que han pasado por varios días de deshidratación, después de haber sido separadas de la planta. Así pues, en hojas frescas (recién cortadas), no se observó ruptura o resquebrajamiento al hacer dicha prueba. La clave de identificación incluida al inicio de la guía visual constituye una herramienta importante para la diferenciación de la especie y está diseñada de manera que pueda ser fácilmente usada por no especialistas en el tema.

Tanto al cuadro comparativo a como la guía visual les ha sido añadido un taxón no determinado: *Agave* aff. *striata*, cuyas rosetas son muy parecidas a los hijuelos de *Y. queretaroensis*. Se le denomina de esta manera (aff. *striata*) porque sus hojas son estriadas (Grupo *Striatae*, sensu Gentry, 1982). Se diferencia de *Agave striata* ssp. *striata* por las características de su roseta, hojas, tipo de vegetación en el que se encuentra y hábitat. Es probable que sea una variedad no descrita, sin embargo, para su inclusión en las herramientas visuales se denominó de esta forma.

V. Conclusiones.

- Existen muy pocos ejemplares de herbario de *Y. queretaroensis* y de los que existen ninguno presentó frutos ni semillas.
- El Análisis de componentes principales, constituyó una buena herramienta en la selección de los caracteres a incluir en el cuadro comparativo y la guía visual.
- La elaboración del cuadro comparativo y la guía visual incluyó a las especies con más parecido morfológico a *Y. queretaroensis*, independientemente de pertenecer o no al género *Yucca*.
- El cuadro comparativo y la guía visual son herramientas básicas para identificar a la especie y tratar de evitar el tráfico ilegal de ésta.

VI. Literatura citada.

- Carranza, G. E. 2005. Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del Estado de Guanajuato, México. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, Fascículo XXI, Complementario. 23 pp.
- Clary, K. 1995. *Yucca linearifolia* (Agavaceae): A new, indehiscent, fleshy-fruited, linear-leaved species endemic to the Chihuahuan Desert, Mexico. *Brittonia* **47**(4):394-396.
- Gentry, H. 1982. Agaves of continental North America. Tucson, Ariz. (USA). University of Arizona Press. 670 p.
- Hochstätter, F. 2004. Yuca III (Agavaceae) México. Fritz Hochstätter, Germany. 302 p.
- Holmgren, P. K. y N. H. Holmgren. 1998. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/> (Consultado: 1º de Agosto de 2011).
- Irish G. y M. Irish. 2000. Agaves, Yuccas, and Related Plants: A Gardener's Guide. 312 p.
- Llorente J., L. Michán, J. González y V. Sosa. 2007. Capítulo 7: Desarrollo y situación del conocimiento de las especies. En: Capital Natural de México <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html> (Consultado el 1º de Agosto de 2011).
- Lot, A. y F. Chiang. 1986. Manual de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México, México. En: Degen de Arrúa R., L. Britez, M. González de García, E. López. 2008. Colección de frutos del herbario (FCQ) del Departamento de Botánica, Dirección de Investigación de la Facultad de Ciencias Químicas-UNA. *Rojasiana* **8**(1):68-76.
- Magallán, F. 1998. Las Agaváceas de Querétaro. Tesis (licenciatura). Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Querétaro. Qro.
- Piña, I. 1989. Una nueva especie del género *Yucca* (Agavaceae). *Cact. Suc. Mex.* **34** (3): 51-56.
- Piña, I. 1990. Nuevas aportaciones a *Yucca queretaroensis* Piña sp. nov. Piña I. 1989. Una nueva especie del género *Yucca* (Agavaceae). *Cact. Suc. Mex.* **35** (3): 61-62.
- Quesada, C., L. Baena, E. Linares y C. Morales. 1998. Los herbarios como centros de documentación para el estudio y conservación de la biodiversidad. Encuentro Medioambiental Almeriense. Universidad de Almería, España. En: Moreno, E. 2007. El herbario como recurso para el aprendizaje de la botánica. *Acta Bot. Venez.* **30**(1):415-427.
- Serrano, V. 2010. Base de Datos del Herbario de Querétaro, "Dr. Jerzy Rzedowski" (QMEX). Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. EC011. México, D. F.
- Trelease, W. 1902. The Yuccaceae. *An. Rep. Mo. Bot. Gard.* **13**:27-129.
- Weissbeck, S. 2008. Aktuelle erkenntnisse und kulturerfahrungen sowie methoden zur eindeutigen identifizierung *Yucca queretaroensis*. Deutschland.

Objetivo 3

Identificar los factores que determinan la distribución de la especie.

Producto

1. Lista de factores bióticos y abióticos asociados a la distribución de la especie.

I. Introducción.

La distribución espacial de cualquier especie está determinada por diferentes factores, en diferentes escalas. En el presente estudio, hemos denominado factores “macro” a aquellos asociados a la distribución de la especie a nivel geográfico y hemos denominado factores “micro” a aquellos asociados a la distribución de la especie a una escala más fina o de microhábitat. El objetivo 3 (identificar los factores que determinan la distribución de la especie), se refiere a reconocer los factores asociados a la distribución de la especie a una escala “macro” o geográfica. Lo relacionado con los factores a nivel micro, se abordan más adelante en el objetivo 5. En este objetivo (3), se presenta la información sobre los factores bióticos y abióticos asociados a la distribución de la especie, la cual fue generada por: 1. Recopilación de información en las visitas de campo y 2. Superposición de capas de información geográfica con los puntos de distribución de la especie. Adicionalmente, para reconocer los factores con mayor importancia en la distribución de la especie, se llevaron a cabo análisis estadísticos.

II. Métodos.

Información de campo. Durante las salidas exploratorias de campo se obtuvo información de factores bióticos y abióticos en las localidades de distribución. Las observaciones incluyeron: tipo de vegetación, tipo general de suelo, tipo de clima, pendiente aproximada, hábitat, orientación de distribución y altitud (msnm).

Información cartográfica. Para reconocer los factores bióticos y abióticos asociados a la distribución de *Y. queretaroensis*, se efectuó una superposición de datos cartográficos con los sitios de distribución de la especie, usando el programa ArcGIS 10 (ESRI®, 2011). Se recopilaron datos cartográficos sobre geología, unidades geomorfológicas, edafología, clima y uso de suelo y vegetación. Las fuentes usadas fueron: 1. Carta geológica 1:250,000 (INEGI, 1985a), 2. Unidades geomorfológicas 1:50,000 (GEQ, 2002a), 3. Carta edafológica 1:250,000 (INEGI, 1985b), 4. Carta de Climas, isoyetas e isotermas 1:250,000 (GEQ, 2002b) y 5. Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1:250,000 (GEQ, 2008) complementado con el mapa Vegetación Potencial de Rzedowski (1990) escala 1:4 000 000. La diferencia de escalas usadas para cada carta temática se basa en la disponibilidad de la información en las instituciones como el INEGI y la CONABIO. La Carta de Climas (GEQ, 2002b) usada para el análisis de la información emplea la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García. Con la información obtenida de este procedimiento se elaboró una matriz de datos con la siguiente información para cada uno de los 66 sitios de distribución registrados para la especie: 1. Altitud (msnm), 2. Tipo de roca, 3. Edad de la roca, 4. Unidad geomorfológica, 5. Tipo de suelo, 6. Tipo de clima, 7. Isoyetas (mm), 8. Isotermas (°C), 9. Tipo de vegetación observada (Zamudio *et al.*, 1992) y 10. Orientación. Los datos de altitud fueron tomados directamente en campo con un GPS Oregon

550; el tipo de vegetación se determinó a través de observaciones de campo; y la orientación fue determinada usando la herramienta de ArcGIS v.10.0 la cual admite la visualización de modelos de superficie ráster y TIN, y proporciona herramientas de análisis en las extensiones Spatial Analyst, 3D Analyst y Geostatistical Analyst para crear, analizar y extraer información de las superficies. En el caso particular de la Orientación (Aspect) se usa la extensión Spatial Analyst en ArcToolBox teniendo como base para el cálculo de la misma un MDE escala 1:50,000 obtenido de la página del INEGI (<http://www.inegi.org.mx>).

Análisis estadístico. La información obtenida del análisis cartográfico se ordenó en una matriz de datos y las variables fueron agrupadas en intervalos y transformadas a variables cualitativas para su análisis (Cuadro 3.1). Con el objetivo de conocer las variables con mayor importancia para la distribución de la especie se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP), mediante el software Infostat/L. Con el objetivo conocer los valores de cada variable que se encuentran mayormente representados en los sitios de colecta (moda), se realizaron análisis de estadística descriptiva mediante el software SPSS v12.0.

Cuadro 3.1. Valores asignados a los factores asociados a la distribución de *Yucca queretaroensis*.

Altitud (msnm)	Valor	Tipo de roca	Valor
900-1000	1	Alternancia de clásticas y químicas	1
1001-1100	2	Calizas	2
1101-1200	3	Conglomerado	3
1201-1300	4	Sedimentaria química	4
1301-1400	5	Skarn	5
1401-1500	6		
1501-1600	7		
Edad de la roca		Unidad geomorfológica	
Cenozoico	1	Elevaciones de rocas marinas alternando calizas-lutitas y calizas-margas.	1
Mesozoico	2	Laderas montañosas de pliegues recostados de calizas, con alta disección fluvial.	2
		Quebrada o valle de ladera de montaña, con lechos en V y materiales heterogéneos, de corriente intermitente.	3
		Sin información	4
		Taludes y paredes de valle encañonado, de garganta, de quebrada intermontana.	5
		Valle intermontano con lecho en U, con márgenes inestables de acumulación rápida y régimen permanente.	6
Tipo de suelo		Tipo de clima	
Litosol	1	(A)C(w1)	1
Luvisol crómico	2	(A)C(wo)	2
Regosol	3	BS1(h)hw(w)	3
Rendzina	4	BS1hw	4
		BS1kw	5
		BSokw	6
Isoyetas (mm)		Isotermas (°C)	
500-600	1	14-15	1
601-700	2	15-16	2
701-800	3	16-17	3
801-900	4	17-18	4
901-1000	5	19-20	5
1001-1100	6	21-22	6
1101-1200	7		
Vegetación		Orientación	
Matorral submontano	1	E	1
		N	2

	NE	3
	NW	4
	S	5
	SE	6
	SW	7
	W	8

III. Resultados.

Información de campo. Los datos obtenidos en las salidas de campo exploratorias acerca de los factores bióticos y abióticos asociados a la distribución de la especie muestra algunos patrones generales: la distribución está fuertemente asociada a vegetación de matorral submontano de diferentes características fisonómicas; se observó matorral submontano con diferencias en la altura de los estratos arbóreo y arbustivo y con cobertura de dosel muy abierto (30-40 %) o más cerrado (60-70%). En algunas ocasiones también se le encuentra asociado a vegetación de tipo matorral rosetófilo. La composición florística es similar para todas las localidades registradas. También se encuentra estrechamente ligada a laderas de cañones con pendientes pronunciadas (30°-60°) y suelos someros, predominantemente calizos, aunque en algunos casos se encuentra en pendientes mayores a los 60°, y hubo una observación excepcional de individuos en suelo casi plano.

Información cartográfica. La superposición de los sitios de distribución de *Y. queretaroensis* con cada una de las capas de información temática, permitió observar algunos patrones y generar una matriz de datos con los factores asociados a la distribución de la especie (Anexo 5).

1. Información geológica. La especie muestra una clara afinidad con dos tipos principales de roca: Caliza-Lutita y Caliza (Figura 3.1), ya que todos sus sitios de distribución se encuentran en estos tipos de rocas. Se observaron ligeras variaciones en Bucareli–El Jabalí, en los municipios de Pinal de Amoles y San Joaquín, Qro., donde algunos individuos se encontraron sobre una pequeña planicie de conglomerado entre las laderas de Caliza y Caliza Lutita. Por otro lado, parte de los sitios encontrados en los alrededores de la Barranca Tolimán ocupan una zona aislada de roca metamórfica mineralizada (skarn) entre las laderas de Caliza y Caliza-Lutita y uno de estos sitios, que probablemente sea el de mayor elevación, se sitúa en la orilla de una planicie de conglomerado. También se observa que la distribución de la especie se encuentra asociada a rocas del Jurásico Superior. Sin embargo, existe una excepción notoria que se encuentra al Suroeste de los sitios de Rancho Quemado – Culebras (Cadereyta, Qro.), donde se encontraron dos individuos aislados, en una zona propiamente plana, cuyas rocas están datadas como del Cretácico Inferior. Las localidades de Rancho Quemado – Culebras, San Francisco Gatos – Los Azogues y la mayoría de los registros de Bucareli – El Jabalí están ubicados en rocas del Jurásico Superior, mientras que algunos sitios en la parte Oriental de la zona de Bucareli –El Jabalí, se encuentran sobre rocas del Cretácico Inferior. Los sitios que se encuentran hacia la parte Oriental de la distribución de la especie, en la zona de San Juan Tetla – El Apartadero y en las laderas cercanas a la Casa de Máquinas de la presa hidroeléctrica de Zimapán y los sitios de la Barranca Tolimán tienen origen en el Cretácico Inferior y Superior (Figura 3.2).

Figura 3.1. Tipo de rocas en las que se distribuye *Y. queretaroensis*.

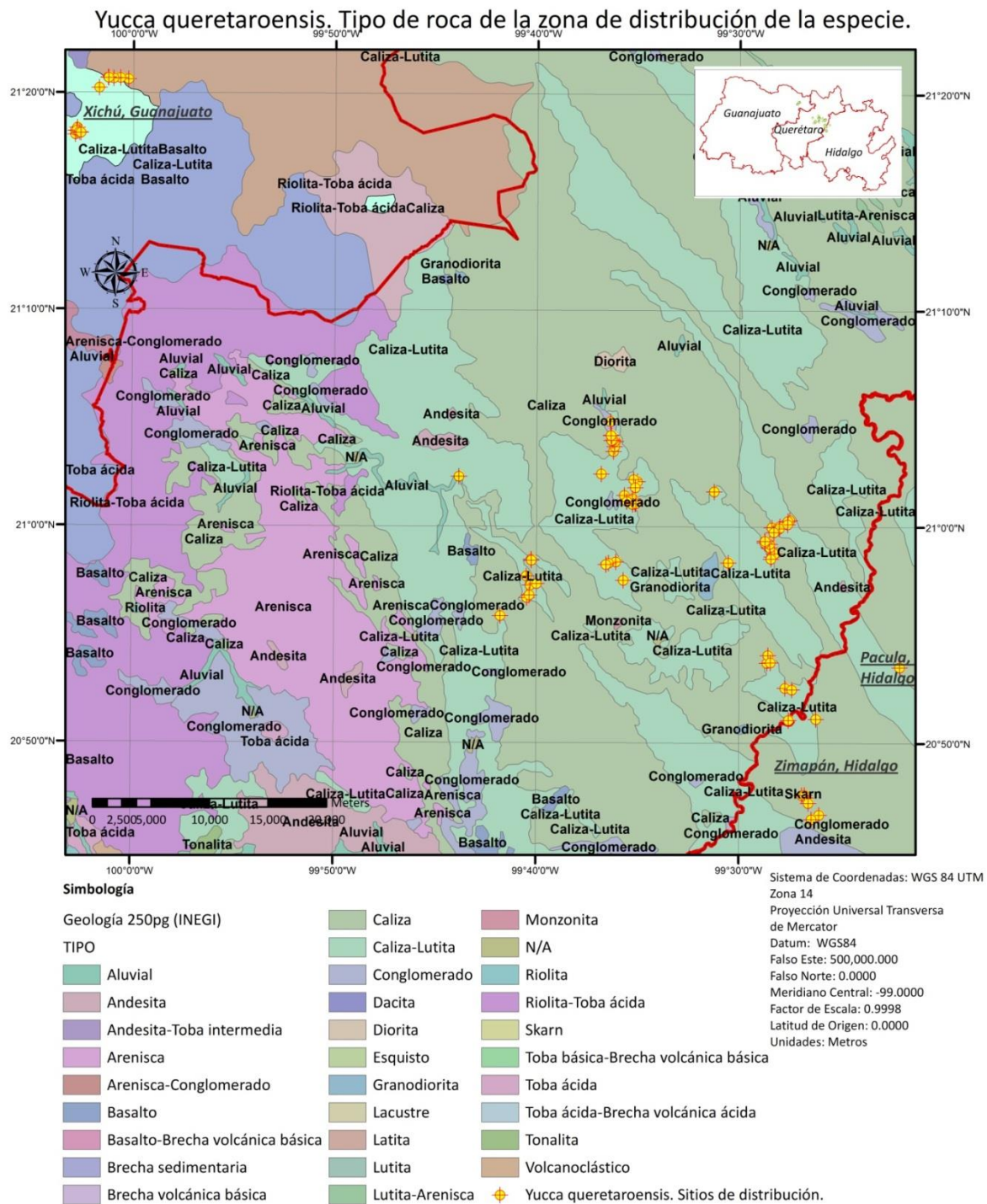
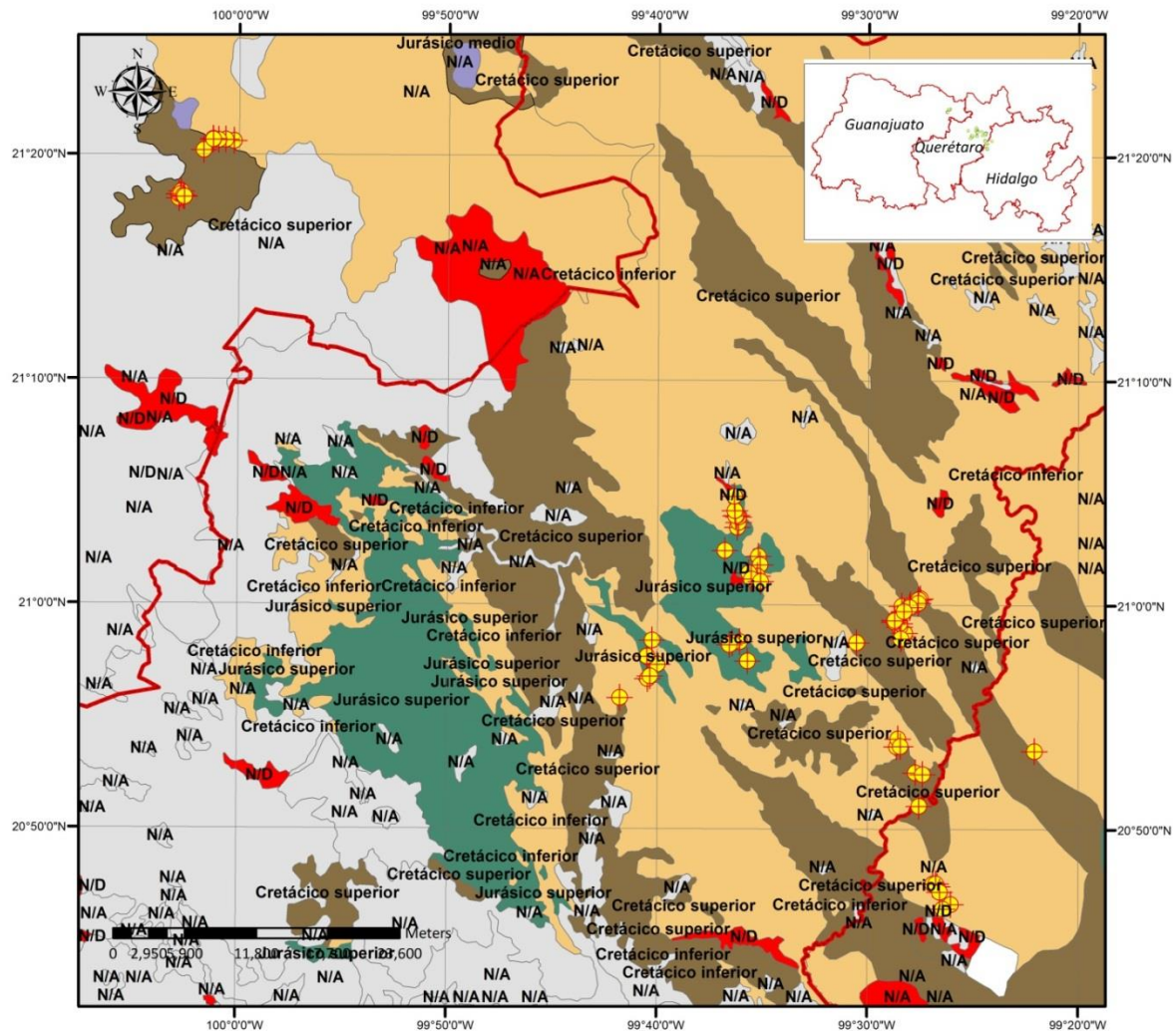


Figura 3.2. Edad de las rocas en las que se distribuye *Y. queretaroensis*.

Yucca queretaroensis. Geología. Edad de la zona de distribución de la especie.



Simbología

Geología 250pg (INEGI)

SERIE

- Cretácico inferior
- Cretácico superior
- Jurásico medio
- Jurásico superior
- N/A
- N/D

Yucca queretaroensis. Puntos de observación.

Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM

Zona 14

Proyección Universal Transversa
de Mercator

Datum: WGS84

Falso Este: 500,000.000

Falso Norte: 0.0000

Meridiano Central: -99.0000

Factor de Escala: 0.9998

Latitud de Origen: 0.0000

Unidades: Metros

Fuente:

Carta Geológica 1:250,000, Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

Puntos de observación de *Yucca queretaroensis*: Jardín Botánico
Regional de Cadereyta.

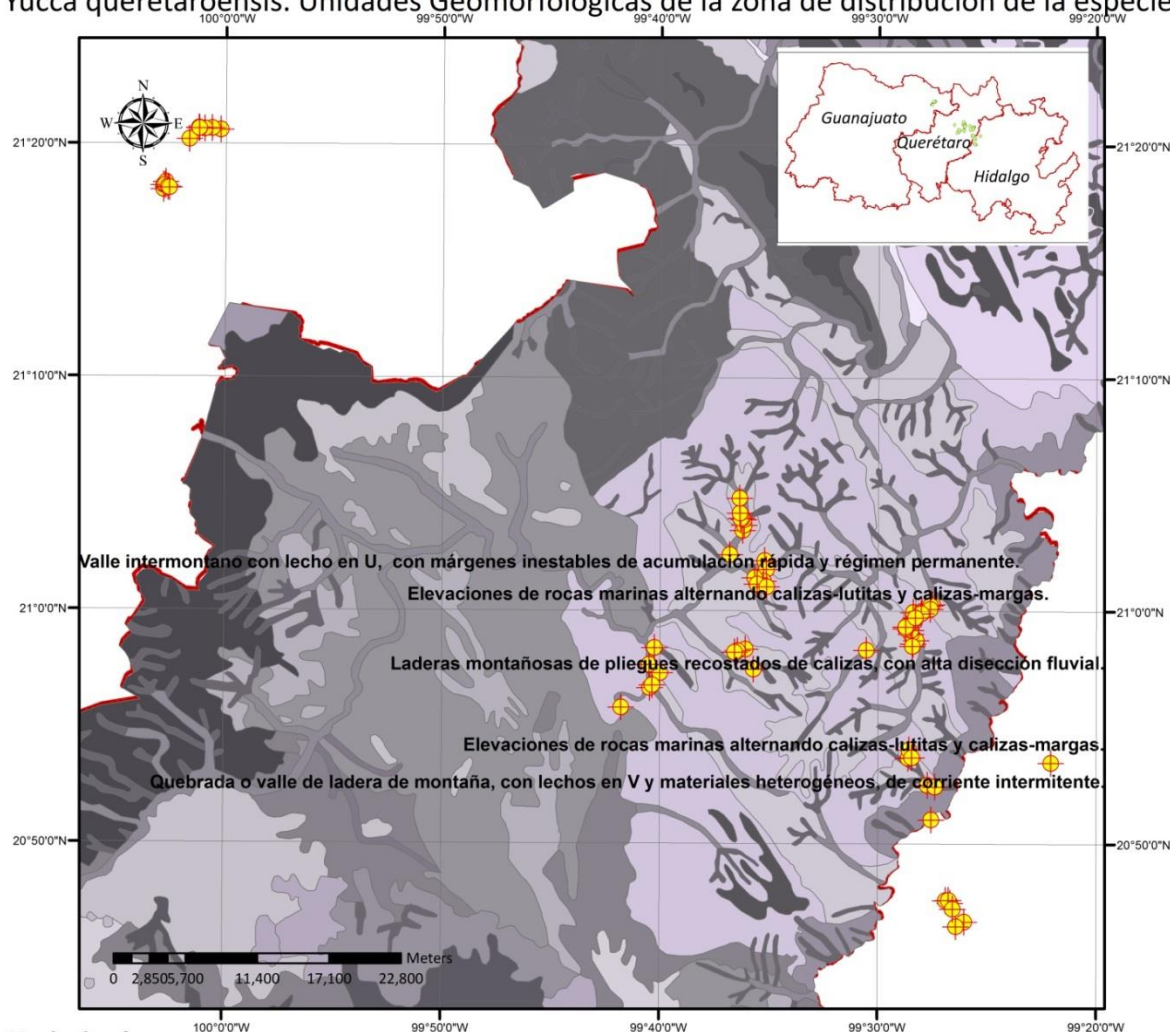
2. *Unidades geomorfológicas.* *Y. queretaroensis* muestra una marcada preferencia por las pendientes pronunciadas, la especie se encuentra en zonas de relieve marcadamente inclinado y disectado, siendo la geoforma más común el “Valle intermontano con lecho en U, con márgenes inestables de acumulación rápida y régimen permanente”. En las localidades de Bucareli – El Jabalí, en el municipio de Pinal de Amoles y de Rancho Quemado – Culebras, en el municipio de Cadereyta, esta forma alberga a gran parte de los sitios registrados. Se debe resaltar que el sitio aislado al Suroeste de Rancho Quemado se encuentra sobre la misma unidad geomorfológica que la mayoría de los sitios de distribución hacia el Norte (Figura 3.3). San Francisco Gatos – Los Azogues, por su parte, se encuentra en una zona catalogada como “Elevaciones de rocas marinas alternando calizas-lutitas y calizas-margas”, en una región fuertemente disectada, atravesada también por “Valles intermontanos con lecho en U, con márgenes inestables de acumulación rápida y régimen permanente”. Los sitios de distribución en las cercanías de San Juan Tetla – El Apartadero, están situados sobre “Elevaciones de rocas marinas alternando calizas-lutitas y calizas-margas”, cuya pendiente, a medida que se pronuncia más, deriva en “Laderas montañosas de pliegues recostados de calizas, con alta disección fluvial” y “Quebradas o valle de ladera de montaña, con lechos en V y materiales heterogéneos, de corriente intermitente”. Por su parte, los sitios registrados cerca de la Casa de Máquinas de la presa hidroeléctrica de Zimapán se sitúan sobre “Quebrada o valle de ladera de montaña, con lechos en V y materiales heterogéneos, de corriente intermitente” y “Taludes y paredes de valle encañonado, de garganta, de quebrada intermontana”, estos últimos en las laderas adyacentes al Río Moctezuma (Figura 3.3).

3. *Edafología.* Generalmente *Y. queretaroensis* se encuentra asociada a suelos delgados, propios de sitios de origen calizo, pendiente pronunciada y materiales no consolidados. Los sitios de registro de la especie en Bucareli – El Jabalí en el municipio de Pinal de Amoles están completamente asentados sobre litosoles y los de San Francisco Gatos – Los Azogues, en el municipio de San Joaquín, sobre regosoles. En San Juan Tetla – El Apartadero, municipio de San Joaquín y en Rancho Quemado – Culebras, Bajada a Casa de Máquinas de la presa hidroeléctrica de Zimapán, del municipio de Cadereyta y la Barranca Tolimán, la especie se encuentra sobre diversas combinaciones de luvisol crómico, regosol calcárico y rendzinas, además del propio litosol (Figura 3.4).

4. *Clima, isoyetas e isotermas.* La especie se encuentra asociada a climas de régimen “Semicálido subhúmedo con lluvias en verano” (A)C(w1) y (A)C(w0). Las localidades de Bucareli – El Jabalí y San Juan Tetla – El Apartadero presentan este tipo de clima. El Apartadero, además presenta una franja de sitios de registro sobre régimen “Semiseco semicálido con lluvias en verano” BS1hw. En San Francisco Gatos – Los Azogues, y Rancho Quemado – Culebras el régimen “Semiseco semicálido con lluvias en verano” BS1hw es predominante. El sitio que contiene los dos individuos aislados, al Suroeste de la zona de distribución de la especie está situado sobre una franja “Semiseco templado con lluvias en verano” BS1kw, al igual que los sitios registrados cerca de la Casa de Máquinas de la presa hidroeléctrica de Zimapán, lo cual probablemente es un criterio extremo de distribución (Figura 3.5).

Figura 3.3. Geoformas en las que se distribuye *Y. queretaroensis*.

Yucca queretaroensis. Unidades Geomorfológicas de la zona de distribución de la especie



Simbología

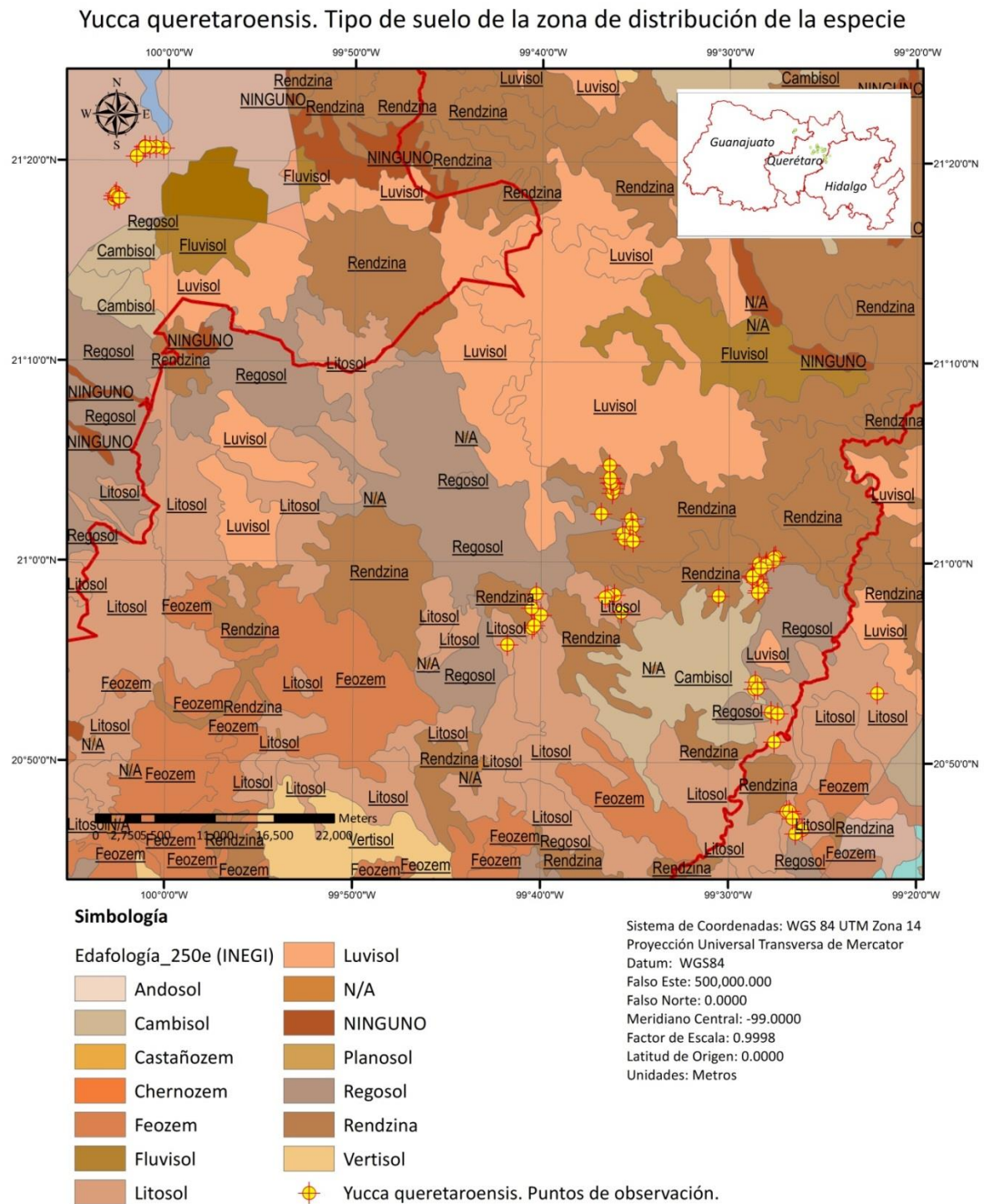
Unidad geomorfológica

- Elevaciones de rocas marinas alternando calizas-lutitas y calizas-margas.
- Laderas montañosas de pliegues recostados de calizas, con alta disección fluvial.
- Quebrada o valle de ladera de montaña, con lechos en V y materiales heterogéneos, de corriente intermitente.
- Valle intermontano con lecho en U, con márgenes inestables de acumulación rápida y régimen permanente.
- Yucca queretaroensis*. Puntos de observación

Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zona 14
 Proyección Universal Transversa de Mercator
 Datum: WGS84
 Falso Este: 500,000.000
 Falso Norte: 0.0000
 Meridiano Central: -99.0000
 Factor de Escala: 0.9998
 Latitud de Origen: 0.0000
 Unidades: Metros

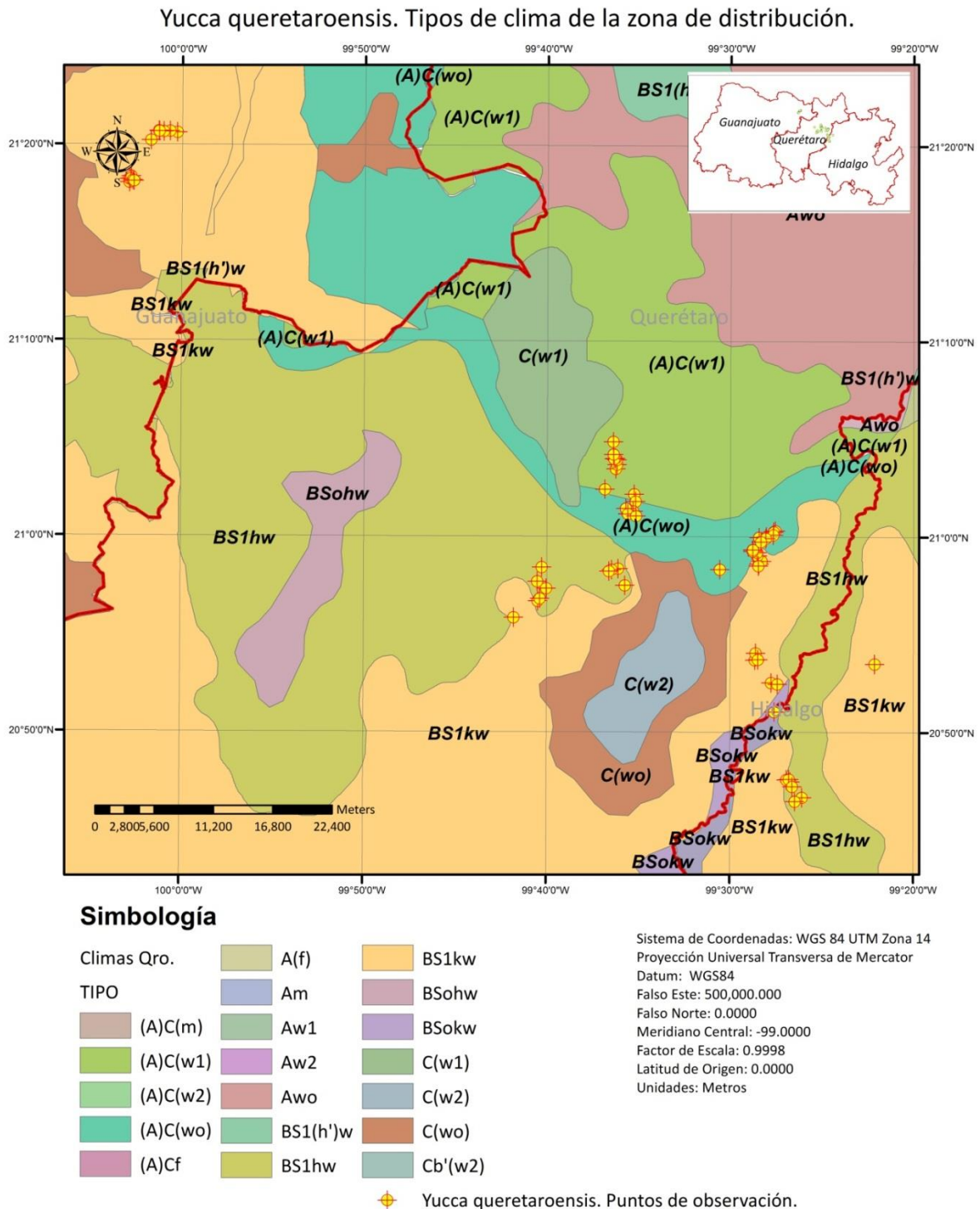
Fuente:
 Cobertura de Unidades Geomorfológicas, 1:50,000, Gobierno del Estado de Querétaro.
 Puntos de observación de *Yucca queretaroensis*: Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Figura 3.4. Tipos de suelo en los que se distribuye *Y. queretaroensis*.



Fuente:
 Carta Edafológica 1:250,000, Instituto Nacional de Geografía y Estadística.
 Puntos de observación de *Yucca queretaroensis*: Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Figura 3.5. Tipos de clima en los que se distribuye *Y. queretaroensis*.



Fuente:
Carta de Climas, Gobierno del Estado de Querétaro, 2002.
Puntos de observación de *Yucca queretaroensis*: Jardín Botánico
Regional de Cadereyta.

La cobertura de isoyetas (GEQ, 2002b) muestra que los sitios de distribución de la especie dentro de esta entidad tienen un rango de distribución desde la franja de 650-700 mm de precipitación media acumulada anual, hasta 1000-1050 mm. La mayor concentración de sitios registrados ocurre en la franja de 950 a 1000 mm (Figura 3.6). La cobertura de isotermas (GEQ, 2002b) muestra que los sitios de distribución de la especie dentro de esta entidad tienen un rango de distribución desde la franja de 14-15°C de temperatura media anual, hasta 17-18°C. La mayor concentración de sitios registrados ocurre en los rangos de 15 a 17°C. (Figura 3.7).

5. *Uso de Suelo y Vegetación.* La cartografía usada (GEQ, 2008 y Rzedowski, 1990) para llevar a cabo la superposición de los sitios de distribución de la especie, difiere en su terminología y escala. De este modo, la vegetación denominada como matorral inerme y subinerme usada por el Gobierno del Estado de Querétaro (2008), pertenecen al matorral xerófilo usado por Rzedowski (1990). La vegetación de matorral submontano (Zamudio *et al.*, 1992), es equivalente al matorral subinerme usado por el Gobierno del Estado de Querétaro (2008).

De acuerdo con la sobreposición efectuada con la Cobertura de Uso de Suelo y Vegetación (GEQ, 2008) la mayoría de los sitios de distribución de *Y. queretaroensis* ocurren en lugares con predominio de matorrales inerme y subinerme (matorral submontano) siendo más abundante en este último. Una excepción tiene lugar en la localidad cerca de la Casa de Máquinas de la presa hidroeléctrica de Zimapán, donde un sitio fue registrado dentro de un manchón de bosque de pino perturbado, muy cerca de la zona ocupada por matorral inerme. Dada la escala del mapa, también es posible observar algunos sitios de distribución dentro de zonas catalogadas como agricultura de temporal en las localidades Bucareli – El Jabalí y San Juan Tetla – El Apartadero. En este último lugar también se localizan algunos sitios de ocurrencia de la especie en un manchón de bosque de encino colindante con el matorral subinerme (Figura 3.8a). De acuerdo con la superposición efectuada con la cobertura de vegetación potencial de México (Rzedowski, 1990), la cual presenta una escala 1:4'000,000, la mayoría de los sitios de distribución de *Y. queretaroensis* se encuentran en matorral xerófilo, ubicándose algunos de ellos en los límites de la vegetación de bosque de coníferas y encinos (Figura 3.8b).

Figura 3.6. Isoyetas en las que se distribuye *Y. queretaroensis*.

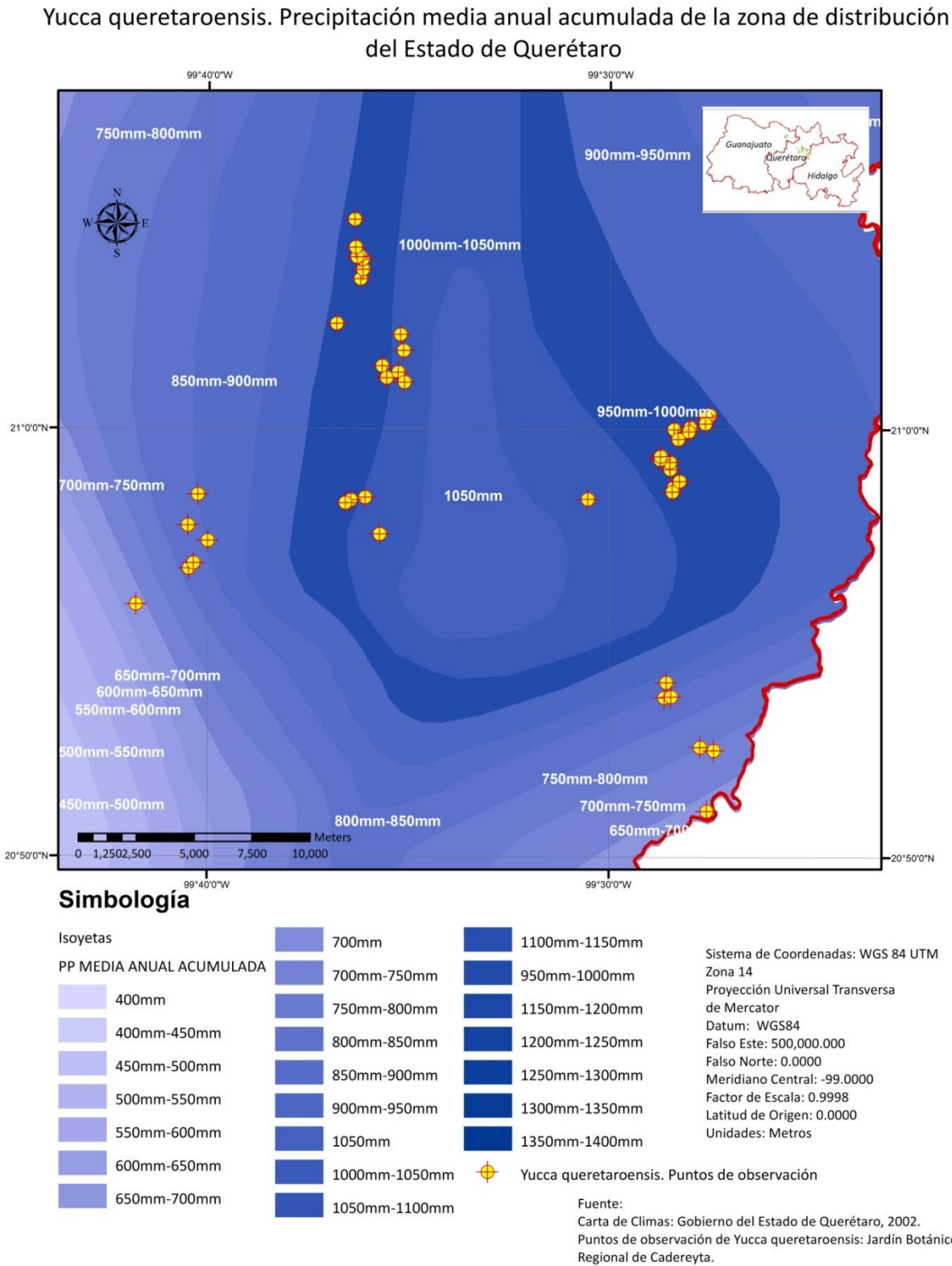


Figura 3.7. Isotermas en las que se distribuye *Y. queretaroensis*.

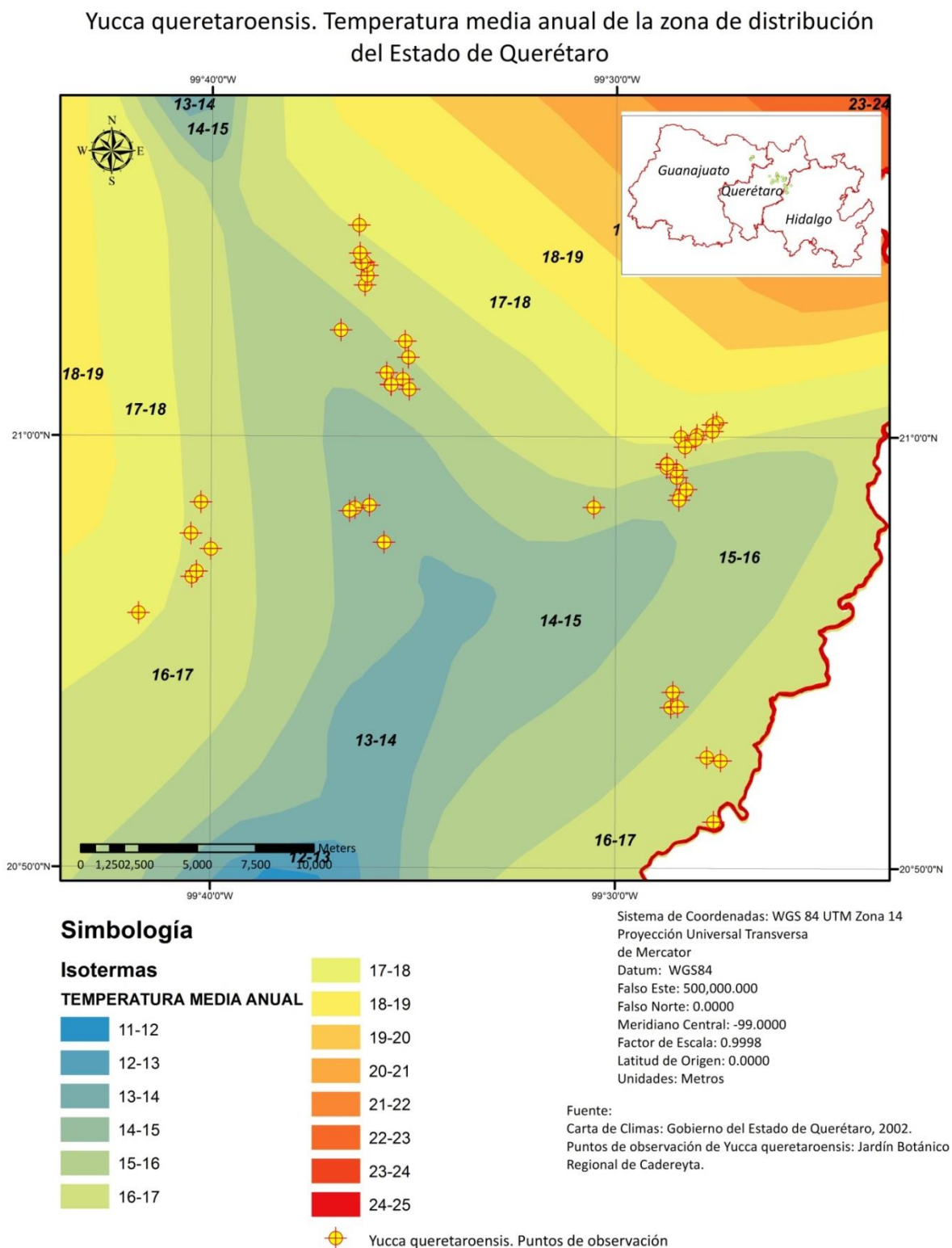
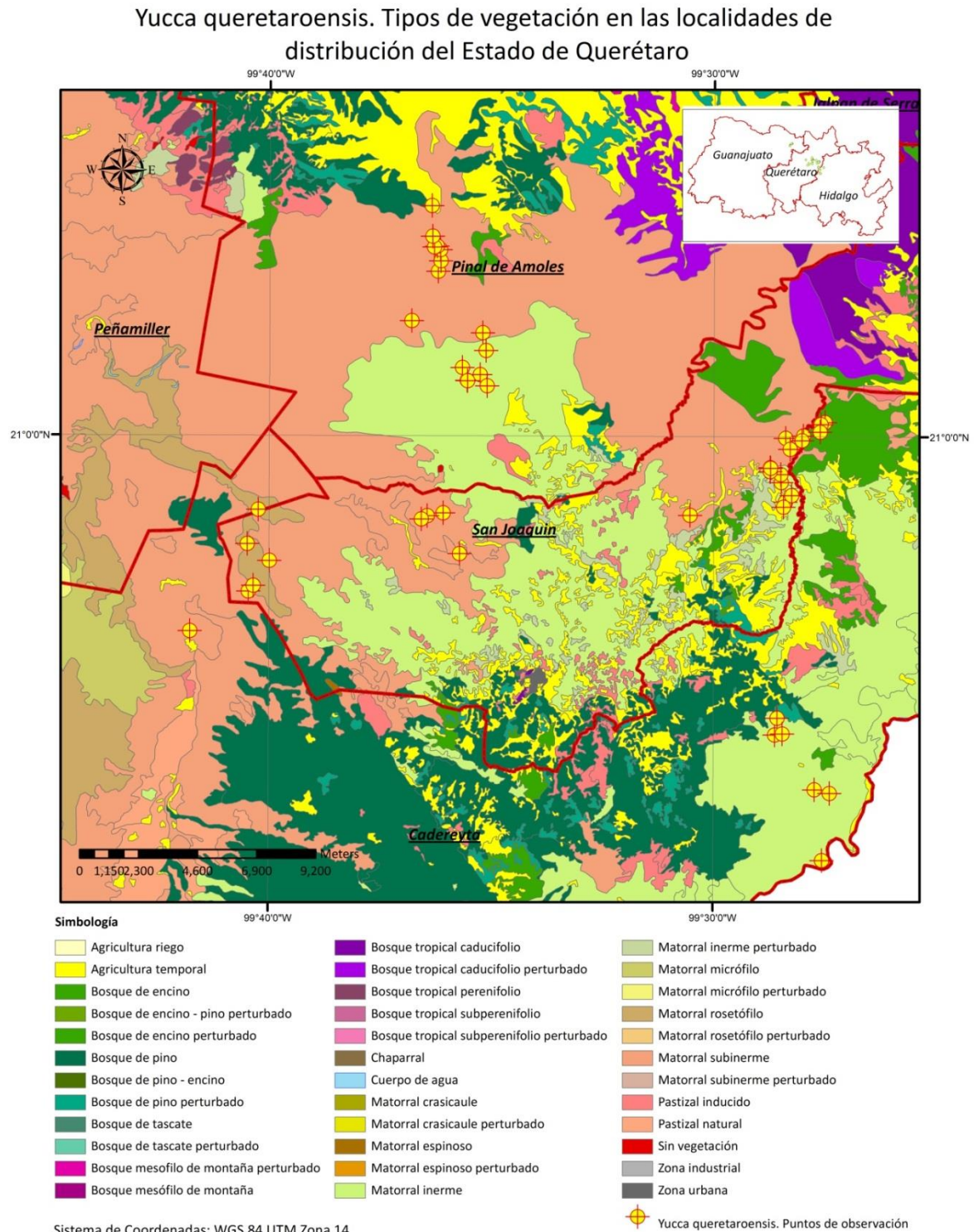


Figura 3.8a. Tipos de vegetación en las que se distribuye *Y. queretaroensis* (Gobierno del estado de Querétaro, 2008).



Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zona 14

Proyección Universal Transversa de Mercator

Datum: WGS84. Falso Este: 500,000.000. Falso Norte: 0.0000

Meridiano Central: -99.0000. Factor de Escala: 0.9998.

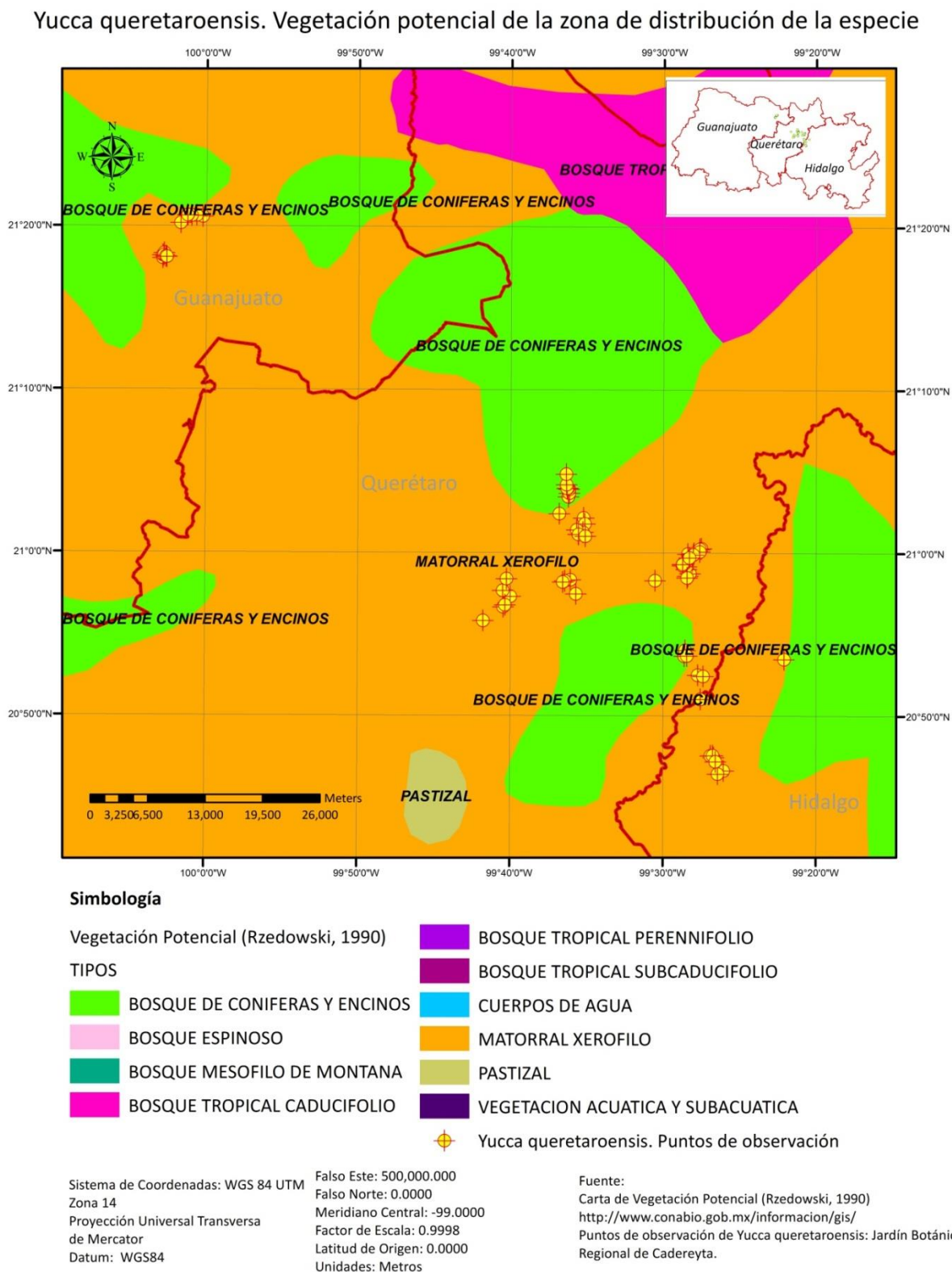
Latitud de Origen: 0.0000. Unidades: Metros

Fuente:

Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1:50,000. 2008. Gobierno del Estado de Querétaro.

Puntos de observación de *Yucca queretaroensis*: Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Figura 3.8b. Tipos de vegetación en las que se distribuye *Y. queretaroensis* (Rzedowski, 1990).



Análisis estadístico. El Análisis de Componentes Principales (ACP) de las 10 variables analizadas muestra que existen cinco de estas que presentan un efecto significativamente estadístico en relación con los sitios evaluados (cuadro 3.2). Estas características son: para el componente 1 las isoyetas (0.86) y la edad de la roca (0.63) y para el componente 2 la altitud (0.82), el tipo de suelo (0.66) y el tipo de clima (0.62). Así pues, de acuerdo al presente análisis, es probable que la precipitación (isoyetas), la edad de la roca, el tipo de suelo y el clima sean los factores ambientales que están jugando un papel más determinante en la distribución de la especie.

Cuadro 3.2. Análisis de Componentes Principales de los factores ambientales analizados.

Variables	CP1	CP2
ALT_MSNM	-0.17	0.82
GEOL_TIPO_ROCA	-0.69	-0.09
GEOL_EDAD_ROCA	0.63	-0.14
UNID_GEOM	-0.28	-0.55
SUELO_TIPO	-0.48	0.66
CLIMA_TIPO	-0.39	0.62
ISOYETAS	0.86	0.23
ISOTERMAS (°C)	-0.64	-0.56
VEGETACIÓN_TIPO	0.00	0.00
ORIENTACIÓN	0.06	0.04

Con respecto del análisis de estadística descriptiva, se obtuvieron los valores de moda, que representan aquellos mayormente representados en los sitios de colecta (Cuadro 3.3). Se observa que la *Y. queretaroensis* se distribuye principalmente altitudes de 1300-1400 msnm, roca de tipo caliza-lutita del mesozoico, en la unidad geomorfológica denominada “elevaciones de rocas marinas alternando calizas-lutitas y calizas-margas”, en suelo de tipo litosol, con clima Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, en zonas con precipitación promedio anual de 900-1000 mm y temperatura media anual de 16-17 °C, siempre asociada a vegetación de matorral submontano y frecuentemente en localidades orientadas al N.

Cuadro 3.3. Resultados de los análisis de estadística descriptiva.

Variable	Moda	Porcentaje	Valor
Altitud	5	21.2%	1300-1400 msnm
Tipo de Roca	2	74.2%	Caliza-Lutita
Edad de Roca	2	90.9%	Mesozoico
Unidad Geomorfológica	1	31.8%	Elevaciones de rocas marinas alternando calizas-lutitas y calizas-margas.
Tipo de Suelo	1	68.2%	Litosol
Tipo de Clima	2	24.2%	(A)C(wo)
Isoyetas	5	42.4%	900-1000
Isotermas	3	30.3%	16-17
Tipo de Vegetación	1	100%	Matorral Submontano
Orientación	2	22.7%	N

IV. Discusión.

Se observa que *Y. queretaroensis* tiene afinidad natural con las pendientes pronunciadas, fuertemente disectadas, y se distribuye en un rango altitudinal de 911-1754 msnm. Han sido avistados individuos que podrían estar a una elevación superior a los 2000 msnm. Sin embargo, el rango promedio que concentra a la mayoría de individuos, se sitúa entre 1000 y 1340 msnm. La Carta Geológica 1:250,000 (INEGI, 1985a), permite observar que la mayoría de los sitios de distribución de

la especie están asociados a roca Caliza o Caliza-Lutita. Pocos individuos fueron vistos en sitios fuera de ese tipo de roca, y están situados en pequeñas distribuciones de otro tipo de roca –conglomerados, skarn- que están inmersas en las calizas. Cronoestratigráficamente, la mayoría de las zonas de distribución están fechadas en el Jurásico Superior, seguidas por sitios datados tanto del Cretácico Inferior como Superior. Geomorfológicamente, la especie se distribuye mayoritariamente en pendientes pronunciadas en forma de valle intermontano con lecho en U, con márgenes inestables de acumulación rápida y régimen permanente, así como en elevaciones de rocas marinas alternando calizas-lutitas y calizas-margas.

El suelo de las zonas en donde crece *Y. queretaroensis* es superficial, lo cual es congruente con las escarpadas laderas y pendientes en donde se establece. Una gran parte de las poblaciones encontradas se encuentran viviendo en litosoles asociados a rendzinas, luvisoles asociados a rendzinas, regosol asociados a rendzinas, con texturas medias y raramente finas (luvisoles). Unos pocos individuos se encontraron directamente sobre rendzinas (bajada a la casa de máquinas de Zimapán). En relación a los tipos de clima, el análisis se llevó a cabo para los individuos que se distribuyen en el Estado de Querétaro. La mayor parte de los mismos se localiza dentro del régimen “semicálido subhúmedo con lluvias en verano”, (A)C(w1) y (A)C(w0). Varios registros también ocurren dentro del clima “semisecos semicalidos con lluvias de verano”, BS1hw. El extremo en cuanto a tipo de clima parece estar representado por los “semisecos templados con lluvias de verano”, BS1kw, en donde se encuentra la localidad de la Bajada a Casa de Máquinas de la P. H. Zimapán, extremo Oriental de la distribución de la especie en el Estado de Querétaro. Esta localidad cuenta también con los valores inferiores de precipitación media anual (mm) de la especie, entre 700 y 900. Rancho Quemado –Culebras tiene también valores relativamente bajos de precipitación media anual, respecto al resto de las localidades, que se distribuyen en las isolíneas de 900 a 1050 mm promedio de precipitación acumulada anual. En cuanto a isotermas, los sitios de distribución de la especie dentro de esta entidad tienen un rango de distribución desde la franja de 14-15°C de temperatura media anual, hasta 17-18°C. La mayor concentración de sitios registrados ocurre en los rangos de 15 a 17°C.

La sobreposición de los tipos de vegetación con los puntos de distribución de *Y. queretaroensis* muestra que la especie se encuentra frecuentemente en matorral inerme y subinerme (matorral submontano) siendo más abundante en este último (GEQ, 2008). Se encuentran algunas excepciones, como un sitio fue registrado dentro de un manchón de bosque de pino perturbado, muy cerca de la zona ocupada por matorral inerme, al Oriente del Estado de Querétaro (Bajada a Casa de Máquinas de la P. H. Zimapán y extremo Oriente de la localidad San Juan Tetla – El Apartadero), y algunos sitios de distribución dentro de zonas catalogadas como agricultura de temporal en las localidades Bucareli – El Jabalí y San Juan Tetla – El Apartadero. Con respecto a la superposición de los sitios de distribución de *Y. queretaroensis* con la vegetación potencial de México (Rzedowski, 1990), la mayoría de los puntos se ubican en lo que se denomina como matorral xerófilo y unos pocos sitios en los bordes de los polígonos de bosques de coníferas y encinos. En ambas superposiciones el tipo de vegetación que se muestra difiere en varios sitios con lo observado en campo, probablemente debido a las escalas usadas; no se encontró ninguna población en tierras de cultivo y el punto que se registra como bosque de pino perturbado se encuentra en una transición entre el matorral submontano y bosque de encino, tampoco se observaron poblaciones *Y.*

queretaroensis en bosques de coníferas y encinos. Por lo que, la información recabada en campo y sistematizada para el presente proyecto, resulta más útil e indica que existe una clara afinidad de distribución de *Y. queretaroensis* en matorral submontano; probablemente encontrando sus límites de distribución hacia los bosques templados.

Aunque el conocimiento sobre los factores asociados a la distribución de la especie, a escala macro, ha avanzado considerablemente con los resultados del presente estudio, cabe mencionar que existen varias limitantes para conocer detallada y precisamente los factores que determinan la distribución de *Y. queretaroensis*. Uno de ellos es la información cartográfica disponible, que no se encuentra a una escala adecuada para este tipo de estudios y tampoco se encuentra disponible para toda la zona de estudio. Tal es el caso de la información sobre las unidades geomorfológicas, que fue generada únicamente para el estado de Querétaro, y que en caso de existir para los estados de Hidalgo y Guanajuato, probablemente permitiría establecer asociaciones más claras de distribución. También cabe mencionar que los análisis de estadística descriptiva presentan un sesgo relacionado con el número de puntos registrados, que para algunas de las zonas fue mayor, arrojando en el análisis asociación a cierto intervalo de factores, que podría ser distinto en la realidad. Un ejemplo de este sesgo se observa en los resultados de los datos de clima, que indican que *Y. queretaroensis* se asocia mayormente a clima de tipo Semicálido subhúmedo, debido a que se registraron mayor número de puntos en este tipo de clima, sin embargo, se observó a la especie asociada principalmente a clima de tipo semiseco. Es necesario, explorar otro tipo de análisis estadísticos a llevar a cabo de acuerdo al tipo de datos que se tienen.

V. Conclusiones

- La especie muestra una clara afinidad con dos tipos principales de roca: Caliza-Lutita y Caliza.
- *Y. queretaroensis* se asocia principalmente a rocas del Jurásico Superior.
- *Y. queretaroensis* se distribuye mayormente en un rango altitudinal de 1000 y 1340 msnm.
- *Y. queretaroensis* muestra una marcada preferencia por las pendientes pronunciadas, en zonas de relieve marcadamente inclinado y disectado.
- Mayormente se asocia a la geoforma denominada “Valle intermontano con lecho en U, con márgenes inestables de acumulación rápida y régimen permanente”.
- Generalmente *Y. queretaroensis* se encuentra asociada a climas de régimen “Semiseco semicálido con lluvias en verano” BS1hw.
- La especie generalmente se asocia a sitios con precipitación entre 950 a 1000 mm.
- La especie generalmente se asocia a sitios con temperatura entre 15 a 17°C.
- *Y. queretaroensis* se asocia claramente a vegetación de matorral submontano.
- La mayor concentración de sitios registrados ocurre en los rangos de *Y. queretaroensis* ocurren en lugares con predominio de matorrales inerme y subinerme (matorral submontano)

- El ACP mostró que los factores con mayor influencia en la distribución de la especie son la precipitación (isoyetas), la edad de la roca, el tipo de suelo y el clima.
- Con todo lo anterior, se concluye que *Y. queretaroensis* presenta especificidad de hábitat a nivel “macro” o geográfico.

VI. Literatura citada.

- ESRI. 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- GEQ. 2002a. Gobierno del Estado de Querétaro. Unidades Geomorfológicas. Escala 1:50,000. Cobertura digital.
- GEQ. 2002b. Gobierno del Estado de Querétaro. Carta de Climas (Tipos de clima, isoyetas e isotermas). Escala 1:250,000. Cobertura digital.
- GEQ. 2008. Gobierno del Estado de Querétaro (GEQ). 2008. Carta de Uso de Suelo y Vegetación, 1:50,000. Cobertura digital.
- INEGI. 1985a. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales Escala 1:250,000 Serie I, Continuo Nacional.
- INEGI. 1985b. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Conjunto de Datos Edafológicos Vectoriales Escala 1:250,000 Serie I, Continuo Nacional.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación Potencial IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Zamudio, S., J. Rzedowski, E. Carranza y G. Calderón. 1992. La vegetación en el Estado de Querétaro. Talleres gráficos del Gobierno del Estado de Querétaro. México. 92 pp.

Objetivo 4

Documentar el rango de distribución real y potencial de la especie en México (Etapa 1). Actualizar los mapas de distribución real y potencial de la especie en México con base en la información compilada en campo (Etapa 2).

Producto.

Sitios de distribución de la especie.

I. Introducción.

Desde la primera etapa del proyecto, se empezó a recopilar información de la distribución *Y. queretaroensis*. Durante las salidas de campo exploratorias se registraron aproximadamente el 50% de los sitios de presencia de la especie y los registros subsecuentes fueron recopilados durante el desarrollo del proyecto. Con la información de la distribución real de la especie se generaron modelos de distribución potencial, con dos algoritmos diferentes: GARP y MAXENT. La evaluación de los modelos generados permitió seleccionar el más apegado a las características biológicas de la especie y es el que se presenta en este informe. En este informe se presenta el mapa de distribución real con todos los puntos de registro recopilados a lo largo del proyecto y el modelo de distribución potencial seleccionado.

II. Métodos.

Se llevaron a cabo salidas exploratorias hacia localidades registradas en la bibliografía y en las etiquetas de los ejemplares de herbario revisados; también se exploraron sitios con características ecológicas similares a aquellas de las localidades en las que se ha registrado la especie, para verificar su presencia o ausencia. En cada salida de campo se registraron las coordenadas geográficas. Se construyó una matriz de datos con los registros de sitios de distribución obtenidos en todas las exploraciones de campo y se elaboró un mapa de la distribución real de *Y. queretaroensis* en México.

En referencia a los modelos de distribución potencial generados en la primera etapa del proyecto, se eligió el modelo elaborado con el algoritmo Máxima Entropía (MAXENT; Phillips *et al.*, 2004) para ubicar y verificar *in situ* algunas de las localidades potenciales de distribución. Se verificaron localidades ubicadas hacia el límite Sureste en el estado de Hidalgo. Se proporcionaron los archivos actualizados de la distribución real de *Y. queretaroensis* al Jefe de Departamento de Análisis Espacial de la Subdirección de Sistemas de Información Geográfica de la CONABIO para afinar el modelo de distribución potencial usando el algoritmo MAXENT. A partir de una base de datos con las coordenadas geográficas de 110 puntos de registro de *Y. queretaroensis*, se elaboró un dato geoespacial de puntos en formato *shapefile*. Las variables ambientales incluidas en el modelo son: 1) temperatura media anual; 2) rango promedio de temperatura diurna; 3) temperatura máxima de los meses más calientes; 4) temperatura mínima de los meses más fríos; 5) precipitación anual, precipitación de los meses más húmedos; 6) precipitación de los meses más secos; 7) orientación del terreno en grados; 8) pendiente del terreno en porcentaje; 9) altitud en metros sobre el nivel del mar; 10) rocas y sistema de topografías a escala 1:1,000 000. Todos los datos espaciales fueron trabajados en coordenadas geográficas, con *datum* y esferoide WGS84. Para la obtención del modelo, los datos geoespaciales se incorporaron al programa *MaxEnt*, siguiendo los

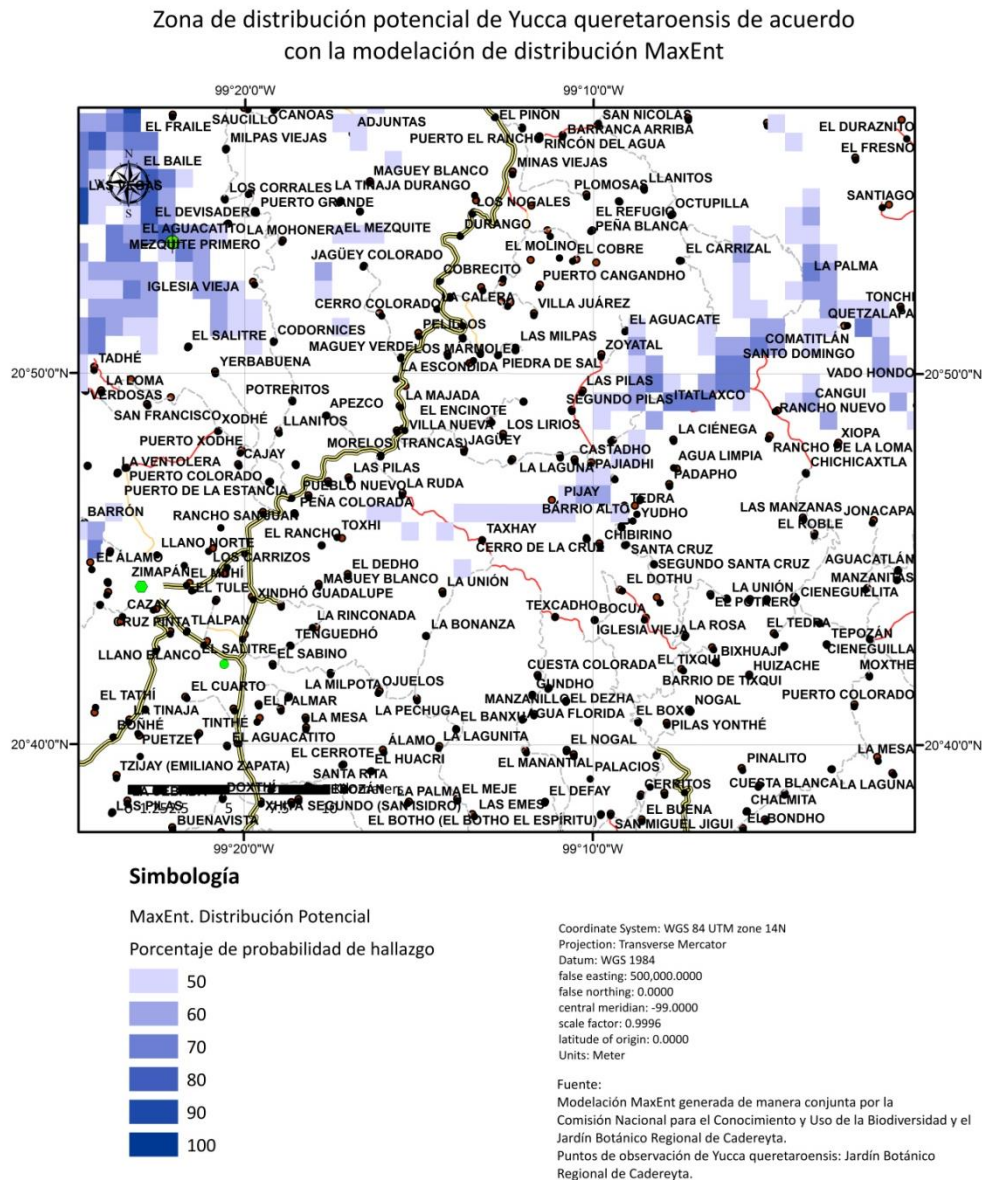
lineamientos que marca el programa para la generación de los modelos. Los parámetros de modelación fueron los siguientes: formato de salida, logística; tipo de archivo de salida, ASCII raster; crear curvas de respuesta; realizar *Jackknife* para medir la importancia de las variables; número máximo de puntos de respaldo, 1000; número de réplicas, 100; tipo de replicación, Validación cruzada; no hacer clamping; número máximo de interacciones, 1000; y umbral de convergencia, 0.00001. Al final de la modelación se obtuvo un modelo con el valor promedio de la probabilidad de las 100 réplicas solicitadas. Este modelo fue importado al programa ArcMap 10.0 para convertirlo de formato ASCII raster a formato GRID de ArcInfo. Posteriormente, se recortó el modelo con los límites de las provincias fisiográficas Sierra Madre Oriental y Mesa del Centro: éste fue clasificado y convertido a formato vectorial de polígonos, formándose polígonos de acuerdo al valor porcentual de cada clase, quedando de esta manera un dato geoespacial con categorías porcentuales. Se seleccionaron los píxeles con valores de probabilidad iguales o mayores al 40% y se generó el dato geoespacial final que representa el área de distribución potencial de *Y. queretaroensis*.

III. Resultados

A través de las salidas de campo exploratorios se registraron 110 puntos de distribución de *Y. queretaroensis* en tres estados y seis municipios (Anexo 6). La distribución real de la especie abarca los estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo en un sentido Noroeste-Sureste. Los sitios registrados no se distribuyen de forma continua, sino en dos fragmentos. El fragmento con menor número de registros se ubica en el extremo Noroeste, en el municipio de Xichú, Gto. El fragmento más extenso y con mayor número de registros se ubica hacia el Sureste, en los municipios de Cadereyta, Pinal de Amoles y San Joaquín, en el estado de Querétaro y de Zimapán y Pácula en el estado de Hidalgo.

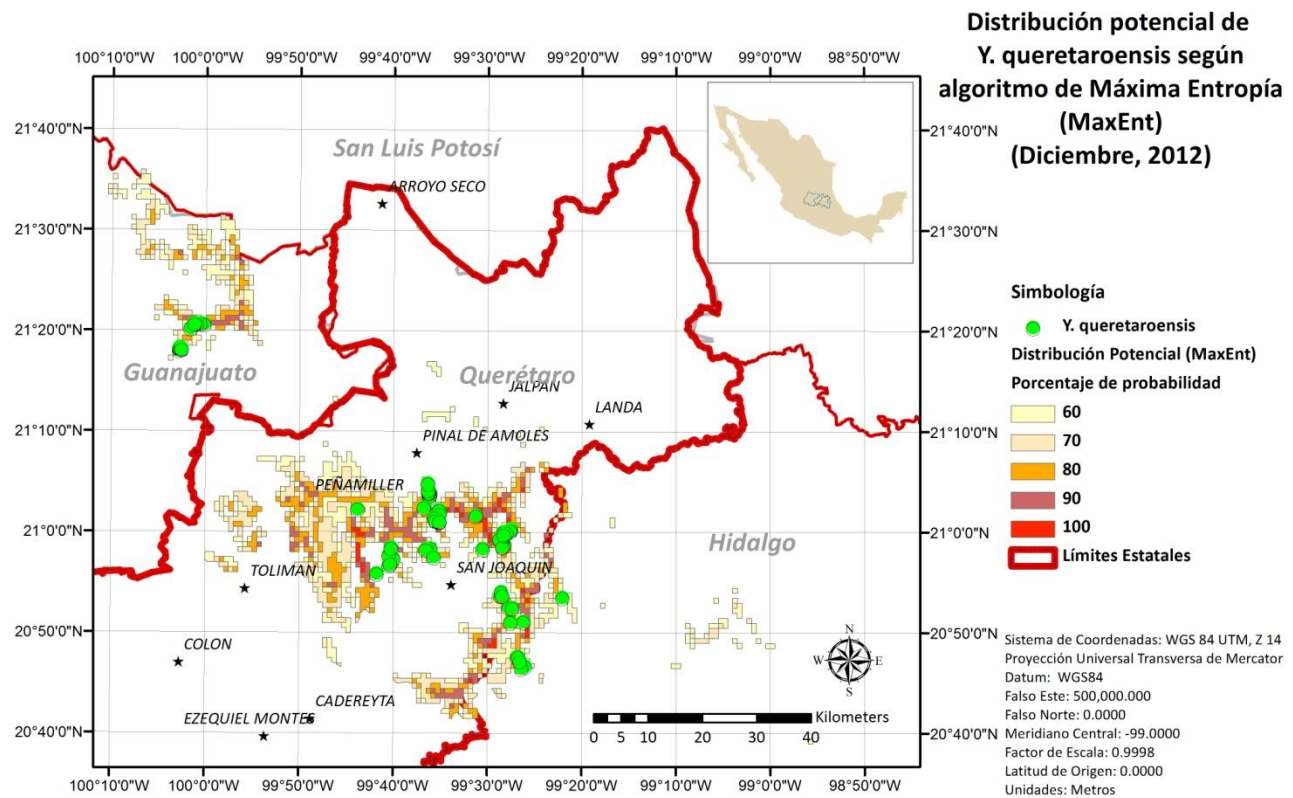
Con base en el modelo de distribución potencial con el algoritmo MAXENT (Ocaña *et al.*, 2012) elaborado y presentado en la primera etapa del proyecto y también con información cartográfica de carreteras, localidades y topografía de los estados de distribución potencial de la especie, se ubicaron sitios para verificar *in situ* la presencia o ausencia de la especie. Los criterios para la selección de sitios a verificar fueron: extremo Sureste de la distribución potencial, porcentaje de probabilidad mayor a 60%, accesibilidad al sitio a través de camino de terracería y topografía. Se verificó la presencia/ausencia de *Y. queretaroensis* en las siguientes localidades y zonas aledañas del estado de Hidalgo: La Ruda en el municipio de Zimapán y Castadho, Itatlaxco y Taxhay en el municipio de Nicolás Flores (Figura 4.1). En ninguno de los sitios verificados se observó la presencia de la especie.

Figura 4.1. Distribución potencial de *Y. queretaroensis* en el extremo Sureste (Estado de Hidalgo). Los pixeles en diferentes tonos muestran los porcentajes de probabilidad de distribución del modelo con el algoritmo MAXENT.



Con la información actualizada de la distribución real de la especie (110 puntos de registro) se afinó el modelo de distribución potencial de *Y. queretaroensis* con el algoritmo MAXENT (Figura 4.2). El modelo de distribución potencial también presenta un rango reducido en relación al territorio total de México y se correlaciona con la ecoregión conocida como Semidesierto Queretano-Hidalgense. La distribución real de la especie, de forma general, coincide con los pixeles que en el modelo presentan probabilidad de 80-100%. No se observan cambios notables en relación al modelo elaborado con menor número de registros (Ocaña *et al.*, 2012), únicamente la presencia de pixeles dispersos con baja probabilidad de distribución en el estado de San Luis Potosí y en el estado de Hidalgo, más allá de los sitios que se verificaron.

Figura 4.2. Modelo actualizado de distribución potencial de *Y. queretaroensis* con el algoritmo MAXENT. También se muestra la distribución real de la especie (puntos verdes).



IV. Discusión

El presente estudio ha permitido documentar el rango y sitios de distribución de *Y. queretaroensis* de manera sistemática. Los resultados muestran que la especie presenta un rango de distribución restringido, tanto en su distribución real como la distribución potencial a través del modelo MAXENT. A pesar de que existen 110 registros para la especie (Anexo 6), la mayoría de ellos se encuentran agrupados en dos fragmentos. De esta forma, es posible decir que la especie presenta un patrón de distribución real agrupado a diferentes escalas. A escala geográfica, se observan dos grupos o fragmentos de poblaciones locales de la especie, las del extremo Noreste en las localidades de Xichú y Organitos, Gto., separada del fragmento más extenso y con mayor número de poblaciones locales, el cual abarca los municipios de Cadereyta, San Joaquín y Pinal de Amoles en Querétaro y los de Pácula y Zimapán en Hidalgo. En una escala intermedia, se observa la presencia de poblaciones locales separadas entre sí por diferencias en los factores de bióticos y abióticos a los que se asocia. Al nivel de la población, se observa que los individuos se distribuyen también de forma agrupada por su tipo de crecimiento clonal, en colonias o genets con hasta 30 ramets.

En referencia al modelo de distribución potencial con el algoritmo MAXENT, cabe destacar que la verificación *in situ* en los sitios (píxeles) que el modelo mostraba con porcentajes de probabilidad de presencia mayor del 60%, no permitió corroborar o validar dicho modelo. Únicamente se llevó a cabo la verificación *in situ* en el extremo Sureste del modelo, siendo todavía verificable el extremo Noroeste (Guanajuato y San Luis Potosí). Las zonas verificadas en el estado de Hidalgo presentan condiciones parecidas a las zonas de distribución de *Y. queretaroensis* en cuanto a las geoformas que se observan, encontrándose algunas zonas con matorral xerófilo pero con composición florística y fisonómicas distintas a las de distribución real de la especie. En estas zonas se observa la presencia de poblaciones de *Yucca* sp., indicando que las condiciones abióticas permiten la presencia de especies del género.

Una de las posibles razones de la ausencia de *Y. queretaroensis* en las zonas verificadas puede deberse a aspectos relacionados con los insumos del modelo. En México aún no existe toda la información cartográfica deseable a escala menor (Ocaña, com. Pers.), de manera que los modelos elaborados puedan presentar una predicción óptima. Para el modelo elaborado y presentado en este documento, se usaron capas de información cartográfica 1:1000,000, debido a que no existen escalas más finas, por ejemplo para clima o geoformas, sólo por citar algunos ejemplos. Otra de las posibles razones de la ausencia de la especie en las zonas verificadas probablemente tiene relación con aspectos biogeográficos y de la historia evolutiva de la especie.

La distribución de *Y. queretaroensis* se observa relacionada a la región natural denominada “Semidesierto Queretano-Hidalgense”, que es una región relativamente discontinua en el extremo sur del desierto chihuahuense (Hernández-Oria *et al.*, 2007), en la cual existen varias especies de familias propias de la zona –como las Cactaceae– que también tienen distribución restringida y alta especificidad de hábitat, y que han sido catalogadas como altamente vulnerables. Ejemplos de ello son *Echinocereus schmolli* (Hernández *et al.*, 2006) y *Mammillaria herrerae* (Maruri *et al.*, 2012). De acuerdo con esto, podría considerarse a *Y. queretaroensis* como especie rara, de acuerdo con Rabinowitz (1981), cuyos criterios de rareza incluyen precisamente una distribución geográfica restringida, especificidad de hábitat y población de tamaño pequeño.

Cabe mencionar, que el conocimiento sobre los mecanismos de dispersión de semillas y de propágulos de la *Y. queretaroensis*, podría arrojar mayores elementos en la interpretación de los patrones de distribución de la especie. Sin embargo, se trata de un campo poco explorado para el género *Yucca* y del que se tiene total desconocimiento para *Y. queretaroensis*.

V. Conclusiones

- La distribución real de *Y. queretaroensis* es restringida y fragmentada.
- La especie presenta un patrón de distribución real agrupado a diferentes escalas.

- El modelo de distribución potencial con el algoritmo MAXENT, es el que se relaciona mejor con las características biológicas de la especie.
- La distribución potencial a través del modelo MAXENT, presenta un rango de distribución restringido.
- No fue posible corroborar la presencia de la especie en los sitios mostrados en el modelo MAXENT.
- La distribución de *Y. queretaroensis* se observa relacionada a la región natural denominada “Semidesierto Queretano-Hidalgense”.

VI. Literatura citada.

- Hernández, J., R. Chávez y E. Sánchez. 2006. Efecto del disturbio crónico en *Echinocereus schmolli* (Weing.) N. P. Taylor, una Cactácea en peligro de extinción en el Semidesierto Queretano, México. *Zonas Áridas* **10**:59-73.
- Hernández-Oria, J., R. Chávez-Martínez y E. Sánchez-Martínez. 2007. Factores de riesgo en las cactáceas amenazadas de una región semiárida en el sur del desierto chihuahuense, México. *Interciencia* **32**(11): 728-734.
- Maruri, B., E. Sánchez y J. Golubov. 2012. In situ analysis of the current conservation status of *Mammillaria herrerae* Werderm. in the southern Chihuahuan Desert. *Bradleya* **30**:111-126.
- Ocaña, D., F. Magallán, y B. Maruri. 2012. Distribución potencial de *Yucca queretaroensis* mediante el algoritmo de Máxima Entropía, a escala 1:1000000 para México.
- Phillips, S.J., M. Dudik y R.E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning. 655-662.
- Rabinowitz, D. 1981. Seven forms of rarity. In The biological aspects of rare plants conservation. H. Synge (eds.). John Wiley & Sons, New York. p. 205–217.

Objetivo 5

Obtener información de las características y grado de perturbación del hábitat en el que se desarrolla la especie. Complementar los estudios de las características del hábitat de la especie.

Producto.

Tabla de características del hábitat.

I. Introducción.

Como se mencionó en el objetivo 3, la distribución espacial de cualquier especie está determinada por diferentes factores, en diferentes escalas. En el presente estudio, hemos denominado factores “micro” a aquellos asociados a la distribución de la especie a una escala más fina o de microhábitat. En este objetivo (5), se presenta la caracterización del hábitat de *Yucca queretaroensis* a una escala fina, para lo cual se usó el método de las líneas de Canfield (Canfield, 1941) y se analizaron los datos estadísticamente. También se presentan los resultados de los análisis de suelo en tres localidades de estudio. Adicionalmente, se presentan información que relaciona los sitios de distribución de la especie con diversos factores de disturbio del hábitat.

II. Métodos.

Información geográfica sobre los hábitats conservados y perturbados donde se encuentra *Yucca queretaroensis*. Usando el software ArcGIS 10 se efectuó una superposición de los sitios de registro de *Y. queretaroensis* con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1:50,000 (GEQ, 2008), previamente recortada para mostrar solamente aquellos polígonos que representan un estado secundario (perturbado) de los tipos de vegetación. Se registraron los puntos que intersectan con estos polígonos de vegetación secundaria. Adicionalmente, durante las visitas exploratorias en busca de la especie se evaluó de manera cualitativa algunos de los sitios registrados. Los factores de disturbio que se evaluaron cualitativamente fueron: 1. Tránsito humano, 2. Recolección vegetal, 3. Recolección de la especie, 4. Tránsito animal, 5. Incendios forestales y 6. Erosión de suelo.

Caracterización del hábitat. Para caracterizar el hábitat que ocupa *Y. queretaroensis*, se evaluaron los distintos hábitats disponibles para la especie a través del trazo de líneas de Canfield (Canfield, 1941). Se trazaron 3 líneas de 30 m, transversales al transecto de 10 m x 100 m establecido para el monitoreo de las poblaciones, la distribución de las líneas en el transecto dependió de los cuadrantes en los que se encontraba la presencia de la especie. Cada línea fue marcada con ayuda de una cinta métrica y se dividió en tramos con diferentes características de hábitats. Este método se aplicó en tres localidades: 1. Xichú, Xichú, Gto., 2. El Detzaní, Zimapán, Hgo. y 3. Rancho Quemado, Cadereyta, Qro. Para cada tramo de hábitat diferente se midieron las siguientes variables: 1. Orientación, 2. Pendiente (°), 3. Textura del suelo, 4.

Pedregosidad (%), 5. Profundidad del suelo, 6. Cobertura de la vegetación (%) y 7. Forma del terreno; en cada tramo se tomó nota sobre la presencia/ausencia de la especie. La cobertura de la vegetación se estimó cualitativamente. Se llevó a cabo un Análisis Discriminante con el programa Statgraphics Centurion XVI.I (StatPoint Technologies, Inc., 2010), con el objetivo de reconocer las variables que permiten separar a los hábitats con y sin la presencia de *Y. queretaroensis*. Debido a que el análisis sólo acepta información cuantitativa, fue necesario transformar los datos cualitativos de la siguiente forma: La orientación de la ladera (W, NW y NE) se transformó en grados con respecto al Norte, la textura del suelo se transformó en porcentaje de arena con base en la clasificación de la textura del suelo (FAO, 2009). La variable de forma del terreno se eliminó, debido a que, al momento de transformarla, presenta la misma información que la variable de pendiente (°). Se asignó un identificador (ID) a los tramos sin presencia (ID=1) y con presencia (ID=2) de *Yucca queretaroensis*.

Análisis de suelos. Para reconocer si existe una relación entre las características del suelo y la presencia o ausencia de la especie, se llevaron a cabo análisis de suelos en las tres localidades de estudio. En cada localidad, se obtuvieron dos muestras, una de ellas en una zona con presencia de *Y. queretaroensis* y la otra muestra en una zona sin la presencia de la especie, pero dentro del cuadrante de estudio (10m x 100 m). Con la ayuda de piolet y palas se excavó cada zona y se obtuvo aproximadamente 1 K de suelo por muestra, las muestras se depositaron en bolsas de plástico grueso, debidamente etiquetadas. Posteriormente, se llevaron a analizar al laboratorio de suelos y nutrición vegetal de la “Fundación PRODUCE” en Querétaro. Los parámetros estudiados fueron: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), capacidad de campo, punto de marchitez, fósforo aprovechable (como P), cationes intercambiables: Calcio (como Ca), Magnesio (como Mg), potasio (como K) y Sodio (como Na).

III. Resultados.

Información geográfica sobre los hábitats conservados y perturbados donde se encuentra *Yucca queretaroensis*. Los polígonos que representan un estado secundario (perturbado) de vegetación en la zona de distribución de *Y. queretaroensis* son: Bosque de Pino, Matorral Inerme y Selva baja caducifolia (Figura 5.1). La superposición de los sitios de distribución de *Y. queretaroensis* con los polígonos de vegetación secundaria muestran coincidencia en nueve puntos, uno el municipio de Cadereyta, Qro. y ocho en el municipio de Xichú, Gto. (Cuadro 5.1). Únicamente existe un sitio que coincide con Bosque de Pino Perturbado, colindante con matorral inerme, el cual fue obtenido en la zona de descenso a la Casa de Máquinas de la Presa Hidroeléctrica Zimapán, en el municipio Cadereyta. Sin embargo, existe discrepancia entre la información cartográfica y la información obtenida en campo ya que el tipo de vegetación que se observó en este sitio fue una transición entre Matorral Xerófilo Submontano y Bosque de Encino, y puede considerarse como uno de los extremos de distribución de la especie en términos de tipo de vegetación, dado que es el único sitio (observado hasta el momento) que está situado dentro de un bosque.

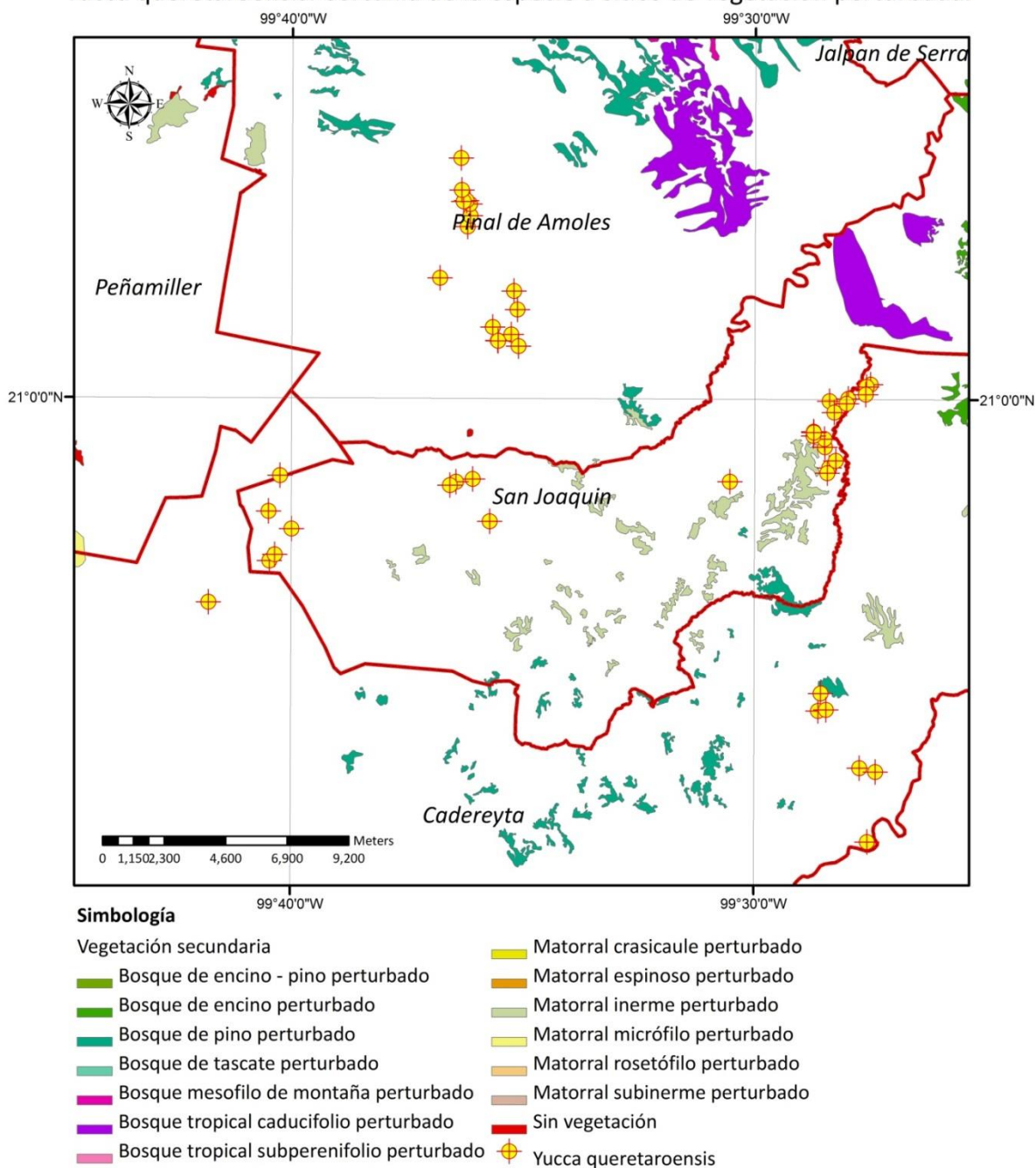
Cuadro 5.1. Registro de *Y. queretaroensis* coincidente con vegetación perturbada.

Municipio	Estado	X (UTM)	Y (UTM)	Vegetación perturbada dentro de la que se asienta.
Cadereyta	Querétaro	450491	2311309	Bosque de pino perturbado, límite con matorral inerte.
Xichú	Guanajuato	391677	2356035	Matorral submontano con vegetación secundaria
Xichú	Guanajuato	391333	2355842	Matorral submontano con vegetación secundaria
Xichú	Guanajuato	391788	2355977	Matorral submontano con vegetación secundaria
Xichú	Guanajuato	393390	2359828	Matorral submontano con vegetación secundaria
Xichú	Guanajuato	394176	2360673	Matorral submontano con vegetación secundaria
Xichú	Guanajuato	394142	2360712	Matorral submontano con vegetación secundaria
Xichú	Guanajuato	394610	2360632	Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.
Xichú	Guanajuato	395881	2360554	Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.

1. *Tránsito humano.* Cuya evidencia se registró con la observación de veredas y senderos presentes en los sitios donde se distribuye la especie. A pesar que *Y. queretaroensis* tiende a vivir en laderas sumamente empinadas, en diversos sitios es claro que los habitantes de la zona transitan con frecuencia por esos lugares. Se observaron hábitats perturbados por tránsito humano en: 1. Xichú, Xichú, Guanajuato, 2. Los alrededores de la zona minera en el extremo de la Barranca Tolimán, Zimapán, Hidalgo, 3. Bucareli, Pinal de Amoles, Querétaro y 4. El Apartadero, San Joaquín, Querétaro (Figura 5.2).
2. *Recolección vegetal.* Esta fue documentada cuando se observaron signos de corte de leña o recolección manual de plantas. Se observaron hábitats perturbados por recolección vegetal en: 1. Cerca de la bajada a la Casa de Máquinas de la presa hidroeléctrica Zimapán, Cadereyta de Montes, Querétaro y 2. En los alrededores del poblado de San Juan Tetla, San Joaquín, Querétaro (Figura 5.3).
3. *Recolección de la especie.* Las evaluaciones cualitativas durante las salidas exploratorias no permitieron reconocer hábitats perturbados por la remoción de plantas completas adultas. Históricamente, las hojas de *Y. queretaroensis* fueron empleadas como material de construcción para casas y techos, pero actualmente han caído en desuso. Sin embargo, un uso tradicional que parece continuar, es el consumo de las flores para guisos, encontrándose un único registro por este tipo de perturbación en el camino que discurre entre los poblados de San Francisco Gatos y Los Azogues, San Joaquín, Querétaro (Figura 5.4).
4. *Tránsito animal.* La evidencia se documentó con la presencia de veredas para ganado, observación de ramoneo de plantas y presencia de excretas. Indudablemente, éste es el factor de disturbio más frecuente en las localidades de distribución de la especie. Sin embargo, las localidades en las que fue posible documentar de manera cualitativa este tipo de disturbio fueron: 1. La bajada a la Casa de Máquinas de la presa hidroeléctrica Zimapán, Cadereyta de Montes, Querétaro, 2. Bucareli, Pinal de Amoles, Querétaro y 3. El Apartadero, San Joaquín, Querétaro (Figura 5.5).
5. *Incendios forestales.* Rastros de fuego como troncos y suelo ahumados, así como el testimonio de los habitantes de la zona, permitieron el registro de eventos de fuego como agente de disturbio en dos localidades: 1. San Juan Tetla, San Joaquín, Querétaro y 2. San Francisco Gatos, San Joaquín, Querétaro (Figura 5.6).
6. *Erosión de suelo.* Las fuertes pendientes y los suelos delgados propios de las zonas de distribución de la especie son factores que favorecen la erosión del suelo, situación que la cobertura vegetal limita en gran manera. No obstante, la combinación de este factor con otros potencialmente dañinos, como el tránsito humano y animal de la zona, o la remoción de la cobertura vegetal, podrían derivar en el incremento de la degradación de la zona. Se observaron hábitats con perturbación por erosión de suelo en: 1. Rancho Quemado, Cadereyta, Querétaro, 2. Arroyo Culebras, Cadereyta, Querétaro y 3. San Francisco Gatos, San Joaquín, Querétaro (Figura 5.7).

Figura 5.1. Cercanía de los sitios de distribución de *Y. queretaroensis* a polígonos de vegetación perturbada. Solamente se presentan los sitios conocidos dentro del Estado de Querétaro.

Yucca queretaroensis. Cercanía de la especie a sitios de vegetación perturbada.

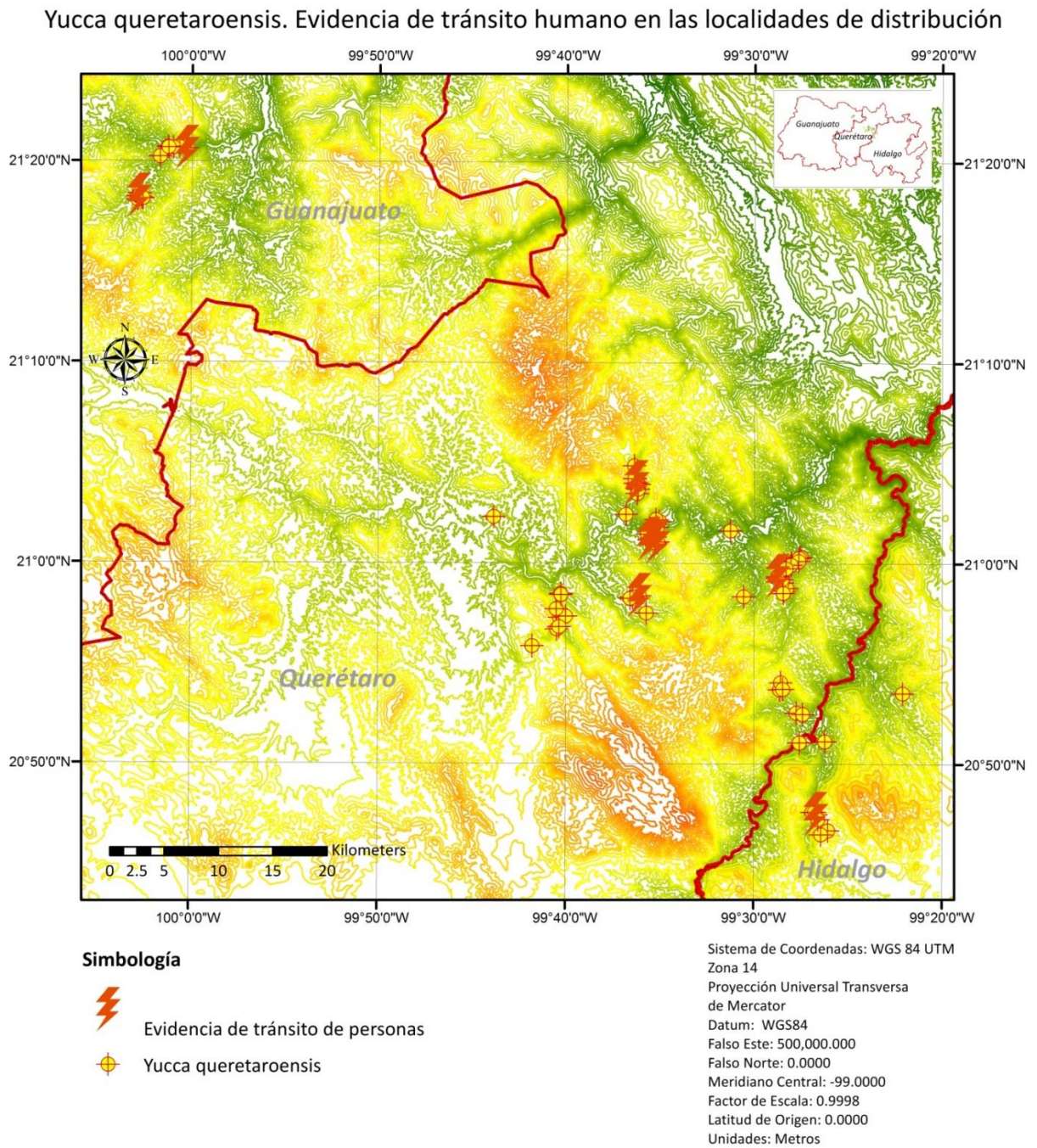


Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM
 Zona 14
 Proyección Universal Transversa de Mercator
 Datum: WGS84
 Falso Este: 500,000.000
 Falso Norte: 0.0000
 Meridiano Central: -99.0000
 Factor de Escala: 0.9998
 Latitud de Origen: 0.0000
 Unidades: Metros

Fuente:
 Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1:50,000. 2008. Gobierno del Estado de Querétaro.
 Puntos de observación de *Yucca queretaroensis* y de factores de disturbio: Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

La evaluación cualitativa de los factores de disturbio se llevó a cabo en 17 (26.5%) sitios de registro de la especie, observando lo siguiente:

Figura 5.2. Hábitats de *Y. queretaroensis* perturbados por tránsito humano.



Fuente:
 Puntos de observación de *Yucca queretaroensis* y de factores de disturbio: Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Figura 5.3. Hábitats de *Y. queretaroensis* perturbados por recolección vegetal.

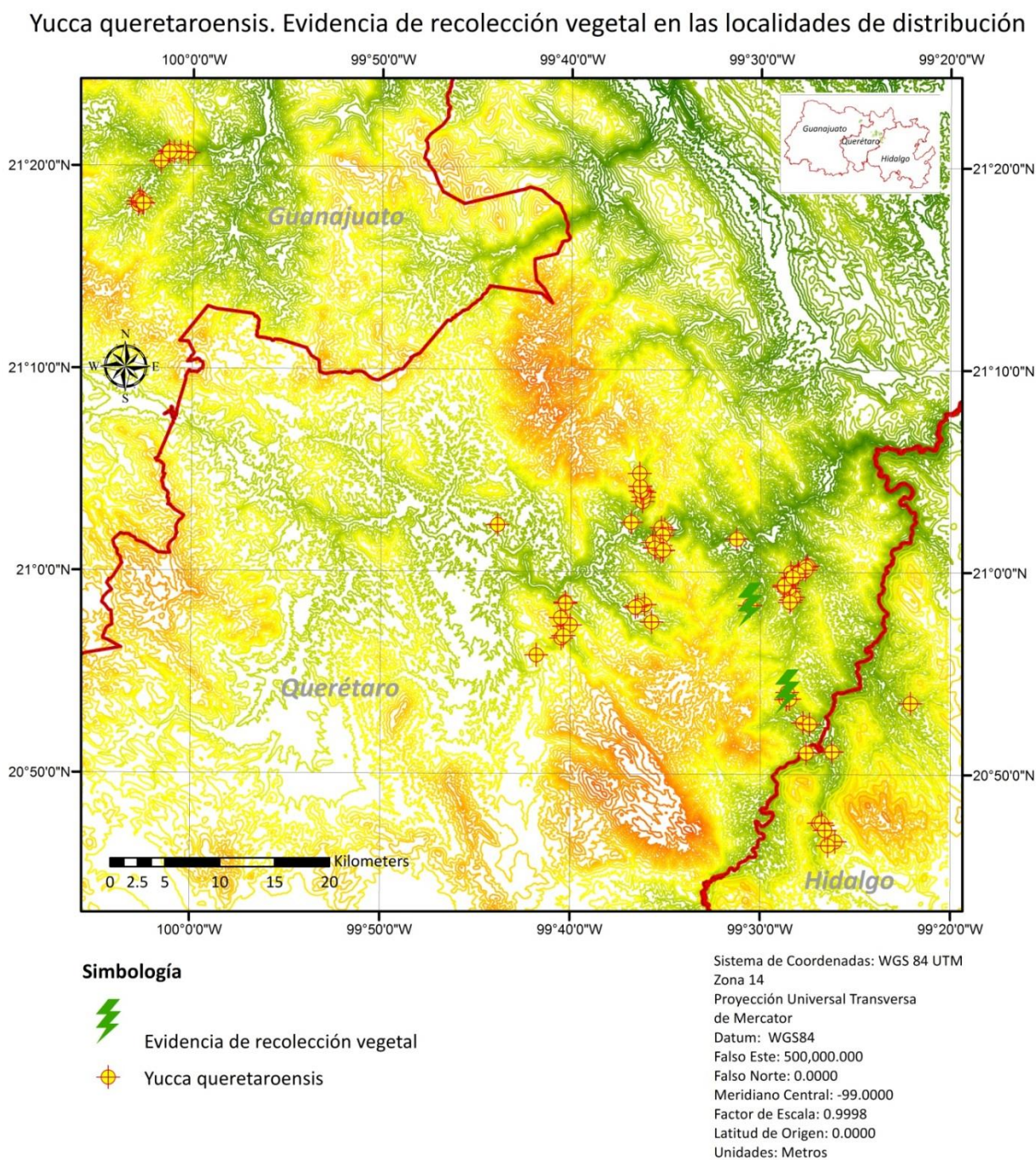
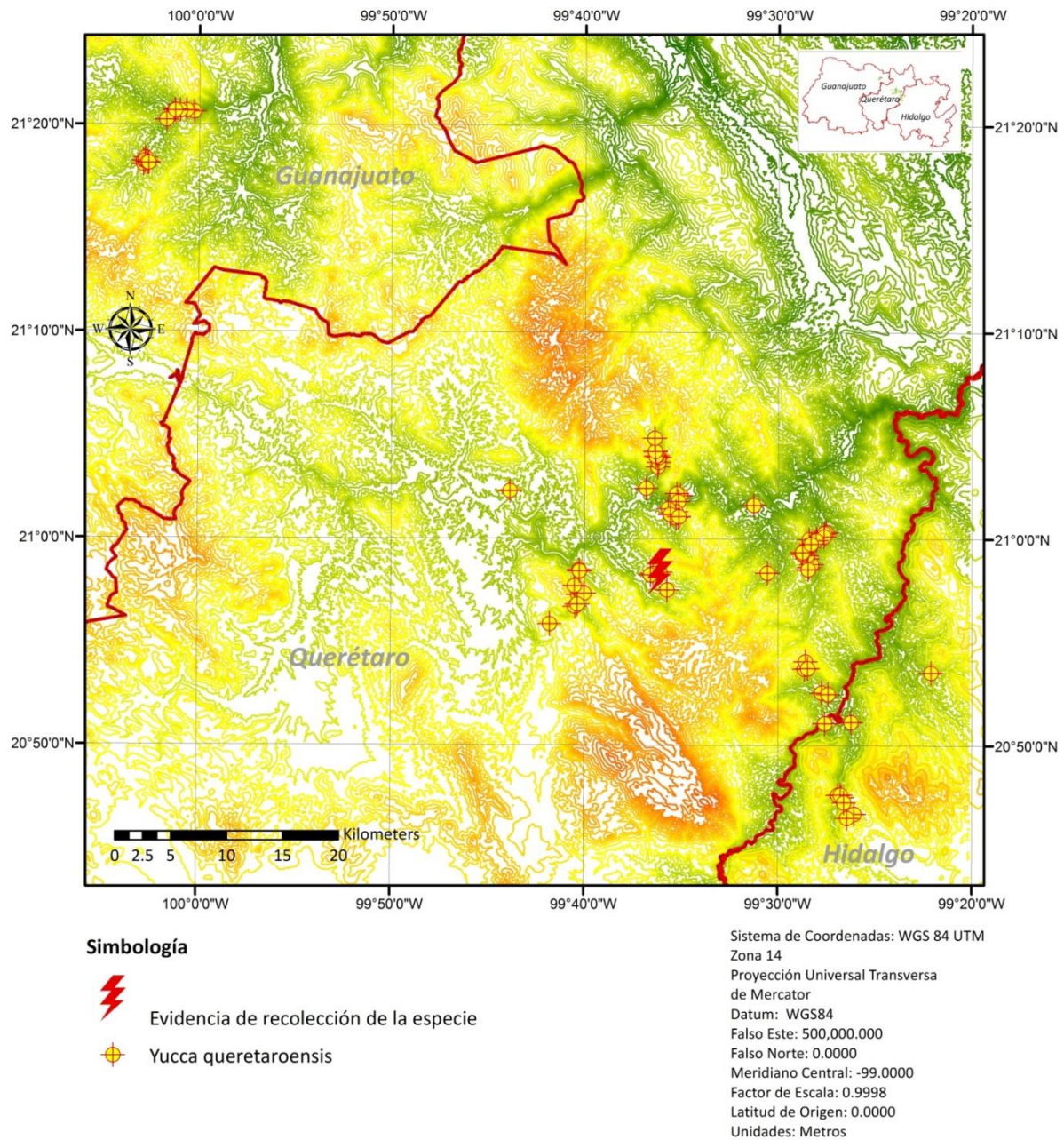


Figura 5.4. Hábitats de *Y. queretaroensis* perturbados por recolección de la especie.

Yucca queretaroensis. Evidencia de recolección de la especie en las localidades de distribución



Fuente:
 Puntos de observación de *Yucca queretaroensis* y de factores de disturbio: Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Figura 5.5. Hábitats de *Y. queretaroensis* perturbados por tránsito animal.

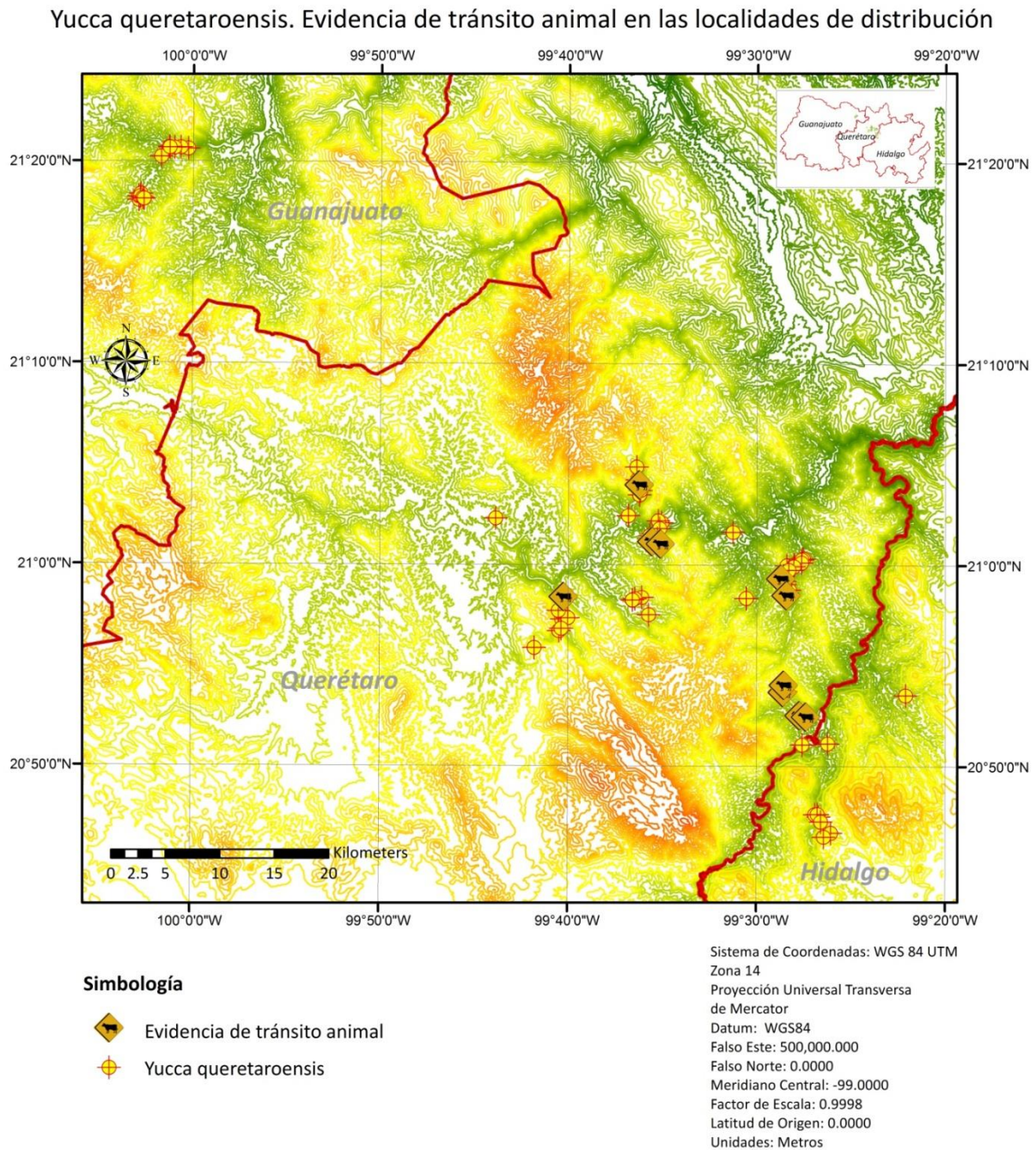
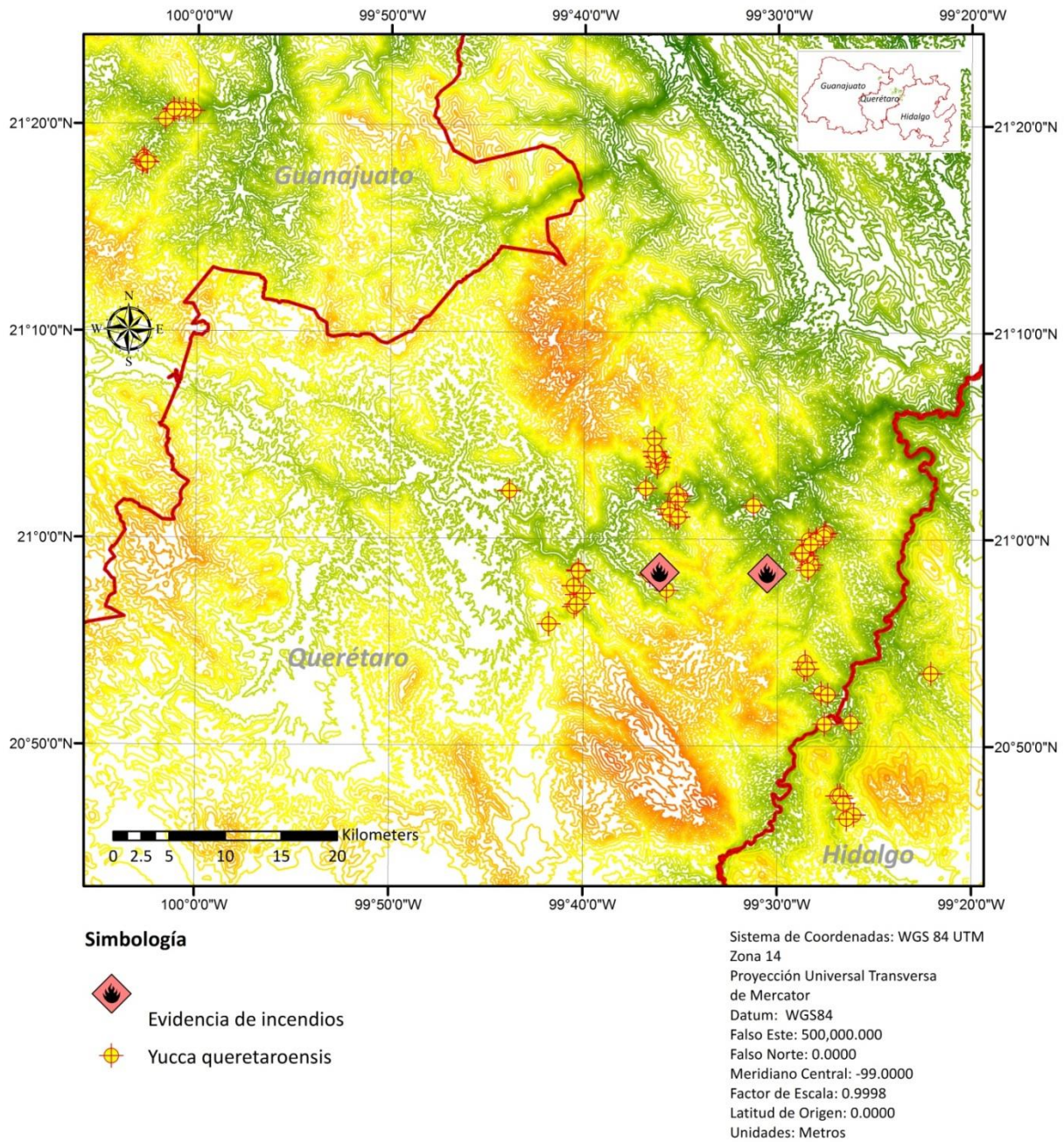


Figura 5.6. Hábitats de *Y. queretaroensis* perturbados por incendios forestales.

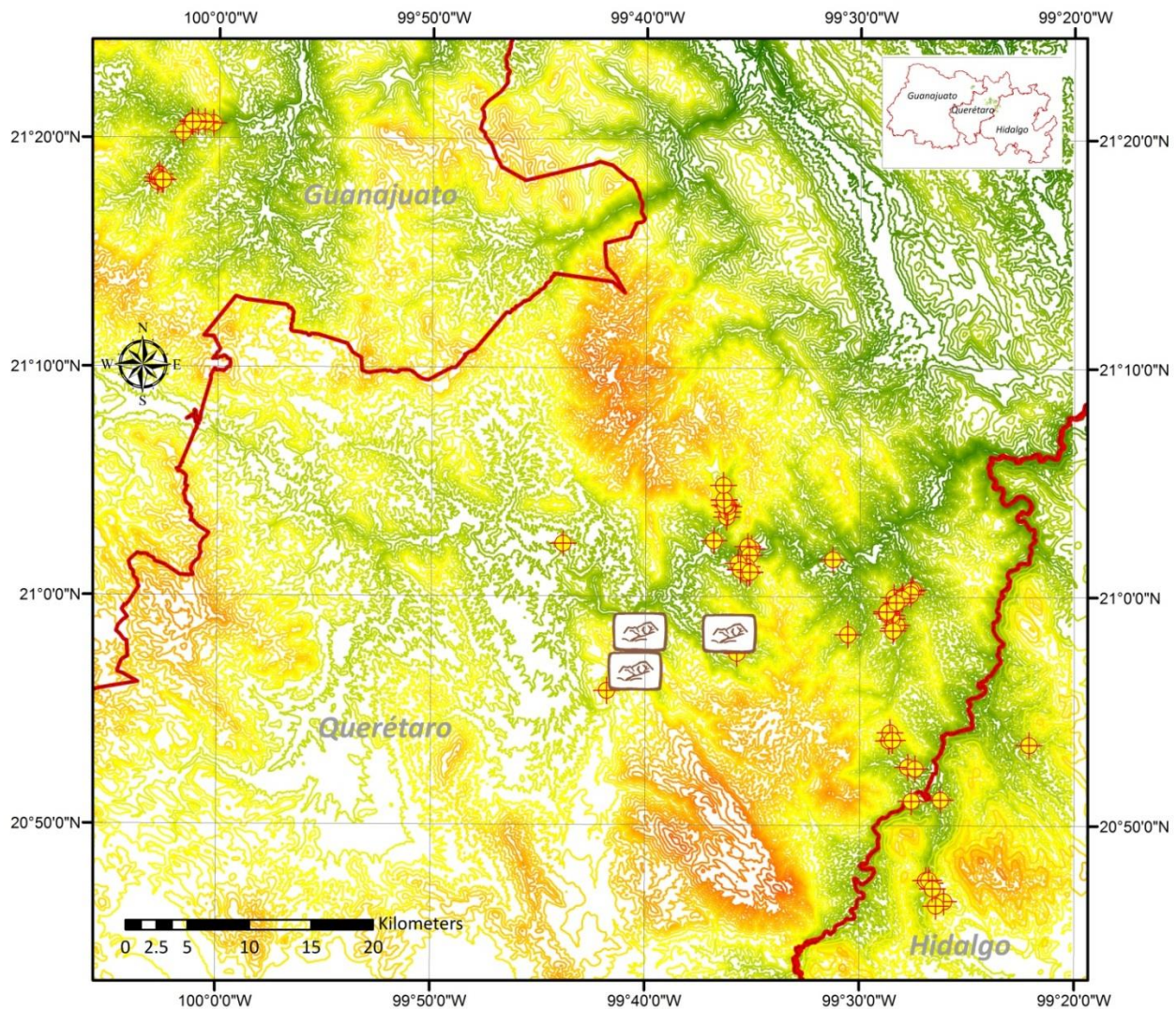
Yucca queretaroensis. Evidencia de incendios forestales en las localidades de distribución



Fuente:
Puntos de observación de *Yucca queretaroensis* y de factores de disturbio: Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Figura 5.7. Hábitats de *Y. queretaroensis* perturbados por erosión de suelo.

Yucca queretaroensis. Evidencia de erosión de suelos en las localidades de distribución



Simbología

-  Evidencia de erosión de suelos
-  Yucca queretaroensis

Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM
Zona 14
Proyección Universal Transversa
de Mercator
Datum: WGS84
Falso Este: 500,000.000
Falso Norte: 0.0000
Meridiano Central: -99.0000
Factor de Escala: 0.9998
Latitud de Origen: 0.0000
Unidades: Metros

Fuente:

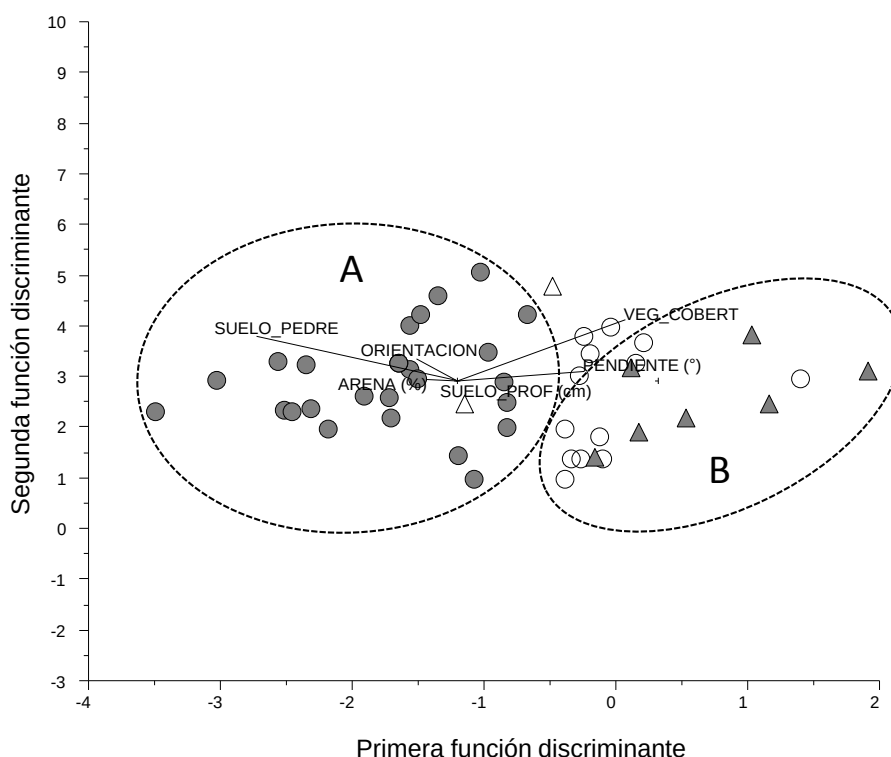
Puntos de observación de *Yucca queretaroensis* y de factores de disturbio: Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Caracterización del hábitat. A través de la evaluación de las líneas de Canfield, se obtuvo información para 49 tramos o microhábitats, en las tres localidades de estudio (Anexo 7). El Análisis Discriminante indica que las características de los microhábitats con presencia de *Y. queretaroensis* son significativamente distintas a las de los microhábitats sin presencia de la especie (Lambda de Wilks = 0.74, 6 g. l., $P = 0.036$) (Cuadro 5.2, Figura 5.8).

Cuadro 5.2. Prueba estadística del modelo.

Funciones	Lambda			
Derivadas	de Wilks	Chi-Cuadrada	GL	Valor-P
1	0.736225	13.4737	6	0.0361

Figura 5.8. Agrupación de los microhábitats sin presencia de *Y. queretaroensis* (círculos sombreados dentro del contorno punteado A) y con presencia de la especie (triángulos sombreados dentro del contorno punteado B). Los círculos y los triángulos en color blanco indican los microhábitats sin presencia y con presencia de la especie, respectivamente, que tienen una probabilidad más alta de pertenencia al otro grupo (mal clasificados).



En promedio, el 69.39 % de los microhábitats están clasificados correctamente: 67.50% de los microhábitats sin la presencia de *Y. queretaroensis* y 77.78% de los microhábitats con la presencia de la especie (Cuadro 5.3). La primera función discriminante explica el 100% de la variación y las características más importantes para la separación de los dos grupos de microhábitats fueron la pedregosidad del suelo y la cobertura vegetal (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.3. Porcentaje de microhábitats clasificados correctamente.

Actual	Tamaño	Predicho	ID
ID	de Grupo	1	2
1	40	27	13
		(67.50%)	(32.50%)
2	9	2	7
		(22.22%)	(77.78%)

Cuadro 5.4. Contribución de las variables descriptoras del microhábitat a la primera función discriminante. La importancia de cada variable es indicada por el coeficiente de correlación con la función discriminante. P indica la significancia de las correlaciones.

		Variable descriptora del microhábitat	Correlación	P
Primera función discriminante	VS	Orientación (°)	-0.1055	0.4705
		Pendiente (°)	-0.0854	0.5595
		Arena (%)	0.1724	0.2362
		Pedregosidad del suelo (%)	-0.6926	< 0.0001
		Profundidad del suelo (cm)	0.1291	0.3767
		Cobertura de la vegetación (%)	0.5543	< 0.0001

Análisis de suelos. Los análisis de laboratorio (Anexo 8), se ordenaron por presencia/ausencia de la especie, para caracterizar el tipo de suelo en el que se encuentra (Cuadro 5.5) y por localidad (Cuadro 5.6) con el objetivo de comparar cada uno de los parámetros estudiados. *Y. queretaroensis* se encuentra en suelos medianamente alcalinos (pH=7.59-8.14); con efectos imperceptibles de salinidad en dos localidades ($dSm^{-1}=0.11-0.28$) y moderadamente salinos en Rancho Quemado, Cadereyta, Qro. ($dSm^{-1}=2.76$). El suelo presenta cantidad de materia orgánica variable (%=2.37-9.95) y nitrógeno mineralizable también variable (KN/Ha =59.25-298.50). La textura del suelo es diferente en las tres localidades: Franco-limosa en Rancho Quemado, Cadereyta, Qro.; Franco en Xichú, Xichú, Gto. y Franco-arcilloso-arenoso en El Detzaní, Zimapán, Hgo. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es alta en dos de los sitios (Cmol(+)kg =28.82-31.03) y baja en Rancho Quemado, Cadereyta, Qro., (Cmol(+)Kg =9.46). El intervalo entre la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez (Pm), en los tres sitios muestreados, se puede considerar bajo (%= 7.32-8.81) en relación a los suelos de este tipo y no presenta variación amplia. Es decir, no se observan diferencias del agua disponible para las plantas entre las localidades. El fósforo aprovechable es muy variable entre sitios (mg/k=2.92-10.06). Los cationes intercambiables como el Calcio, presenta valores altos en los tres muestreos (mg/k=7,688.71-11,247.51); por el contrario, el Magnesio es muy variable entre los sitios, presentando un valor bajo en El Detzaní, Zimapán, Hgo. (mg/k=146.93) y valores altos en Rancho Quemado, Cadereyta, Qro. y Xichú, Xichú, Gto. Lo mismo sucede con el Potasio y el Sodio, que presentan valores con intervalos muy amplios entre las localidades (Cuadro 5.5). En resumen, los análisis de suelo permiten observar diferencias notables entre los sitios muestreados, es decir, no se observa algún patrón que permita caracterizar adecuadamente las preferencias de suelo de la especie a este nivel de estudio (microhábitat).

Cuadro 5.5. Parámetros de suelo ordenados por presencia/ausencia de *Y. queretaroensis* en las tres localidades de estudio.

Parámetro	Unidades	Muestra de suelo con <i>Yucca queretaroensis</i>			Muestra de suelo sin <i>Yucca queretaroensis</i>		
		Localidad			Localidad		
		Rancho Quema	Xichú	Zimapán	Rancho Quema	Xichú	Zimapán
pH	Unidades	7.59	7.71	8.14	7.80	7.85	8.25
Conductividad eléctrica	dSm-1	2.76	0.28	0.11	0.31	0.27	0.09
Materia orgánica	%	2.37	9.95	6.01	8.35	7.34	7.09
Nitrógeno mineralizable	KN/Ha	59.25	298.50	150.25	334.00	183.50	177.25
Textura-arena	%	43.48	49.48	61.24	53.48	33.48	61.24
Textura-arcilla	%	2.52	8.52	22.76	6.52	6.52	22.76
Textura-Limo	%	54.00	42.00	16.00	40.00	60.00	16.00
Capacidad de intercambio catiónico	Cmol(+)/kg	9.46	28.82	31.03	23.92	22.90	33.19
Capacidad de campo	%	16.04	16.84	19.29	15.21	19.75	19.29
Punto de marchitez	%	8.72	9.15	10.48	8.26	10.75	10.48
Fósforo aprovechable (como P)	mg/k	3.97	10.06	2.92	14.66	9.31	2.42
Calcio (como Ca)	mg/k	11,247.51	7,688.71	9,047.21	8,092.28	7,765.17	10,081.61
Magnesio (como Mg)	mg/k	634.34	773.45	146.93	627.30	579.75	97.80
Potasio (como K)	mg/k	119.94	319.89	2,865.86	799.62	259.76	2,861.40
Sodio (como Na)	mg/k	387.80	87.97	63.58	67.97	87.97	70.52

Cuadro 5.6. Parámetros de suelo analizados en las tres localidades de estudio.

Parámetro	Unidades	Rancho Quemado		Xichú		Zimapán	
		Con Yucca	Sin Yucca	Con Yucca	Sin Yucca	Con Yucca	Sin Yucca
pH	Unidades	7.59	7.80	7.71	7.85	8.14	8.25
Conductividad eléctrica	dSm-1	2.76	0.31	0.28	0.27	0.11	0.09
Materia orgánica	%	2.37	8.35	9.95	7.34	6.01	7.09
Nitrógeno mineralizable	KN/Ha	59.25	334.00	298.50	183.50	150.25	177.25
Textura-arena	%	43.48	53.48	49.48	33.48	61.24	61.24
Textura-arcilla	%	2.52	6.52	8.52	6.52	22.76	22.76
Textura-Limo	%	54.00	40.00	42.00	60.00	16.00	16.00
Capacidad de intercambio catiónico	Cmol(+)/kg	9.46	23.92	28.82	22.90	31.03	33.19
Capacidad de campo	%	16.04	15.21	16.84	19.75	19.29	19.29
Punto de marchitez	%	8.72	8.26	9.15	10.75	10.48	10.48
Fósforo aprovechable (como P)	mg/k	3.97	14.66	10.06	9.31	2.92	2.42
Calcio (como Ca)	mg/k	11,247.51	8,092.28	7,688.71	7,765.17	9,047.21	10,081.61
Magnesio (como Mg)	mg/k	634.34	627.30	773.45	579.75	146.93	97.80
Potasio (como K)	mg/k	119.94	799.62	319.89	259.76	2,865.86	2,861.40
Sodio (como Na)	mg/k	387.80	67.97	87.97	87.97	63.58	70.52

IV. Discusión

En referencia a la condición de los hábitats (perturbados o conservados) en los sitios de distribución de la especie, la valoración cartográfica y cualitativa muestra que, de manera general, la especie se distribuye en hábitats conservados. La superposición de la vegetación secundaria del Estado de Querétaro y Guanajuato con los puntos de distribución de *Y. queretaroensis*, muestra nueve puntos de intersección, mientras que los sitios restantes se ubican en vegetación primaria. En la valoración cartográfica se observa un problema de escala con respecto a algunos de los puntos de intersección, ya que no coinciden con los tipos de vegetación o condición de disturbio observado en campo. La evaluación cualitativa, muestra que los factores de disturbio como el tránsito humano, la recolección vegetal y los incendios forestales existe en pocos sitios y con niveles bajos de perturbación. La perturbación por tránsito humano, tiene bajo impacto debido a que los sitios de distribución de *Y. queretaroensis* generalmente presentan alta pendiente, haciéndolos poco atractivos para la

colonización. La perturbación por recolección vegetal, se refiere únicamente al uso local que la gente de las comunidades hace de los recursos vegetales de su entorno y no constituye una perturbación fuerte para los hábitats de *Y. queretaroensis*. La perturbación por incendios forestales se registró sólo en dos sitios de distribución, uno en San Juan Tetla, San Joaquín, Qro., en 1996 y otro en Rancho Quemado, sin fecha registrada; de acuerdo a la gente de la comunidad estos son los dos únicos eventos registrados en los últimos años. En ninguno de los sitios visitados y evaluados se observó disturbio del hábitat por extracción de plantas completas de la especie; la gente de la comunidad, sólo utilizaban alguna estructura de la planta (Ejemplo: hojas de la roseta, hojas secas de tallo) y actualmente la parte que se sigue extrayendo son las inflorescencias, sin embargo, esto es poco frecuente debido a las características fenológicas de la especie. Es probable que el tránsito animal y la erosión de suelo, sean los dos factores de disturbio que muestran mayor incidencia en los hábitats de la especie de estudio. Debido a las pendientes pronunciadas, existe erosión de suelo como un factor de disturbio natural, sin embargo, ésta se agrava por la presencia de ganado caprino.

La caracterización del microhábitat de *Y. queretaroensis* incluyó la información recopilada en tres localidades, la cual se analizó para reconocer las variables que están separando el grupo de microhábitats con la presencia de *Y. queretaroensis*, del grupo de microhábitats sin la presencia de la especie. La caracterización del microhábitat y los análisis presentados, deben ser interpretados en relación a las características biológicas y ecológicas de la especie. Si se considera que dentro de una población local de *Y. queretaroensis* los genets (conjunto de ramets) se distribuyen de forma agregada, una posible hipótesis de este patrón de distribución podría ser que existen características diferentes a nivel de microhábitat. En este sentido, el Análisis Discriminante permite observar que la pedregosidad del suelo y la cobertura de la vegetación son características diferenciales entre los sitios con y sin la presencia de la especie. Al revisar la densidad de la especie en relación a la cobertura de la vegetación en las tres localidades de estudio, se observa que precisamente la localidad con mayor cobertura de la vegetación es la que presenta mayor abundancia de la especie (Xichú, Gto.). Sin embargo, en un sentido opuesto, las características diferenciales, podrían interpretarse como una consecuencia y no una causa de la presencia de la especie, ya que como se ha mencionado, no se observa que la especie requiera de una nodriza o una determinado cobertura para su crecimiento, sino que ella misma crea un microhábitat que permite el crecimiento de otras especies bajo su dosel y una probable función como nodriza en su ecosistema. En este sentido, la distribución de los individuos dentro de la población, de forma agrupada, probablemente obedezca con mayor peso a los mecanismos de dispersión de la especie y no la diferencia entre microhábitats. Este supuesto cambia de forma opuesta en lo referente a su distribución macro (rango de distribución), donde sí se observa una fuerte relación con los factores abióticos (especificidad de hábitat) como el tipo de suelo, clima, geoformas, vegetación, isoyetas, isotermas, entre otros.

Los resultados de los análisis de suelo muestran que no existe alguna relación entre la presencia o ausencia de la especie con alguno de los parámetros de suelo estudiados. Sin embargo, se debe resaltar que estos resultados son más bien de carácter exploratorio, dado que únicamente se tomó una muestra de suelo por cada condición (presencia/ausencia-localidad), por lo que no se pueden analizar estadísticamente. A pesar del carácter exploratorio de los análisis llevados a cabo, estos apoyan la hipótesis de que la distribución de *Y. queretaroensis* a nivel “micro”, es decir dentro de las

poblaciones locales, no obedece a diferencias en las características locales del suelo o en general a las condiciones del microhábitat, sino que puede estar relacionada a la forma asexual de propagación de la especie y probablemente a los mecanismos de dispersión de las semillas.

Existen muchos estudios del género *Yucca* en relación a su biología floral y las interacciones mutualistas del género con sus palomillas polinizadoras. En contraste, existen muy pocos estudios que documenten el destino de las semillas, en relación a sus mecanismos de dispersión, depredación post-dispersión y establecimiento de plántulas (Vander-Wall *et al.*, 2006). Mucho menos, se ha estudiado la relación de los mecanismos de dispersión con respecto a los patrones de distribución espacial dentro de las poblaciones locales. Recientemente, Vander-Wall *et al.* (2006), encontraron que las semillas de *Y. brevifolia* son dispersadas por roedores almacenadores, los cuales las extraen directamente de los frutos. Dado que *Y. queretaroensis* pertenece al grupo de las yucas con frutos indehiscentes y semillas relativamente grandes, como los de *Y. brevifolia*, parece probable que pudiera tener mecanismos de dispersión similares a través de roedores y que estos mecanismos pudieran determinar el establecimiento de colonias en determinados hábitats. Sin embargo, los objetivos y metas del presente proyecto, no contemplan este tipo de estudios, por lo que la hipótesis planteada podría ser abordada en investigaciones futuras. Se puede concluir que *Y. queretaroensis* presenta una alta especificidad de hábitat a nivel “macro” y que no se observa esta misma especificidad a nivel de microhábitat. Se recomienda explorar los mecanismos de dispersión de semillas de la especie.

V. Conclusiones.

- La valoración cartográfica y cualitativa muestra que, de manera general, la especie se distribuye en hábitats conservados.
- El Análisis Discriminante permite observar que la pedregosidad del suelo y la cobertura de la vegetación son características diferenciales entre los sitios con y sin la presencia de la especie.
- La pedregosidad del suelo y la cobertura de la vegetación, pueden ser la causa o consecuencia de las diferencias entre hábitats.
- La distribución de los individuos dentro de la población, de forma agrupada, probablemente obedezca con mayor peso a los mecanismos de dispersión de la especie y no la diferencia entre microhábitats.
- No se observó alguna relación entre la presencia o ausencia de la especie con las características locales del suelo o en general a las condiciones del microhábitat.
- Es probable que la distribución de la especie se relacione con la forma asexual de propagación de la especie y los mecanismos de dispersión de las semillas.

VI. Literatura citada.

- Canfield, R.H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry* **39**:388-394.
- FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas (Proyecto FAOSWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 99 p.
- GEQ. 2008. Gobierno del Estado de Querétaro (GEQ). 2008. Carta de Uso de Suelo y Vegetación, 1:50,000. Cobertura digital.
- StatPoint Technologies, Inc. 2010. Statgraphics Centurion, XVI Release. StatPoint Technologies, Inc. Warrenton, Virginia.
- Vander Wall, S., T. Esque, D. Haines, M. Garnett y B. Waitman. 2006. Joshua tree (*Yucca brevifolia*) seeds are dispersed by seed-caching rodents. *Ecoscience* **13** (4): 539-543.

Objetivo 6

Documentar localmente el manejo, aprovechamiento, gestión y comercio actual de la especie.

Producto.

Documento acerca del conocimiento y uso de la especie por los habitantes de las localidades cercanas a sus zonas de distribución.

I. Introducción

Se presentan los resultados y análisis de los cuestionarios hechos en la localidad de Xichú, Gto. y Rancho Quemado, Qro., con el objetivo de conocer el uso y aprovechamiento local de la especie. Se introduce y discute el tema de la gobernanza ambiental, entendiéndola como una transición en el tratamiento de los asuntos, de la mera gestión pública -entendida generalmente como una actividad propia del Estado, en específico, de su brazo ejecutor, el gobierno; y más concretamente, de la burocracia gubernamental, en concordancia con las políticas que emanan desde el mismo gobierno- a una concepción más comprehensiva, que da entrada no sólo a una pluralidad mayor de temas sino también de actores (Santes, 2009). La gobernanza ambiental se refiere a las estrategias para lograr un desarrollo económico, social e institucional duradero y para el equilibrio del Estado, sociedad civil y el mercado de la economía (Delgado *et al.*, 2007).

II. Métodos

Se diseñó un cuestionario que incluyó preguntas tanto cerradas como abiertas para documentar los usos y partes empleadas de la planta y conocer la apreciación de los habitantes locales respecto a las amenazas existentes hacia la especie. El cuestionario se enfocó en cuatro temas principales: 1. Nivel de conocimiento, 2. Aprovechamiento, 3. Capacidad de gobernanza sobre el recurso y 4. Información general acerca de la conservación o extracción de la planta (Figura 6.1). Las preguntas del punto 3 están basadas en los cinco principios vinculados a las buenas prácticas de gobernanza ambiental (WRI, 2003; en Piñeiro, 2004). Se otorgó un valor numérico a las respuestas de las tres primeras secciones para obtener una calificación numérica: “Nivel de conocimiento” cuenta con dos preguntas que pueden sumar dos puntos, “Aprovechamiento” cuenta con tres preguntas, que pueden sumar hasta cinco puntos, ya que una de ellas incrementa su valor de calificación a medida que el encuestado declara emplear más partes de la planta. Por último, “Capacidad de gobernanza sobre el recurso” tiene cinco preguntas que pueden sumar otros tantos puntos. Se obtuvo el promedio de calificación de cada tema por localidad. La cuarta sección, “Información general acerca de la conservación o extracción de la planta”, se analiza de manera cualitativa, sin calificaciones numéricas. Los resultados se presentan por localidad y de manera conjunta, empleando dichas cifras.

Figura 6.1. Cuestionario aplicado para investigar el uso, aprovechamiento y capacidad de gobernanza sobre *Y. queretaroensis*.

CUESTIONARIO PARA ESTABLECER EL CONOCIMIENTO, APROVECHAMIENTO Y CAPACIDAD DE GOBERNANZA SOBRE <i>Yucca queretaroensis</i>				
EN LAS COMUNIDADES HUMANAS DE LAS ÁREAS NATURALES EN LAS QUE CRECE.				
A) NIVEL DE CONOCIMIENTO.				
I. ¿Conoce usted esta planta? (señalar la planta en el medio silvestre o mostrar una fotografía).		SI		NO
II ¿La planta tiene algún nombre común? (v. gr.: Estoquillo, Manitas, etc.). Si la respuesta es afirmativa por favor mencione los nombres que le asigna a la planta o alguna de sus partes.				
B) APROVECHAMIENTO				
III. ¿Emplea alguna parte de la planta o sabe que alguna parte de la planta sea empleada para algo? (Marque X en la casilla correspondiente)		SI		NO
IV. En caso afirmativo, ¿Cuál parte de la planta utiliza, aproximadamente cuánto emplea y para qué?				
PARTE	PARA QUE LA USA	CUANTO USA		
HOJAS				
TRONCO				
FLORES				
FRUTOS				
SEMILLAS				
OTRA PARTE				
V. ¿Ha comercializado (o intercambiado en forma alguna) esta planta o alguna de sus partes? (Marque X en la casilla correspondiente)		SI		NO
Si la respuesta es afirmativa, narre brevemente qué ha comercializado y cómo ha efectuado el intercambio.				
C) CAPACIDAD DE GOBERNANZA SOBRE EL RECURSO				
VI. ¿Participa o ha participado en acciones o actividades, organizadas por el gobierno mexicano, en relación con esta planta? (Marque X en la casilla correspondiente)		SI		NO
VII. ¿Considera que su comunidad tiene el conocimiento y voluntad suficiente para responsabilizar a las autoridades (u otras personas competentes) por el cuidado y conservación de esta planta?		SI		NO
VIII. ¿Considera que a su comunidad se le ha dado lo necesario (procesos) para actuar completa y directamente en el uso correcto y cuidado de esta planta? (Marque X en la casilla correspondiente)		SI		NO
IX. ¿Cree que Usted y su comunidad cuentan con información ambiental suficiente para entender y responsabilizarse del uso y cuidado de esta especie? (Marque X en la casilla correspondiente)		SI		NO
X. ¿Entiende usted que los ecosistemas (la Tierra, sus plantas y sus animales) son el sostén de la vida y de todos los grupos humanos (incluyendo su comunidad), y que todas nuestras acciones tienen consecuencias sobre ellos de alguna manera? (Marque X en la casilla correspondiente)		SI		NO
D) INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DE LA CONSERVACIÓN O EXTRACCIÓN DE LA PLANTA				
XI. Desde su punto de vista, el número de estoquillos que hay en el campo (Marque x en la casilla correspondiente):				
a) Ha disminuido en los últimos años.		b) Se ha mantenido igual en los últimos		c) Ha aumentado en los últimos años.
XII. ¿Cree Usted que existe alguna amenaza para las poblaciones de esta planta, en la(s) localidad(es) que Usted conoce? (Marque X en la casilla correspondiente)		SI		NO
XIII. En caso afirmativo, ¿de qué amenaza se trata?				
XIV. ¿Tiene conocimiento de que la planta "estoquillo" haya sido extraída en los últimos años? Si la respuesta es afirmativa, narre lo que recuerde respecto a dicha situación (fecha, cantidades extraídas, tipo de persona (s), forma de extracción.)				
DATOS DEL ENTREVISTADO LOCALIDAD:				
NOMBRE				
EDAD	SEXO	H	M	OCUPACION
COMENTARIOS ADICIONALES				

Para la aplicación de las encuestas, se seleccionaron las comunidades de Rancho Quemado, Cadereyta de Montes, Querétaro y Adjuntas de Xichú, Xichú, Guanajuato, que también son sede de los muestreos de ecología de poblaciones y hábitat y donde se aplicaron a personas adultas de sexo indistinto. La muestra se estimó con el método de Torres *et al.* (2006), que permite calcular una porción representativa a partir de parámetros conocidos. Se empleó la siguiente fórmula, considerando un nivel de confianza (Z) de 95% y una precisión (d) de 5%:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

N=Tamaño de la población.
Z=Nivel de confianza
p=Probabilidad de éxito o proporción esperada
q=Probabilidad de fracaso
d=Precisión (Error máximo admisible).

III. Resultados.

Las muestras, estimadas a partir de la cifra de habitantes adultos de ambas localidades (56 en Rancho Quemado según INEGI, 2010, y 64 en Adjuntas de Xichú según Nuestro México, 2012) se compusieron de 49 y 55 encuestados respectivamente. En total, se reunieron 104 encuestas entre ambos lugares (Anexos 9, 10a y 10b). En Rancho Quemado se compilaron entre los días 24 de febrero y 3 de abril del 2012, mientras que en Adjuntas de Xichú se realizaron los días 6 y 7 de abril del 2012.

Análisis por localidad.

1. Nivel de conocimiento.

Pregunta: ¿Conoce usted esta planta? En Rancho Quemado, de 49 (100%) personas, 48 (98%) afirmaron conocerla y una (2%) la desconoció. En Adjuntas de Xichú, 48 personas (87%) conocen la especie y siete (13%) dijeron no tener conocimiento al respecto (Figuras 6.2 y 6.3).

Pregunta: ¿La planta tiene algún nombre común? En Rancho Quemado, la planta contó con 54 (100%) menciones entre los 49 encuestados, con ocho diferentes nombres comunes, siendo el nombre “estoquillo” el más usado con 27 menciones (50% del total de la localidad) (Figura 6.4). En Adjuntas de Xichú, *Y. queretaroensis* fue referida 47 (100%) veces entre los 55 encuestados, y el nombre común más frecuente también fue “estoquillo”, mencionado 37 veces (79% del total de la localidad) (Figura 6.5).

Figura 6.2. Personas que conocen *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado.

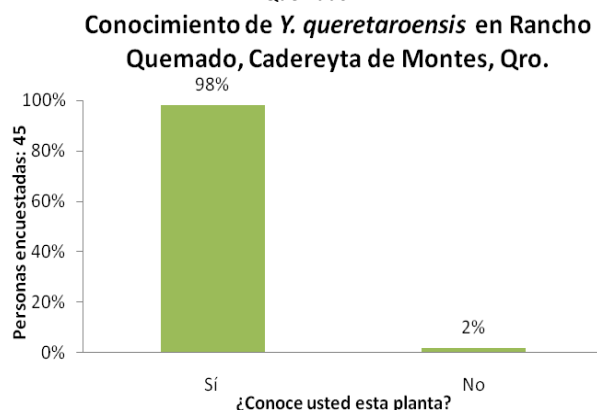


Figura 6.3. Personas que conocen *Y. queretaroensis* en Adjuntas de Xichú.

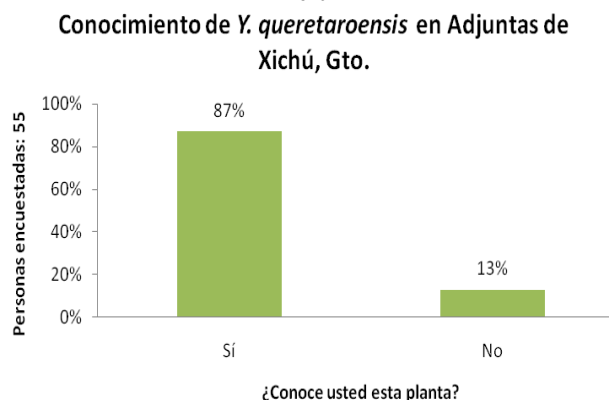


Figura 6.4. Nombres comunes de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado.

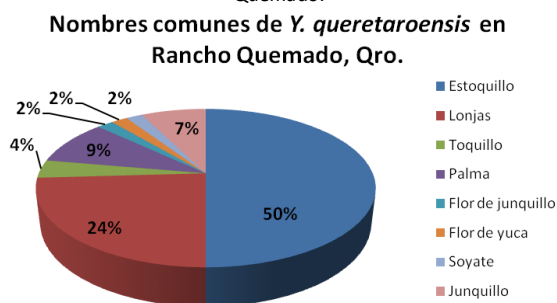
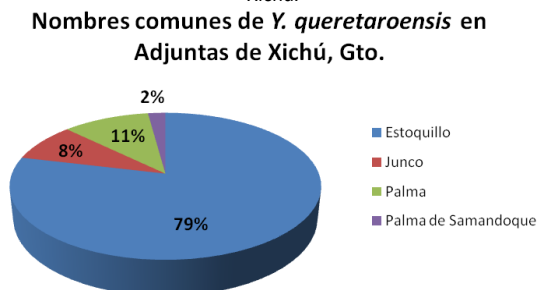


Figura 6.5. Nombres comunes de *Y. queretaroensis* en Adjuntas de Xichú.



2. Aprovechamiento.

Pregunta: ¿Emplea alguna parte de la planta o sabe que alguna parte de la planta sea empleada para algo? En Rancho Quemado, 19 (39%) encuestados aseguraron conocer el uso de *Y. queretaroensis* con distintos fines, mientras que 30 (61%) desconocen su uso. En Adjuntas de Xichú, 28 (51%) encuestados saben del empleo de la planta y 21 (38%) lo desconocen (Figura 6.6).

Pregunta: ¿Cuál parte de la planta utiliza, aproximadamente cuánta se emplea y para qué? Fue formulada a las personas que contestaron de manera afirmativa la pregunta anterior. En la localidad de Rancho Quemado hubo un total de 19 menciones, de las cuales 15 (79%) se refieren a la hoja como la parte de la planta de uso más frecuente y cuatro (21%) a otras partes, como tronco y flores (Figura 6.7). En Adjuntas de Xichú, algunos de los encuestados nombraron más de una parte de la planta, lo que dio un total de 35 (100%) menciones. También fueron las hojas la parte de las plantas más utilizada, referida en 27 (77%) ocasiones (Figura 6.8). Según los resultados de esta pregunta, el techado de las casas con hojas secas es el uso más común de *Y. queretaroensis* en ambas comunidades. De 19 (100%) respuestas obtenidas en Rancho Quemado, 12 (63%) mencionaron este uso; y en Adjuntas de Xichú, se obtuvo 22 (67%) veces esta respuesta. Otros usos menos comunes de las estructuras de *Y. queretaroensis* fueron la flor como alimento (10%), las fibras de hojas (11%) y tallo (11%) para tejer, y la elaboración de canastos con las hojas (6%) en Rancho Quemado (Figura 6.9). En Adjuntas de Xichú, se citó a la flor como alimento (9%), elaboración de suaderos con el tronco (6%), adornos para fiestas patronales con las hojas (3%) y uso ornamental de la planta (3%), entre otros (Figura 6.10).

Figura 6.6. Aprovechamiento de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado y Adjuntas de Xichú.

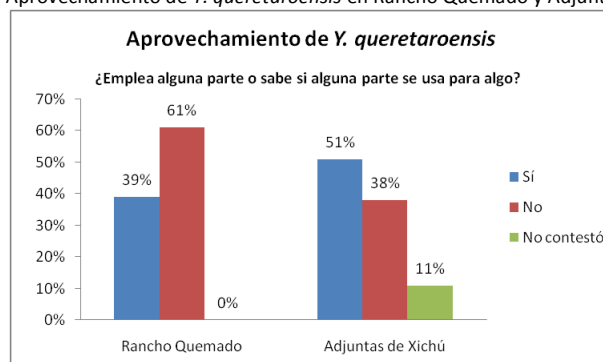


Figura 6.7. Partes de *Y. queretaroensis* que han sido aprovechadas en Rancho Quemado.

Estructuras de *Y. queretaroensis* aprovechadas en Rancho Quemado, Qro.

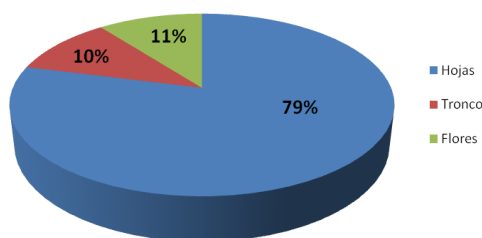


Figura 6.8. Partes de *Y. queretaroensis* que han sido aprovechadas en Xichú.

Estructuras de *Y. queretaroensis* aprovechadas en Adjuntas de Xichú, Gto.

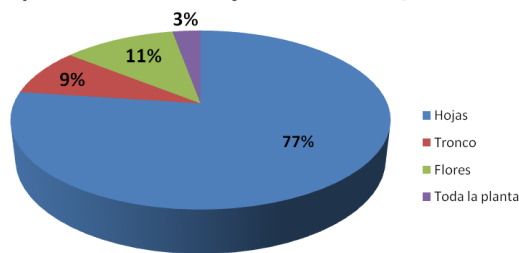


Figura 6.9. Usos que se le ha dado a *Y. queretaroensis* o a sus partes en Rancho Quemado.

Usos de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado, Qro.

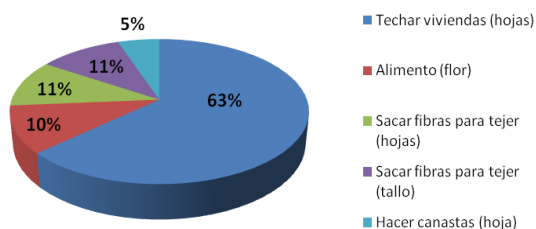
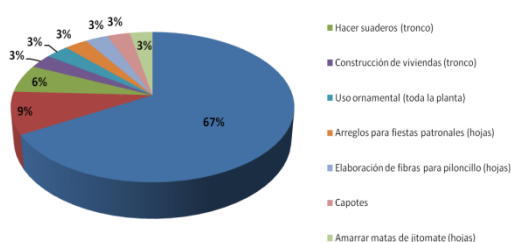


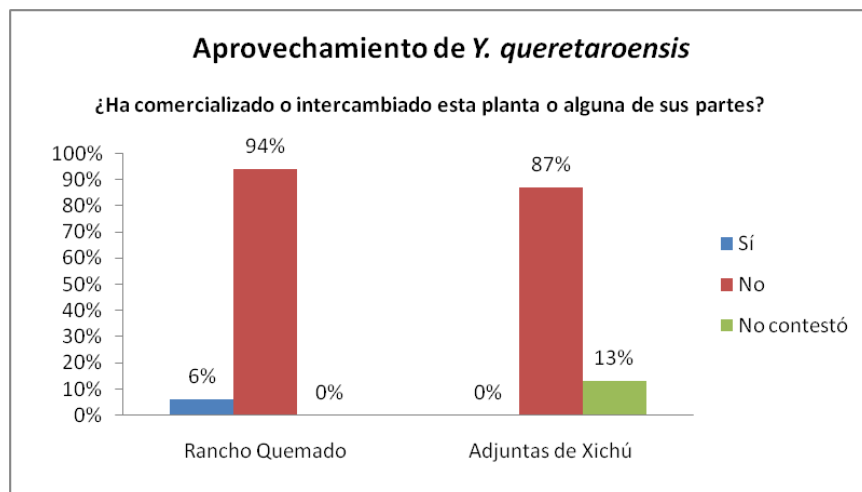
Figura 6.10. Usos que se le ha dado a *Y. queretaroensis* o a sus partes en Adjuntas de Xichú.

Usos de *Y. queretaroensis* en Adjuntas de Xichú, Gto.



Pregunta: ¿Ha comercializado o intercambiado esta planta o alguna de sus partes? En Rancho Quemado, únicamente tres (6%) personas indicaron haber comercializado alguna estructura de *Y. queretaroensis*. Estas prácticas consistieron en la venta de hojas secas por ellos mismos o por sus padres y la extracción de fibras del tallo; sin embargo todas afirmaron haberlo hecho o visto hace más de veinte años. En Adjuntas de Xichú, ninguna (0%) persona afirmó haber comercializado alguna parte de la planta (Figura 6.11).

Figura 6.11. Comercialización o intercambio de *Y. queretaroensis* en las localidades de estudio.



3. Capacidad de gobernanza del recurso.

Pregunta: ¿Participa o ha participado en acciones o actividades, organizadas por el gobierno mexicano, en relación con esta especie (planta)? En Rancho Quemado, 49 (100%) de los encuestados negaron participar o haber participado. En Adjuntas de Xichú, 46 (84%) de los encuestados negaron participar o haber participado, una persona (2%) afirmó haber participado y ocho personas (14%) no respondieron a la pregunta.

Pregunta: ¿Considera que su comunidad tiene el conocimiento y voluntad suficiente para responsabilizar a las autoridades (u otras personas competentes) por el cuidado y conservación de esta planta? En Rancho Quemado, 32 (65%) de los encuestados creen que la comunidad podría responsabilizar a las autoridades para el cuidado de la planta, 16 (33%) respondieron que no y uno (2%) no respondió a la pregunta. En Adjuntas de Xichú, 27 (49%) de los encuestados creen que la comunidad podría responsabilizar a las autoridades para el cuidado de la planta, 19 (35%) respondieron que no y 9 (16%) no respondieron a la pregunta.

Pregunta: ¿Considera que a su comunidad se le ha dado lo necesario (procesos) para actuar completa y directamente en el uso correcto y cuidado de esta planta? En Rancho Quemado, 16 (33%) de los encuestados opinan que sí se les ha dado lo necesario para actuar directamente en el uso correcto de la especie, 32 (65%) respondieron que no y uno (2%) no respondió a la pregunta. En Xichú, 6 (11%) de los encuestados opinan que sí se les ha dado lo necesario para actuar directamente en el uso correcto de la especie, 38 (69%) respondieron que no y 11 (20%) no respondieron a la pregunta.

Pregunta: ¿Cree que usted y su comunidad cuentan con información ambiental suficiente para entender y responsabilizarse del uso y cuidado de esta especie? En Rancho Quemado, 19 (39%) de los encuestados opinan que sí tiene la información ambiental suficiente para entender el uso de *Y. queretaroensis*, 29 (59%) respondieron que no y uno (2%) no respondió a la pregunta. En Xichú, nueve (16%) de los encuestados opinan que sí tiene la información ambiental suficiente para entender el uso de *Y. queretaroensis*, 37 (68%) respondieron que no y nueve (16%) no respondieron a la pregunta.

Pregunta: ¿Entiende usted que los ecosistemas (la Tierra, sus plantas y sus animales) son el sostén de la vida y de todos los grupos humanos (incluyendo su comunidad), y que todas nuestras acciones tienen consecuencias sobre ellos de alguna manera? En Rancho Quemado, 42 (86%) de los encuestados manifestaron entender que los ecosistemas son el sostén de la vida en nuestro planeta, seis (12%) dijeron no entenderlo y uno (2%) no respondió a la pregunta. En Adjuntas de Xichú, 48 (88%) de los encuestados entienden que los ecosistemas son el sostén de la vida en nuestro planeta, cuatro (7%) no lo entienden y tres (5%) no respondieron a la pregunta (Figuras 6.12 y 6.13).

Figura 6.12. Respuestas sobre la capacidad de gobernanza en Rancho Quemado, Qro.

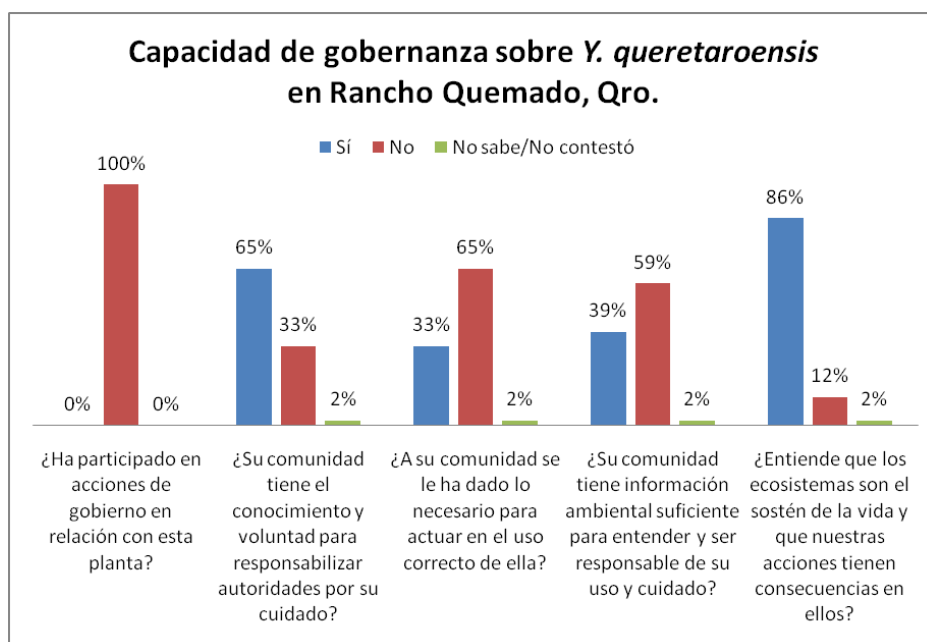
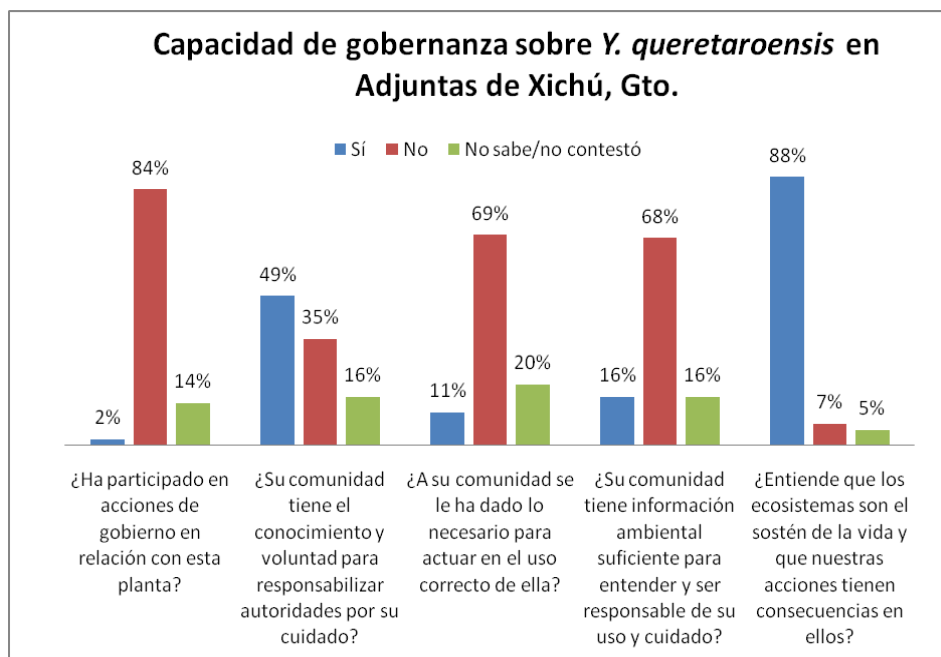


Figura 6.13. Respuestas sobre la capacidad de gobernanza en Adjuntas de Xichú, Gto.



4. Información general acerca de la conservación o extracción de la planta.

Pregunta: Desde su punto de vista, ¿el número de estoquillos en campo ha aumentado, disminuido o se ha mantenido? En Rancho Quemado, 19 (39%) encuestados creen que la población de *Y. queretaroensis* se ha mantenido en años recientes y 13 (27%) que piensan que sí ha disminuido. Diez (20%) encuestados dijeron que los estoquillos han aumentado y siete (14%) no contestaron. En Adjuntas de Xichú, 18 (36%) creen que la población ha disminuido, 15 (30%) creen que se ha mantenido, y 17 (34%) desconocen si ha aumentado o disminuido (Figuras 6.14 y 6.15).

Figura 6.14. Situación actual de la población de *Y. queretaroensis* de Rancho Quemado según sus habitantes. Información sobre la conservación de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado: Desde su punto de vista, el número de estoquillos en campo ha:

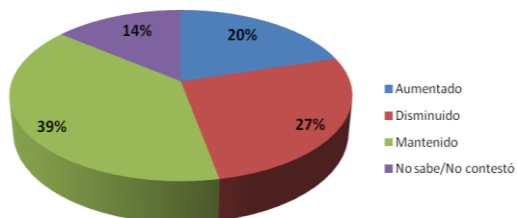
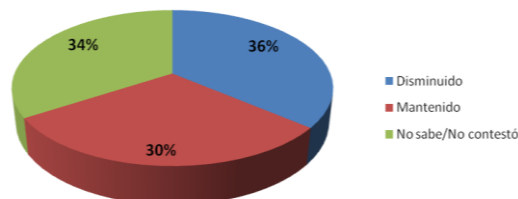


Figura 6.15. Situación actual de la población de *Y. queretaroensis* de Xichú según sus habitantes. Información sobre la conservación de *Y. queretaroensis* en Adjuntas de Xichú: Desde su punto de vista, el número de estoquillos en campo ha:



Pregunta: ¿Cree usted que exista alguna amenaza para las poblaciones de esta planta en las localidades que usted conoce? No existe conocimiento de una posible amenaza para las poblaciones de *Y. queretaroensis* en ninguna de las dos comunidades. En Rancho Quemado son 44 (90%) las personas que no creen que exista algún factor que ponga en riesgo la población de esta especie en la comunidad, y cinco que piensan que sí (10%). En Adjuntas de Xichú, 35 (64%) personas no creen que exista alguna amenaza para el estoquillo, y diez (18%) creen que sí la hay. Finalmente, 10 encuestados (18%), indicaron no saber o no estar seguros de que exista alguna amenaza, o no contestaron.

Pregunta: ¿Tiene conocimiento de que la planta estoquillo haya sido extraída en los últimos años? En Rancho Quemado, cerca de la totalidad de los encuestados negaron saber sobre extracción reciente de *Y. queretaroensis*; aunque una persona mencionó haber escuchado que se la han llevado. En tanto, en la comunidad de Adjuntas de Xichú, fueron 45 (82%) las personas que negaron saber sobre su extracción, pero dos (18%) reportaron que la planta ha sido extraída. De éstas, ambas afirman que se trata de extranjeros, e incluso una de ellas mencionó que se trata de una persona estadounidense, originaria de Phoenix, Arizona. La gran mayoría de las personas que contestaron no saber de esta cuestión en años recientes, afirmaron que hace muchos años, más de 20 ó 30, sí era extraída. (Figuras 6.16 y 6.17).

Figura 6.16. Información general sobre amenazas de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado.

Información general sobre la extracción y conservación de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado, Qro.

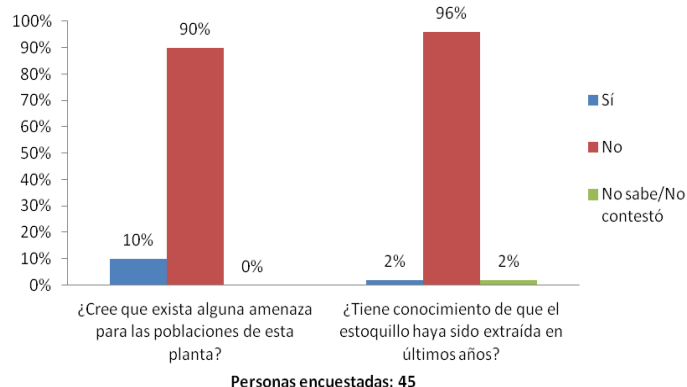
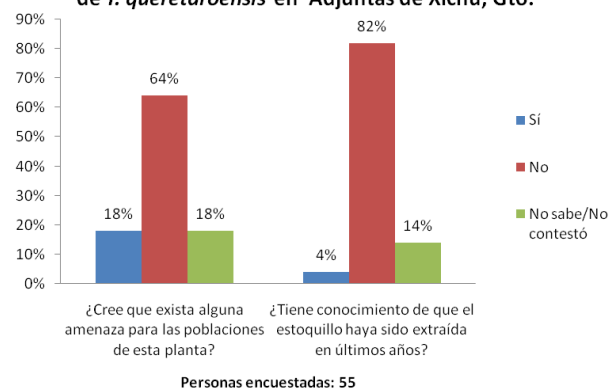


Figura 6.17. Información general sobre amenazas de *Y. queretaroensis* en Xichú.

Información general sobre la extracción y conservación de *Y. queretaroensis* en Adjuntas de Xichú, Gto.

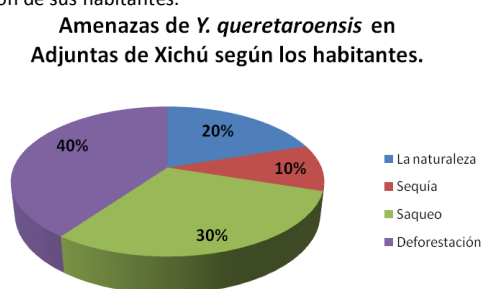


Pregunta: ¿De qué amenaza se trata? Esta fue formulada a las personas que contestaron afirmativamente a: ¿Cree usted que exista alguna amenaza para las poblaciones de esta planta en las localidades que usted conoce? De las cinco personas (100%) que mencionaron amenazas en Rancho Quemado, tres (60%) mencionaron la sequía, una (20%) el impacto de animales herbívoros ramoneadores como chivos, y una (20%) más nombró el saqueo. En Adjuntas de Xichú, de las diez personas que nombraron una amenaza, cuatro (40%) nombraron la deforestación, tres (30%) el saqueo, dos (20%) las causas naturales y una (10%) nombró la sequía (Figuras 6.18 y 6.19).

Figura 6.18. Amenazas contra *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado, según la percepción de sus habitantes.



Figura 6.19. Amenazas contra *Y. queretaroensis* en Xichú, según la percepción de sus habitantes.



Calificación por localidad. Una vez obtenidos los resultados de los cuestionarios, fueron asignadas a cada uno las calificaciones correspondientes por sección: conocimiento, aprovechamiento y capacidad de gobernanza del recurso. Para tener una cifra única que determine el nivel de conocimiento, aprovechamiento y capacidad de gobernanza sobre *Y. queretaroensis* por localidad, se obtuvo el promedio de todas las encuestas respectivas (Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Calificaciones resultantes de la aplicación de la encuesta.

Comunidad	Conocimiento (0-2)	Aprovechamiento (0-5)	Gobernanza (0-5)
Rancho Quemado	1.89	0.73	2.26
Adjuntas de Xichú	1.69	1.14	1.65

Información adicional. Sexo de los encuestados. En ambas localidades, se encuestaron más mujeres (74% en Rancho Quemado y 60% en Adjuntas de Xichú) que hombres. (Figura 6.20).

Información adicional. Ocupación de los encuestados. En ambas localidades sobresale el hogar como la ocupación más frecuente entre los encuestados, con 31 (65%) personas dedicadas a esta actividad en Rancho Quemado y 22 (40%) en Adjuntas de Xichú (Figura 6.21).

Figura 6.20. Gráfica de ocupación de los encuestados de Rancho Quemado

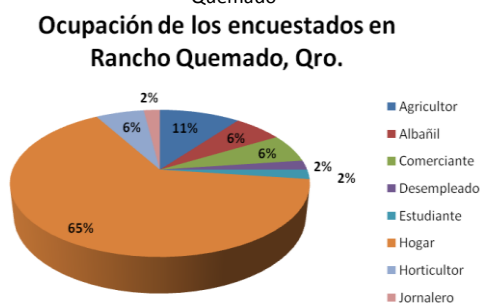
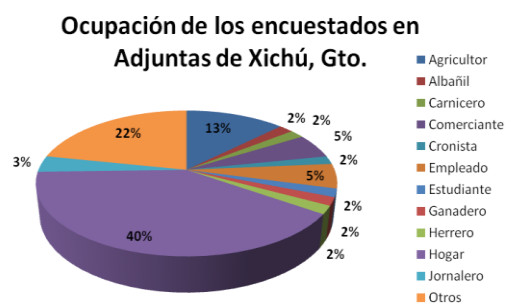


Figura 6.21. Gráfica de ocupación de los encuestados de Xichú.

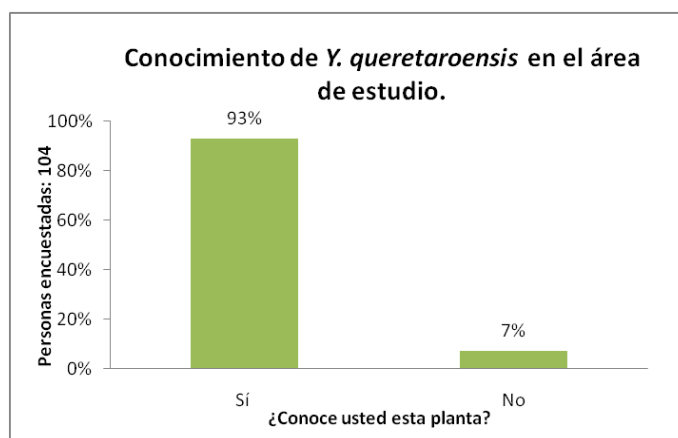


Análisis conjunto.

1. Nivel de conocimiento.

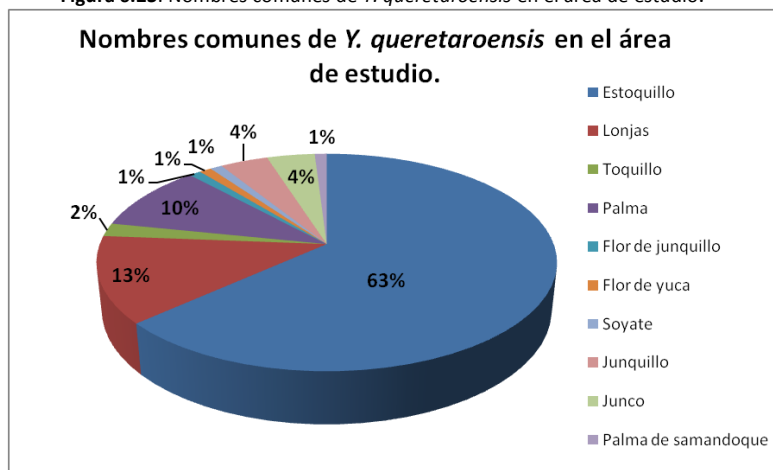
Pregunta: ¿Conoce usted esta planta? De 104 (100%) personas, 96 (93%) reconocen al ejemplar y 8 (7%) no lo conocen (Figura 6.22).

Figura 6.22. Personas que conocen *Y. queretaroensis* en el área de estudio.



Pregunta: ¿La planta tiene algún nombre común? La planta fue referida en 101 (100%) ocasiones entre las personas que habían afirmado conocerla, con diez diferentes nombres comunes, siendo el nombre de estoquillo el más frecuente con 64 (63%) menciones y el nombre de lonjas el segundo, con 13 (13%) menciones. El 24% restante corresponde a otros nombres con que la planta es conocida, como toquillo, palma, flor de junquillo, flor de yuca, soyate, junquillo, junco y palma de samandoque (Figura 6.23).

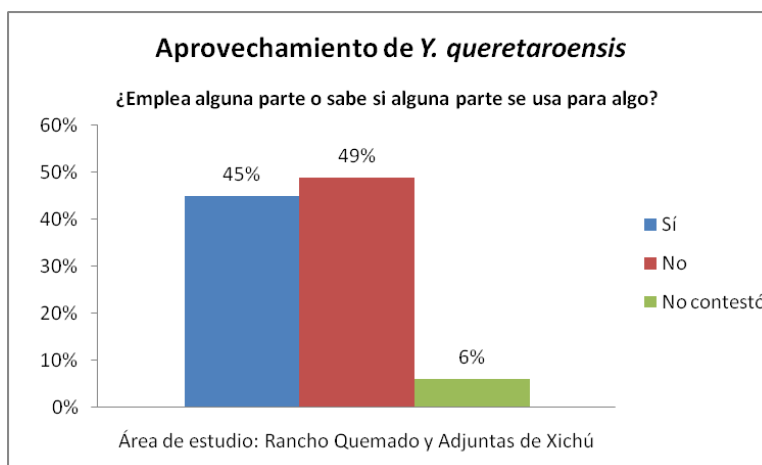
Figura 6.23. Nombres comunes de *Y. queretaroensis* en el área de estudio.



2. Aprovechamiento.

Pregunta: ¿Emplea alguna parte de la planta o sabe si alguna parte de la planta sea empleada para algo? Fueron 47 (45%) los encuestados que saben de al menos un uso de *Y. queretaroensis*, mientras que 51 (49%) desconocieron su uso y 6 (6%) no brindaron información (Figura 6.24).

Figura 6.24. Aprovechamiento de *Y. queretaroensis* en el área de estudio.



Pregunta: ¿Cuál parte de la planta utiliza, aproximadamente cuánta se emplea y para qué? Esta fue formulada a las personas que contestaron afirmativamente la pregunta anterior. De los 47 individuos que afirmaron emplear o conocer el uso de alguna parte de *Y. queretaroensis* en el área de estudio, algunos nombraron más de una parte, para obtener un total de 54 (100%) menciones. Según la encuesta, la hoja fue la parte de la planta más usada, con 42 (78%) menciones; mientras que 12 (22%) menciones refirieron otras partes, como tronco (9%), flores (11%) e incluso todo el individuo (2%) (Figura 6.25). El techado de las casas con hojas secas resultó ser el uso más común de *Y. queretaroensis* en el área de estudio. De 51 (100%) respuestas, 34 (66%) correspondieron a este uso. Otros usos menos constantes de las estructuras

de la planta fueron la flor como alimento (10%), fibras de hoja (6%) y tallo (6%) para tejer, uso ornamental (4%), entre otros (Figura 6.26).

Figura 6.25. Partes de *Y. queretaroensis* que han sido aprovechadas en el área de estudio.

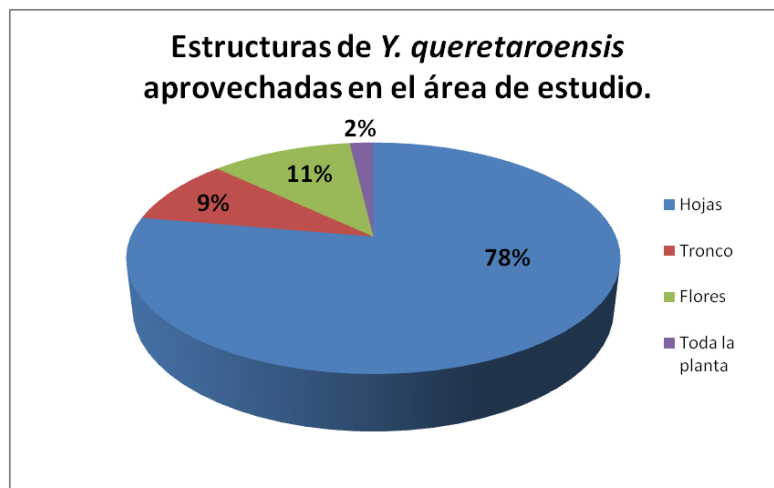
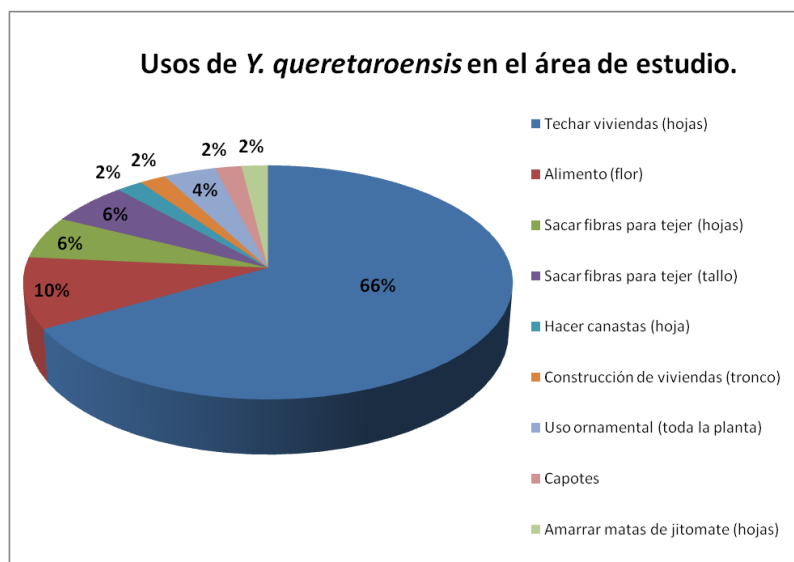
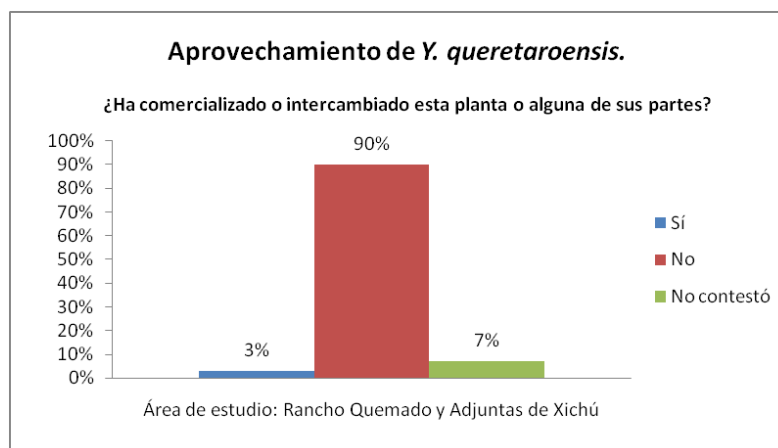


Figura 6.26. Usos de *Y. queretaroensis* en el área de estudio.



Pregunta: ¿Ha comercializado o intercambiado esta planta o alguna de sus partes? Solo 3 (3%) personas de las 104 (100%) encuestadas dijeron haber comercializado *Y. queretaroensis* o alguna de sus partes, como lo son la venta de hojas secas y la extracción de fibras del tallo; sin embargo, todas afirmaron haberlo hecho o visto hace más de veinte años. En algunos casos aseveraron que fueron sus padres quienes lo hicieron (Figura 6.27).

Figura 6.27. Comercialización o intercambio de *Y. queretaroensis* en el área de estudio.



3. *Capacidad de gobernanza del recurso.* Pregunta: ¿Participa o ha participado en acciones o actividades, organizadas por el gobierno mexicano, en relación con esta especie (planta)? 95 (91%) encuestados negaron participar o haber participado en estas actividades, una (1%) afirmó haber participado y ocho (8%) no contestaron.

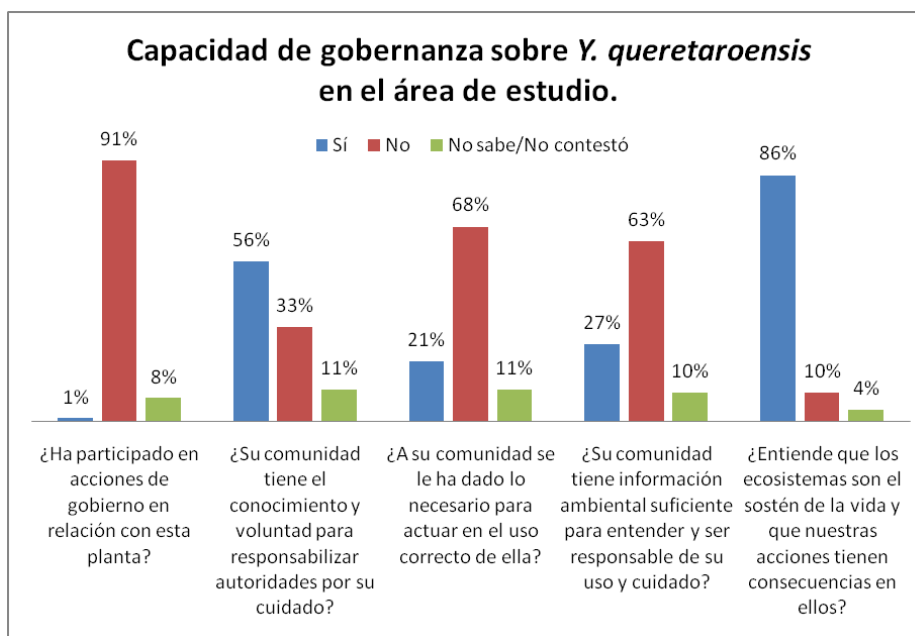
Pregunta: ¿Considera que su comunidad tiene el conocimiento y voluntad suficiente para responsabilizar a las autoridades (u otras personas) por el cuidado y conservación de esta planta? 59 (56%) encuestados creen que la comunidad puede responsabilizar a las autoridades por el cuidado y conservación de la especie, 35 (33%) respondieron negativamente y diez (11%) no contestaron.

Pregunta: ¿Considera que a su comunidad se le ha dado lo necesario (procesos) para actuar completa y directamente en el uso correcto y cuidado de esta planta? 22 (21%) encuestados opinan que sí se les ha dado lo necesario para actuar directamente en el uso correcto de la especie, 70 (68%) dijeron que no y 12 (11%) no respondieron.

Pregunta: ¿Cree que usted y su comunidad cuentan con información ambiental suficiente para entender y responsabilizarse del uso y cuidado de esta especie? 28 (27%) encuestados opinan que sí tiene la información ambiental suficiente para entender el uso de *Y. queretaroensis*, 66 (63%) respondieron que no y 10 (10%) no contestaron.

Pregunta: ¿Entiende usted que los ecosistemas (la Tierra, sus plantas y sus animales) son el sostén de la vida y de todos los grupos humanos (incluyendo su comunidad), y que todas nuestras acciones tienen consecuencias sobre ellos de alguna manera? 90 (86%) entienden que los ecosistemas son el sostén de la vida, 10 (10%) no lo entienden de esa manera y 4 (4%) no respondieron. (Figura 6.28).

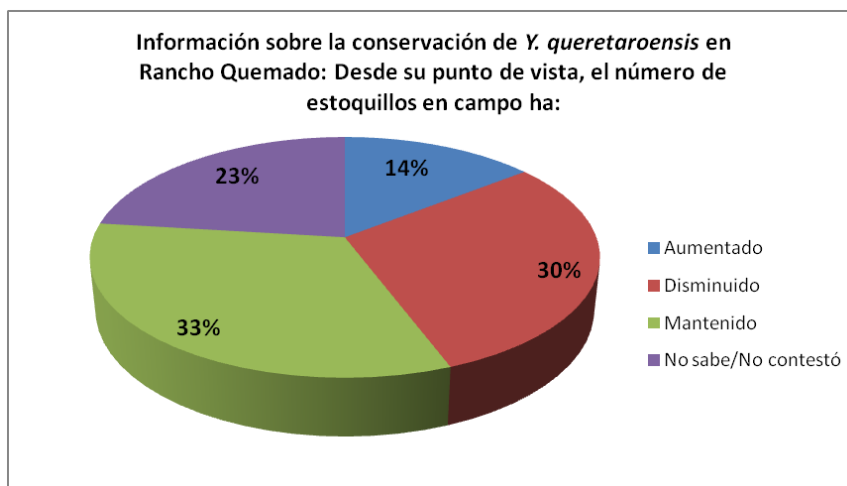
Figura 6.28. Respuestas sobre la capacidad de gobernanza en el área de estudio.



4. Información general acerca de la conservación o extracción de la planta.

Pregunta: Desde su punto de vista, ¿el número de estoquillos en campo ha aumentado, disminuido o se ha mantenido? En el área de estudio, 34 (33%) entrevistados creen que la población de *Y. queretaroensis* se ha mantenido en los últimos años, 15 (14%) creen que los estoquillos han aumentado en número, 31 (30%) que piensan que han disminuido, y, finalmente 24 (23%) no brindaron datos por falta de información o por desconocer la planta (Figura 6.29).

Figura 6.29. Situación actual de la población de *Y. queretaroensis* en el área de estudio, según sus habitantes.

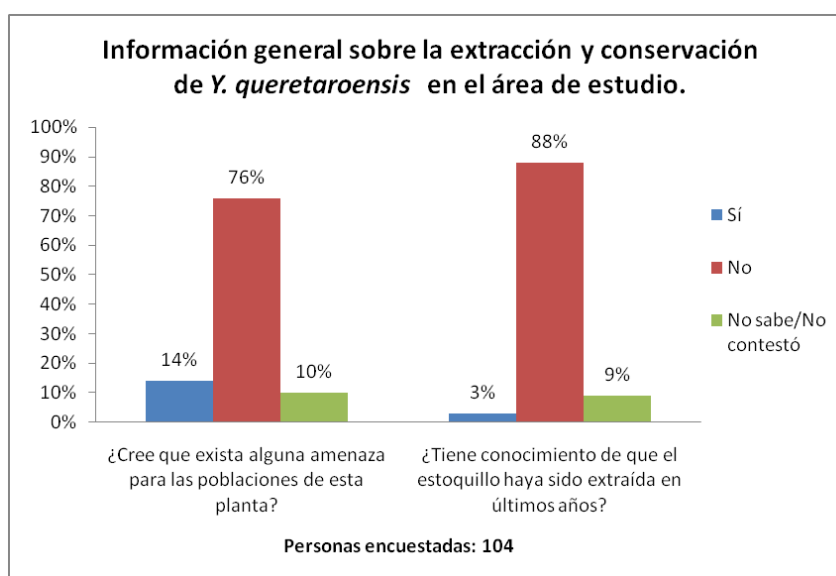


Pregunta: ¿Cree usted que exista alguna amenaza para las poblaciones de esta planta en las localidades que usted conoce? 79 (76%) personas no creen que exista algún factor que ponga en riesgo la existencia de esta especie en el área

de estudio y 15 (14%) piensan que sí, mientras que parte considerable de la muestra, 10 (10%), indicaron no saber o no estar seguros de que exista alguna amenaza, o no contestaron.

Pregunta: ¿Tiene conocimiento de que la planta de estoquillo haya sido extraída en los últimos años? La mayoría de los encuestados, 92 (88%), negaron saber sobre la extracción reciente de *Y. queretaroensis*, aunque hubo 3 (3%) menciones de haber escuchado algo al respecto. Inclusive, una persona afirma que se trata de una persona estadounidense, originaria de Phoenix, Arizona. La gran mayoría de las personas que contestaron no saber de esta cuestión en años recientes, afirmaron que hace muchos años, más de 20 o 30, sí era extraída. (Figura 6.30).

Figura 6.30. Información general sobre amenazas de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado, Qro



Pregunta: ¿De qué amenaza se trata? Esta fue formulada a quienes contestaron afirmativamente a la pregunta ¿Cree usted que exista alguna amenaza para las poblaciones de esta planta en las localidades que usted conoce? De 15 (100%) personas que nombraron amenazas, 4 (27%) mencionaron la sequía, 4 (27%) el saqueo, 4 (27%) la deforestación, una (6%) la herbivoría e inclusive 2 (13%), a la naturaleza misma, sin especificar (Figura 6.31).

Figura 6.31. Amenazas contra *Y. queretaroensis* en el área de estudio, según la percepción de sus habitantes.



Calificación por localidad. Una vez obtenidos los resultados de los cuestionarios, fueron asignadas a cada uno las calificaciones correspondientes por sección: conocimiento, aprovechamiento y capacidad de gobernanza del recurso. Para tener una cifra única que determine el nivel de conocimiento, aprovechamiento y capacidad de gobernanza sobre *Y. queretaroensis* por localidad, se obtuvo el promedio de todas las encuestas respectivas (Cuadro 6.2).

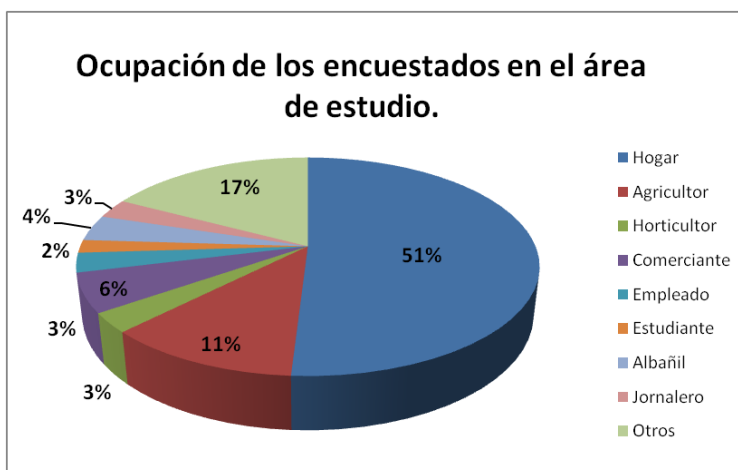
Cuadro 6.2. Calificaciones resultantes de la aplicación de la encuesta a toda la muestra de personas en las dos localidades de estudio.

Conocimiento (0-2)	Aprovechamiento (0-5)	Gobernanza (0-5)
1.78	0.95	1.94

Información adicional. Sexo de los encuestados. En el área de estudio se encontraron más mujeres (63%) que hombres (37%).

Información adicional. Ocupación de los encuestados. Sobre la ocupación de las personas encuestadas, las labores dentro del hogar son actividad más mencionada, pues 53 (51%) se dedican a esto (Figura 6.32).

Figura 6.32. Gráfica de ocupación de los encuestados en el área de estudio.



III. Discusión.

Existe escasez de habitantes adultos en la localidad de Rancho Quemado, lo que hizo necesaria la aplicación de 26 encuestas en la cercana comunidad de Adjuntas de Higueras. Aún así hizo falta aplicar cuatro encuestas en el entorno Rancho Quemado-Adjuntas de Higueras. Por su parte, en Adjuntas de Xichú no había acceso más que a unas cuantas viviendas sobre el pie de la carretera, por lo que fue necesario entrevistar a algunas personas que se encontraban en los caminos de los alrededores en el tramo comprendido entre la cabecera municipal de Xichú y la comunidad de Organitos. Es probable que la migración de habitantes influya en el hecho de que se encuentran pocos adultos en las localidades. Es conocido el hecho de que existen importantes procesos de migración internacional o urbana debido a la falta de empleo o

a los ingresos limitados en los países latinos (Mora y Fernández, 2004), lo que probablemente deriva en el despoblamiento de los municipios rurales (Mojarro y Benítez, 2010).

En términos de nivel de conocimiento, ambas localidades tienen un elevado porcentaje de personas que conocen e identifican a *Y. queretaroensis*: en ambas localidades, más del 85% de la muestra encuestada la conoce, y muchos la refieren con varios nombres comunes. Garibaldi y Turner (2004) mencionan, entre los criterios básicos para la determinación de especies culturalmente claves, el número de nombres asignados a cada especie. Cada nombre es una función de su importancia cultural, por lo que a mayor número de nombres, la especie tiene una mayor incidencia cultural, situación que aparenta tener *Y. queretaroensis*. Sin embargo, es importante acotar que se observó que algunos de estos nombres (“Junquillo” en Rancho Quemado, “Junco” en Adjuntas de Xichú) son aplicados indistintamente tanto a la especie como a *Dasyilirion quadrangulatum*, por lo que probablemente están siendo confundidas.

En cuanto a su aprovechamiento, el porcentaje de personas encuestadas que refiere algún uso es notablemente menor que el de aquellos que declaran conocer la planta. Aparentemente, la especie fue muy usada para el techado de las viviendas, pero no se utiliza actualmente debido al empleo de cemento para construcción de viviendas, a menudo gracias a programas de gobierno creados por la Secretaría del Desarrollo Social (SEDESOL). Si bien el descenso de uso masivo de la planta es benéfico para la estabilidad de la misma en su población natural, la pérdida, desaparición o transculturización de los usos y procedimientos tradicionales conllevan a la pérdida de un enorme conocimiento y a la vulnerabilidad compartida entre las poblaciones humanas y sus recursos vegetales (Pérez *et al.*, 2001). Aparentemente *Y. queretaroensis* tiene diversos usos, declarados por un porcentaje muy bajo de los encuestados -flor como alimento, fibras de hojas y tallo para tejer, y elaboración de canastos y suaderos con las hojas y uso ornamental-. La multiplicidad de usos es otro criterio empleado por Garibaldi y Turner (2004) para la definición de una especie culturalmente clave, misma que podría ser *Y. queretaroensis*. Cabe hacer mención nuevamente de que la especie quizás es confundida con otras plantas que tienen forma de roseta con hojas delgadas. En Xichú, 3% de las personas que mencionaron algún uso refirieron el de empleo de la planta para elaboración de adornos para fiestas patronales, ampliamente documentado para *Dasyilirion acrotrichum*, (Bravo y Fortanelli, 2004; Haeckel, 2008). Sin embargo, los encuestados de ambas comunidades negaron haber participado alguna vez en actividades de comercio o intercambio del estoquillo, salvo tres personas que reportaron haber estado vinculados con actividades relativas a esta planta hace veinte o treinta años. La importancia de *Y. queretaroensis* como especie culturalmente clave se une a su importancia en el medio natural y se suma a los elementos por los cuales merece ser objeto de un manejo adecuado por mecanismos de gobernanza ambiental.

La capacidad de gobernanza de este recurso presenta un patrón similar en ambas comunidades, pero con diferencias sustanciales entre una y otra. Se toman como referencia para este trabajo los cinco principios que se vinculan a las buenas prácticas de gobernanza ambiental (WRI, 2003; en Piñeiro, 2004): 1. Participación: interacción de los interesados o afectados por las decisiones ambientales antes de tomarlas; 2. Capacidad: facultad de la sociedad civil para hacer responsables de sus actos a los que toman las decisiones en los ámbitos público y privado; 3. Subsidiariedad: toma de

decisiones en materia ambiental en el nivel adecuado a la escala del problema que se está analizando; 4. Accesibilidad: facilidad de obtención de información ambiental acerca de decisiones alternativas, oportunidad real de participar en las decisiones y modificarlas; y, 5. Integración: conjugar los aspectos ambientales a todas las decisiones de gobierno, siendo los ecosistemas el sostén de la vida y de los sistemas sociales humanos toda decisión impactará sobre ellos. En términos generales, el nivel de conocimiento no es muy bajo para ambas localidades que obtuvieron valores cercanos a 2, mientras que el de aprovechamiento sí lo es, con cifras mucho menores a 5. La capacidad de gobernanza, también es baja en ambas localidades. Ahora bien, Rancho Quemado es superior a Xichú en cuanto al nivel de conocimiento de la planta y a la capacidad de gobernanza ambiental que potencialmente podría tener la localidad. Sin embargo, hay un mayor aprovechamiento de la misma en Xichú. Ambas localidades podrían ser sujetas del establecimiento de un plan o proyecto que tenga como finalidad la gestión y manejo sustentable de un recurso natural, en este caso *Y. queretaroensis*. Según Delgado *et al.* (2007), el desarrollo de una estrategia de manejo sustentable de un recurso natural, conlleva la determinación de variables tales como a) actores sociales que afectan y se ven afectados por un problema ecológico ambiental, b) servicios ecosistémicos directos o indirectos, c) capital social de unión, d) capital social de puente y e) políticas regionales de desarrollo económico. El inicio del proceso de gobernanza ambiental de *Y. queretaroensis* deberá considerar algunos de estos factores, dado que la especie está probablemente amenazada en su permanencia en el medio natural y no es sujeto de manejo o explotación en el corto o mediano plazo: a) los actores sociales que afectan y se ven afectados por el problema ecológico ambiental y que deberán estar involucrados son los habitantes cercanos a *Y. queretaroensis*, junto con las directivas de las Áreas Naturales Protegidas donde la especie se distribuye, las autoridades estatales y federales a cargo de la conservación, vigilancia y sanción al mal uso de los recursos naturales, y las instituciones educativas y de investigación regionales y nacionales; b) los servicios ecosistémicos directos o indirectos que proporciona la especie deben ser dados a conocer y la información a utilizar podría ser la generada a través de este proyecto; c) el capital social de unión, que suele ser determinante en el adecuado devenir de estos proyectos, y que probablemente no es muy fuerte, dada la migración y el despoblamiento que se da en muchos municipios rurales de México, y que debería ser reforzado a través de algún proceso de integración entre los habitantes de la zona que, además, promueva su sentido de pertenencia, y d) el capital social de puente, que podría ser un establecimiento de una asociación entre los habitantes cercanos a la especie, y que podría ser la consecuencia del fortalecimiento del capital social de unión.

En ambas comunidades se tiene la creencia de que la gente puede lograr que el gobierno se responsabilice del cuidado del estoquillo. Esta percepción probablemente se derivó de una mala comprensión de la pregunta VII del cuestionario, cuyo objetivo era conocer si las personas encuestadas consideraban que podrían responsabilizar a autoridades y a otras personas competentes por el cuidado y conservación de la planta. La respuesta se sesgó exclusivamente a la responsabilización de la autoridad. Sin embargo, existen circunstancias que podrían ser favorables para la construcción de una responsabilidad compartida entre la comunidad y las autoridades. La realización de asambleas ejidales donde se logran acuerdos para proteger sus recursos naturales se da en ambas localidades y podría ser favorable para futuras tomas de decisiones y acuerdos conjuntos con las autoridades competentes. Adicionalmente, en Rancho Quemado se mencionó la participación de la comunidad en actividades de reforestación con diversas especies del semidesierto,

aunque no se incluye *Y. queretaroensis*. Probablemente estas actividades dieron pie a que algunos encuestados contestaran que sí cuentan con elementos necesarios para actuar en favor de la especie. En Adjuntas de Xichú se nota la ausencia de procesos de capacitación o de actividades forestales y son muy pocas las personas que afirman tener lo necesario para actuar en el uso correcto de la especie. La mayoría niega tener la información ambiental suficiente para actuar correctamente en el uso del estoquillo en ambas comunidades.

Finalmente, ambas comunidades dicen entender a los ecosistemas como sostén de vida en la Tierra. Los resultados de las 5 preguntas propuestas para conocer la gobernanza sugieren que hay voluntad y capacidad de participar en actividades forestales, así como el reconocimiento de la importancia de la naturaleza para las comunidades humanas. Sin embargo, *Y. queretaroensis* presenta ciertos inconvenientes para ser una especie de interés para los pobladores locales, quienes mencionan que crece en la parte alta de los cerros, lejos de las comunidades, y los animales ramoneadores no se alimentan de ella; además de ya no ser empleada en la construcción de techos.

Notables son los dos testimonios de personas que afirmaron conocer de su extracción. Una de esas personas afirmó que hace un año, durante el 2011, vinieron extranjeros a llevarse algunos ejemplares, sin especificar su origen o la cantidad de estoquillos que se llevaron. Otra persona comenta que se trata de una persona estadounidense de Phoenix, Arizona quien se ha llevado la planta. Esto puede tratarse de un caso de saqueo para comercio hacia el exterior, pues se sabe que al menos desde el 2006 se han ofrecido ejemplares de *Y. queretaroensis* de tamaño considerable recolectados en medio silvestre en el mercado internacional (PC18 Doc. 21.1, 2009).

Es necesario, por tanto, un replanteamiento de las actividades para la instauración de un proceso de gobernanza ambiental en favor de *Y. queretaroensis*, que es una especie de alto valor dentro del ecosistema, pero cuya importancia cultural tiende a ir mermando a medida que las generaciones que la emplearon van dando paso a las nuevas, que desconocen sus usos. El proceso de gobernanza debe dar inicio con la capacitación acerca de la importancia de la especie y de las amenazas que enfrenta para su supervivencia, incluidos su baja tasa de crecimiento, su baja tasa de reproducción por semilla y su alto potencial ornamental, buscado por comerciantes nacionales y extranjeros. A esto debe seguir otro proceso de capacitación sobre los procedimientos legales vigentes para la vigilancia y sanción del saqueo de la especie. Y hacia el rumbo de la participación social debe encaminarse el proyecto en pro de la conservación de la especie: uno de sus objetivos centrales debe ser promover procesos participativos de construcción de conocimientos y, en consecuencia, de soluciones que pasen por el consenso social, y por las complejas realidades sociales y ecológicas que enfrentan las sociedades actuales (Reyes, 2006).

Una circunstancia que se repite con otros casos similares de especies amenazadas para las que se busca una salida mediante la generación de proyectos de conservación con los habitantes cercanos a ellas (Maruri *et al.*, en prensa), es la prevalencia de mujeres adultas en las comunidades, por encima de los hombres. Se aplicaron más encuestas a mujeres que a hombres, lo que quizá dependió del horario en que se aplicaron (12 a 4 pm). Hace falta hacer un análisis más detallado sobre el tejido social de la comunidad y sobre la presencia o ausencia real de los hombres adultos, pero en este

caso, la población femenina, dedicada a las actividades del hogar, podría ser un factor de impulso para el aprovechamiento de recursos naturales mediante actividades o proyectos que permitan la gobernanza del recurso.

VI. Conclusiones

- *Y. queretaroensis* es identificada y reconocida por una alta proporción de la muestra encuestada para este proyecto, tomada de los habitantes de localidades cercanos a la zona de distribución.
- La percepción de la especie como un recurso no está definida entre los encuestados, quienes manifiestan que la planta va cayendo en desuso dentro de las tareas en las que tradicionalmente se ha empleado.
- No es clara la identificación de amenazas a la especie por parte de los habitantes de las localidades encuestadas, ni se puede inferir con nitidez si la población de la misma ha sufrido cambios recientes.
- Aparentemente, *Y. queretaroensis* es fácilmente confundible con otras plantas que presentan morfología similar, como *Dasyilirion longissimum* y *D. acrotrichum*, entre los habitantes de las localidades encuestadas.
- *Y. queretaroensis* puede considerarse como una especie clave desde el punto de vista cultural, debido la cantidad de nombres comunes con los que se reconoce a la especie y también a la cantidad de posibles usos que tiene.
- Para ambas localidades de estudio (Rancho Quemado, Qro. y Xichú, Gto.) la capacidad potencial de gobernanza ambiental es baja.
- La presencia de antecedentes en actividades de reunión y trabajo común en favor del territorio, como asambleas ejidales y jornadas de reforestación, es favorable para el establecimiento de esquemas de trabajo que desarrollen sentido de responsabilidad y trabajo en equipo para la conservación *in situ* de la planta.
- El proceso de gobernanza deber dar inicio con la capacitación sobre la importancia de la especie y las amenazas que presenta, seguido por otra acerca de los procedimientos legales vigentes para su vigilancia y protección.

VII. Literatura citada

- Bravo O. y J. Fortanelli. 2004. Religiosidad e identidad en una comunidad de pequeños horticultores del altiplano potosino. *Cuicuilco* **11**(32)43-72.
- Delgado, L., P. Bachmann y B. Oñate. 2007. Gobernanza ambiental: una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana. *Revista ambiente y desarrollo de CIPMA* **23**(3):68-73
- Garibaldi, A. and N. Turner. 2004. Cultural keystone species: implications for ecological conservation and restoration. *Ecology and Society* **9**(3):1.
- Haeckel, I. 2008. The "Arco Floral": Ethnobotany of *Tillandsia* and *Dasyilirion* spp. in a Mexican Religious Adornment. *Economic Botany* **62**(1)90-95.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo de Población y Vivienda 2010. www.inegi.org.mx.

- Maruri, B. Guimont-Fitz, E. Sánchez, N. Gravel y C. Dubé. La protección de los recursos naturales en la comunidad de El Arbolito: Íncipit de un proceso de gobernanza ambiental para el Semidesierto Queretano. En: *Gobernanza Ambiental para el Manejo Sustentable de Recursos: La experiencia de Canadá en México*. En prensa.
- Mojarro, O. y G. Benítez. 2010. El despoblamiento de los municipios rurales de México, 2000-2005. In: *La situación demográfica de México 2010*. Edición electrónica del Consejo Nacional de Población. México, D. F. 236 p.
- Mora, J. y L. Fernández, 2004. El estado de la inseguridad alimentaria en Centroamérica y México. FAO/CAC/CORECA. México.
- Nuestro México. 2012. Estados, municipios y localidades de todo México. En: www.nuestro-mexico.com.
- Pérez, M. 2001. Prólogo. En: Rendón, A., S. Rebollar, J. Caballero y M. Martínez (Eds.). *Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. 1ª edición. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa y Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 315 p.
- PC18 Doc. 21.1. 2009. Comercio de Agavaceae. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestres. Decimoctava reunión del Comité de Flora. Buenos Aires, Argentina. En: <http://www.cites.org/esp/com/pc/18/S-PC18-21-01.pdf>.
- Piñeiro, D. 2004. Movimientos sociales, gobernanza ambiental y desarrollo territorial rural. Departamento de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de la República. RIMISP. Uruguay. 47 p.
- Reyes, J. 2006. La participación social en la investigación de problemas ambientales. In: Ken Oyama, y Alicia Castillo, (coords.), *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México*. Editorial Siglo XXI. México, D. F. p. 43-63.
- Santes-Álvarez, R. 2009. Replantando la interacción gobierno-sociedad: lecciones de la gobernanza ambiental en la Franja México-Estados Unidos. Grupo Eumednet/Universidad de Málaga. En: <http://www.eumed.net/libros/2009c/603>.
- Torres, M., K. Paz y F. Salazar, 2006. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. Boletín electrónico No. 02. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.

Objetivo 7

Conformar un listado de los viveros nacionales y extranjeros que comercializan *Yucca queretaroensis*, y valorar la probabilidad de que estén relacionados con actividades o procesos ilícitos y/o irregulares.

Producto.

Listado de los viveros nacionales y extranjeros que comercializan *Yucca queretaroensis* y análisis de sus medios de propagación y obtención.

I. Introducción

En este documento se presentan los resultados y análisis de las investigaciones relacionadas con el comercio nacional e internacional de *Y. queretaroensis*. Debido a que una de las finalidades del presente proyecto consistió en aportar la información suficiente para que las instituciones correspondientes actúen en pro de la conservación de esta especie, deben destacarse los resultados de las investigaciones sobre los viveros que comercializan con plantas maduras, plántulas y semillas. Los resultados aquí presentados permiten documentar y corroborar que una amenaza real a las poblaciones de *Y. queretaroensis* es la demanda que de ella existe en el comercio internacional. De no existir medidas regulatorias para su protección, esta situación podría poner en riesgo la permanencia de esta especie en el medio silvestre.

II. Métodos

El trabajo de investigación en este apartado comprendió cinco etapas:

Primera. Se investigó a través de internet, usando los buscadores “Google” y “Metacrawler”, sobre los invernaderos o viveros que reproducen y/o comercializan la especie, empleando como palabras clave para la búsqueda los siguientes términos: “*Yucca queretaroensis*”, “reproducción” y “comercialización”, en español e inglés, durante un periodo anual (marzo del 2011 a marzo del 2012).

Segunda. Se complementó la búsqueda mediante información solicitada a los organismos nacionales y extranjeros que regulan las autorizaciones para el manejo y aprovechamiento de la especie, así como de las entidades internacionales que regulan, vigilan o documentan el tráfico (legal e ilegal) de la vida silvestre. La información requerida fue:

- a) Un directorio histórico y actualizado de las autorizaciones de aprovechamiento y manejo de *Y. queretaroensis*;
- b) Información detallada acerca de las Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento (UMA) que trabajen con la especie, su vigencia, plan de manejo e indicadores del éxito obtenido, comprendiendo, al menos, el período 1989-2011;
- c) La misma información en relación a permisos para la colecta científica o cualesquier otra forma de adquisición de material biológico de esta especie o sus partes;
- d) Información sobre aseguramientos o decomisos de esta especie o sus partes, registrados desde 1989 a la fecha; y

- e) Cualquier otra información que sea indicativa o relevante para conocer el aprovechamiento o comercio, autorizado o no, de la *Y. queretaroensis*.

Tercera. Se consultaron las siguientes bases de datos: “United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre” (UNEP-WCMC), “CITES Species Database”, “CITES Trade Database” y el compendio digital especializado en el comercio centrado en la Unión Europea “EU Wildlife Trade Regulation Database”. También fue consultada la representación de TRAFFIC-México (*Trade Records Analysis of Flora and Fauna in Commerce*).

Cuarta. A la lista final de empresas detectadas como ofertantes de *Y. queretaroensis*, se les envió una misiva pidiendo su cooperación mediante la aportación de la información solicitada en el cuestionario denominado “Viveros e invernaderos del mundo que propagan o comercializan *Y. queretaroensis*” (Figura 7.1).

Quinta. A partir de las respuestas recibidas, se elaboró una síntesis del perfil de estas empresas y un análisis de los registros obtenidos, que se presenta dentro de la discusión.

Se incluye en los resultados un tabulado que presenta la última actualización respecto a la actividad comercial de los viveros identificados como ofertantes de *Y. queretaroensis*, recabada en marzo de 2013. Se presentan también los resultados de la consulta efectuada por la Autoridad Científica Mexicana de CITES, durante el mes de agosto de 2012, a sus pares de la Unión Europea y Norteamérica, mediante el Oficio DEAI-239/2012, en el cual solicitaron indagar lo siguiente:

1. Si se tiene conocimiento de que *Y. queretaroensis* se comercialice en su país;
2. De ser el caso, especificar el tipo de especímenes en comercio: a) semillas; b) plantas pequeñas (rosetas sin tallo); c) plantas medianas (hasta 70 cm de altura, con tallo); d) plantas adultas (70 o más cm de altura, con tallo); e) especímenes desconocidos; o f), otros.
3. Especificar el origen de los especímenes comercializados (propagación artificial, silvestre, ambos, o desconocido).
4. De conocerse, proporcionar información de contacto (y otra) sobre los viveros que ofrecen *Y. queretaroensis* en su país.
5. Proporcionar cualquier otra información pertinente sobre el comercio de *Y. queretaroensis*.

Se incluye también un apartado denominado “Información adicional”, que contiene datos adicionales recabados durante la aplicación de la metodología de esta sección, cuya naturaleza no permite situarlos dentro de la estructura de los resultados, pero que se consideran de importancia suficiente como para ser consignados dentro del capítulo.

Figura 7.1. Cuestionario “Viveros e invernaderos del mundo que propagan *Yucca queretaroensis*”.

VIVEROS E INVERNADEROS DEL MUNDO QUE PROPAGAN O COMERCIALIZAN *Yucca queretaroensis*.

DATOS GENERALES
Nombre de la empresa:
Propietario:
País:
Dirección:
Teléfono:
Correo electrónico:
Giro o concepto:

Indique si propaga o comercializa *Yucca queretaroensis*.

En caso afirmativo, ¿desde cuándo lo hace?

Las siguientes preguntas nos permitirán ponderar la contribución de su empresa a la conservación de la especie queretana *Yucca queretaroensis*, le suplicamos responder con la mayor veracidad y honestidad:

A) PERMISOS.
I. ¿Su negocio cuenta con las autorizaciones y registros necesarios (nacionales e internacionales) para reproducir y/o comercializar especies de flora silvestre? Mencínelos.
a) Sí.
b) No.

II. ¿Tiene el o los documentos que respaldan la legal procedencia de las plantas madre de *Yucca queretaroensis* Piña? Mencínelos.
a) Sí.
b) No.

B) CAPACIDADES TÉCNICAS PARA LA PROPAGACIÓN.
III. ¿Considera que su área de producción tiene las capacidades técnicas suficientes para producir *Yucca queretaroensis* con eficiencia?
a) Sí.
b) No.

Si la respuesta es afirmativa, por favor, comente: a) ¿Cuál es su método de propagación?; b) ¿Qué tipo de propágulo emplea y cuál es su disponibilidad?; c) ¿Cuál es el porcentaje de germinación, brotación o enraizamiento en su procedimiento de propagación?; d) ¿Cuál es la tasa de crecimiento (cm/año); e) ¿Cuál el porcentaje de sobrevivencia promedio en su línea de producción?

C) RELACIÓN PRECIO-PRODUCTO Y OFERTA-DEMANDA.
IV. ¿Considera que su oferta es suficiente y sus precios competitivos?
a) Sí.
b) No.

Si la respuesta es positiva indicar claramente: a) la cantidad de plantas en su inventario; b) el tamaño de las plantas; c) el precio de las plantas de acuerdo con el tamaño; d) la capacidad de producción anual; e) si ha comercializado alguna vez plantas silvestres.

D) AUSENCIA DE PRUEBAS EXPLÍCITAS DE IRREGULARIDADES.
(Este apartado será evaluado, en parte, por los encuestadores mediante la corroboración, directa o indirecta, de que no existen señales de anomalías en la operación de las empresas encuestadas; para esto se revisará, hasta donde sea posible, que los sitios cuenten efectivamente con los permisos correspondientes y que no existan indicios de la comisión de faltas o delitos. También se considerará que no exista dolo o intención de fraude.).

V. ¿Su empresa tiene y cumple con un código ético establecido en el cual se incluyen restricciones para el manejo de flora nativa ilegalmente adquirida, por las consecuencias que esto entraña? Si lo desea comente al respecto.
a) Sí.
b) No.

(Si la respuesta es afirmativa, y no existen pruebas que contravengan la declaración, calificar con 0; si es negativa y existen indicios fehacientes de posibles irregularidades, 1 punto).

III. Resultados

Se presentan los resultados de las primeras cuatro etapas mencionadas en los métodos, debido a que la etapa cinco, que se refiere al análisis y discusión de los resultados, se remite a este apartado del documento.

1. Información obtenida directamente de Internet. A través de la búsqueda en internet con las palabras clave “*Yucca queretaroensis*”, “reproducción” y “comercialización”, en español e inglés, se encontraron 13 viveros que comercializan la especie, cinco de ellos (38.46 %) establecidos en los Estados Unidos de América y ocho (61.54 %) se encuentran en países europeos. Cinco de ellos (38.46 %) ofrecen a la venta plantas adultas (Cuadro 7.1).

Cuadro 7.1. Listado de empresas que reproducen o comercian con *Y. queretaroensis*.

Nombre	País	URL	Tipo de material	Precio (USD)
Plant Delights Nursery Inc.	Estados Unidos de América	www.plantdelights.com	Plántulas	14.00
T & J Palms and Yucca's	Holanda	www.tenjpalmseyuccas.nl	Plántulas	46.00
San Marcos Growers	Estados Unidos de América	www.smgrowers.com	Plántulas	No disponible
Tropical Centre	Holanda	www.tropicalcentre.com	Plantas adultas	578.00-1,577.00
Musa Palm	Bélgica	www.musapalm.be	Plantas adultas	519.00-2,185.00
Kraut & Ruam	Alemania	www.krautstecher-ruam.de	Plántulas	19.60
Bonjo Versand	Alemania	www.bonjoversand.de	Plantas adultas	662.00-1,157.00
Crazy Palm Garden	Francia	www.crazypalmgarden.fr	Plantas adultas	551.00
Succulent Tissue Culture	Holanda	www.succulent-tissue-culture.com	Plántulas.	9.86
J T Mayo Farms	Estados Unidos de América	www.mayofarmsnursery.com	Plántulas.	No disponible
Yucca Do Nursery Inc.	Estados Unidos de América	www.yuccado.com	Plántulas.	No disponible
A l'ombre des figuiers	Francia	www.alombredesfiguiers.com	Plantas adultas	638.00
Peckerwood Garden Conservation Foundation	Estados Unidos de América	www.peckerwoodgarden.org	Plántulas	15.00
Köhres Kakteen	Alemania	http://www.koehres-kaktus.de	Semillas	ND
Rare Palm Seeds	Alemania	http://www.rarepalmseeds.com	Semillas	ND

2. Información solicitada a los organismos nacionales y extranjeros. A nivel nacional se enviaron misivas a 19 entidades oficiales (Cuadro 7.2), preguntando por los puntos I a V mencionados en la segunda etapa de los métodos. Se obtuvieron cinco respuestas de las 19 solicitudes enviadas (Cuadro 7.3).

Cuadro 7.2. Organismos nacionales consultados sobre el comercio de *Y. queretaroensis*.

Institución	Destinatario (s)
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Dirección de Enlace y Asuntos Internacionales.	Hesiquio Benítez Díaz Alejandra García Naranjo Ortiz de la Huerta
Experto CITES en plantas (CONABIO)	Patricia Dávila Aranda
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Persona Encargada para asuntos CITES	Karla Isabel Acosta Resendí Francisco Javier Navarrete Estrada
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	José Carlos Fernández
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Dirección General de Vida Silvestre	Martín Vargas Prieto Benjamín González Brizuela
Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (SEMARNAT)	Francisco García García
Jefe de la Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales (SEMARNAT)	Enrique Lendo Fuentes
Delegación Estatal en Querétaro de la SEMARNAT	Gerardo Serrato Ángeles
Delegación Estatal en Hidalgo de la SEMARNAT	Martín Bermúdez Mendoza
Delegación Estatal en Guanajuato de la SEMARNAT	Francisco Javier Camarena Juárez
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Coordinador de Asuntos Internacionales	Kenneth Patrick Smith Ramos
Director de Relaciones Internacionales (SAGARPA)	María de Lourdes Cruz Trinidad
Coordinador General de Enlace y Operación (SAGARPA)	Pedro Ernesto Castillo de la Cueva
Delegación Estatal en Querétaro de la SAGARPA	Carl Heinz Dobler Mehner
Delegación Estatal en Hidalgo de la SAGARPA	Francisco Velarde García Juan Daniel Rincón Gatica
Delegación Estatal en Guanajuato de la SAGARPA	Francisco López Tostado
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) Dirección de la Reserva de la Biosfera "Sierra Gorda"	Gabriel Vázquez Sánchez
Dirección de la Reserva de la Biosfera "Sierra Gorda Guanajuato" (CONANP)	Luis Felipe Vázquez Sandoval
Consejo Estatal de Ecología de Hidalgo (COEDEH) Subdirección de Planeación y Ordenamiento Ecológico Territorial	Vicente Escalante Richards

Cuadro 7.3. Relación de respuestas obtenidas de las autoridades mexicanas relacionadas con el manejo y aprovechamiento de la vida silvestre, en torno a *Y. queretaroensis*.

Entidad	Funcionario	Vía	Fecha de recepción/ Comunicación	Síntesis de la Respuesta
Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT)	M. V. Z. Martín Vargas Prieto, Director General.		13 –julio-2011	"Se revisaron las bases de datos de esta Dirección de Aprovechamiento de la Vida Silvestre y no se encontró información alguna relacionada con UMAS, que manejen, la especie de <i>Yucca queretaroensis</i> " (sic).
Dirección de Aprovechamiento de la Vida Silvestre (DGVS, SEMARNAT)	M.V.Z. Benjamín González Brizuela, Director.	Telefónica	8-agosto- 2011	"no existen (ni han existido) autorizaciones de aprovechamiento de semillas ni plantas (grandes) de <i>Yucca queretaroensis</i> ." "hay que hacer que las partes del comité CITES respeten las leyes y no respalden aprovechamientos en sus países de plantas que fueron extraídas por vías clandestinas (sic)."
Delegación Estatal en Querétaro de la SEMARNAT	Biól. Claudia Nicolás Garibay, Jefe del Departamento de Vida Silvestre.	Correo electrónico	13-Julio-2011	(...) "del total de UMAS vigentes (52) en el estado (Querétaro) ninguna de ellas tiene registrado en su plan de manejo a la especie en estudio (<i>Yucca queretaroensis</i>) y de acuerdo a sus inventarios sólo la UMA que usted [Ing. Emiliano Sánchez Martínez] representa las reporta."
Delegación Estatal en Querétaro de la SAGARPA	Ing. Carl Heinz Dobler Mehner, Delegado Estatal.	Oficio No. 142.1.3.2/1 0 7/2011 (0820)	20-julio-2011	Respuesta de cortesía para indicar que en dicha Secretaría no se atienden, ni autorizan planes de manejo y/o aprovechamiento de especies o recursos considerados como forestales.
Dirección de la Reserva de la Biosfera "Sierra Gorda" (CONANP)	Lic. Gabriel Vázquez Sánchez, Director.	Oficio No. 113/RBSG/2 011	17-agosto-2011	Inciso I: "previa revisión del archivo histórico y activo de documentos que comprenden desde el decreto de nuestra Área Natural Protegida en 1997 a la actualidad, no se registra recepción de ninguna solicitud de aprovechamiento."
				Inciso II: "no se tiene conocimiento de ninguna Unidad de Manejo de dicha especie".
				Inciso III: "se emitió una opinión que expresa la no inconveniencia de la viabilidad de colecta de ejemplares para concluir el trámite de autorización ante la DGVS (Dirección General de Vida Silvestre) de la SEMARNAT...para fines científicos (sic)."
				Inciso IV: "no existe registro histórico de denuncia por derribo, corte, quema, decomiso o similar dentro del polígono de esta Reserva y en sus archivos."
				Inciso V: "únicamente se cuenta con referencias informales de que la inflorescencia es utilizada para el consumo humano, en eventos festivos y sólo en su temporada de floración en ejemplares del municipio de Peñamiller".

Ante la exigua respuesta, un segundo sondeo fue realizado a diferentes autoridades clave (Cuadro 7.4), en esta ocasión contando con el respaldo de la propia CONABIO.

Cuadro 7.4. Funcionarios clave exhortados por la CONABIO a rendir información sobre el comercio de *Y. queretaroensis*.

Nombre	Correo electrónico
Maestra Karla Isabel Acosta Resendí, Directora General de Inspección Ambiental en Puertos, Aeropuertos y Fronteras (PROFEPA).	kacosta@profepa.gob.mx
Dr. Francisco García García, Director General de Gestión Forestal y de Suelos (SEMARNAT).	fgarcia@semarnat.gob.mx
M.V.Z. Martín Vargas Prieto, Director General de Vida Silvestre (SEMARNAT).	martin.vargas@semarnat.gob.mx
Copias:	
Lic. Ida Alejandra Guzmán Olguín, UCAI (SEMARNAT).	alejandra.guzman@semarnat.gob.mx
Biól. Francisco Navarrete, Director de Inspección y Vigilancia de Vida Silvestre Fitosanitaria en	fnavarrete@profepa.gob.mx

Puertos, Aeropuertos y Fronteras (PROFEPA).	
Ing. Ricardo Ríos, Director de Aprovechamiento Forestal (DGGFS).	ricardo.rios@semarnat.gob.mx
M.V.Z. Benjamín González, Director de Aprovechamiento (DGVVS).	benjamín.brizuela@semarnat.gob.mx

Como resultado de esta nueva indagatoria, solamente se obtuvo una respuesta de la Dirección General de Inspección Ambiental en Puertos, Aeropuertos y Fronteras, PROFEPA, que por medio del Biólogo Francisco Javier Navarrete Estrada giró el oficio circular No. PFPA/3.3/3C.12.1/240/11, del 5 de octubre, 2011, solicitando a sus 24 delegados federales proporcionar información relativa al número de aseguramientos y decomisos, así como las cantidades de ejemplares de la especie *Y. queretaroensis*, registrados desde 1989, a la fecha, así como conocer con detalle si estos aseguramientos y/o decomisos fueron consecuencia de inspecciones o actividades de vigilancia. El 21 de octubre, 2011, la Directora General de este organismo de inspección y vigilancia, concluyó, en el oficio PFPA/3.3/3C.12.1/253/11, que respecto a la solicitud presentada: "...me permito informar (...) que una vez realizadas las consultas pertinentes, tanto a la Dirección General de Inspección de Vida Silvestre, Recursos Marinos y Ecosistemas Costeros, como a las Delegaciones de este Órgano Desconcentrado, sólo se nos informó de un registro de decomiso de un ejemplar de la especie *Y. queretaroensis*, consecuencia de una visita de inspección en el mercado de Plantas y Flores de Cuernavaca; Delegación Xochimilco, Distrito Federal, realizada el 14 de marzo de 2003".

A nivel internacional se enviaron misivas a tres entidades de los Estados Unidos de América, dos de ellas parte del U. S. Fish and Wildlife Service (Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos de América), inquirendo diversos aspectos sobre la comercialización de la especie. Los resultados de las pesquisas se muestran en el Cuadro 7.5.

Cuadro 7.5. Relación de respuestas obtenidas de las autoridades estadounidenses relacionadas con el manejo y aprovechamiento de la vida silvestre, en torno a *Y. queretaroensis*.

Entidad	Funcionario	Solicitud	Vía de de respuesta	Fecha de respuesta	Síntesis de la respuesta
<i>U. S. Fish and Wildlife Service.</i>	Robert R. Gabel (División de la Autoridad Administrativa) y Rosemarie Gnam (División de la Autoridad Científica).	Información sobre viveros, invernaderos y otras empresas que negocien con la <i>Yucca queretaroensis</i> , así como tráfico ilícito de la especie de 1989 a la fecha.	Oficio FWS/DMA/TRE 1-06 e	12-Agosto-2011	<i>Yucca queretaroensis</i> no está representada <i>ex situ</i> en las colecciones de los Estados Unidos de América. Son pocos los viveros establecidos en los Estados Unidos de América que anuncian por internet la venta de <i>Yucca queretaroensis</i> , y el comercio está limitado a pequeños coleccionistas privados y aficionados.
<i>Animal & Plant Health Inspection Service (APHIS).</i>	John Veremis	Número de plantas de esta especie que ingresan a los Estados Unidos de América.	No se ha obtenido.		
<i>Botanist Division of Scientific Authority of U.S. Fish and Wildlife Service.</i>	Patricia S. De Angelis	Información proveniente de la base de datos "LEMIS" (Law Enforcement Management System) (Sistema de Aplicación de la Ley).	No se obtuvo.		

3. Consulta de bases de datos. La siguiente etapa para conocer los viveros que comercializan *Y. queretaroensis*, fue la consulta de cuatro bases de datos internacionales (Cuadro 7.6). Los resultados de la búsqueda mostraron una total falta de información sobre la especie. De manera específica, el agente oficial del UNEP-WCMC, Sra. Mari Bieri, indicó que la base de datos de esa institución se enfoca en especies enlistadas en CITES y afirmó no tener información sobre invernaderos o viveros que cultivan esta especie. Finalmente, la propia CONABIO consultó a Paola Mosig y Adrián Reuter, representantes de TRAFFIC-México (Trade Records Analysis of Flora and Fauna in Commerce) quienes declararon que a la fecha no han desarrollado ningún estudio, ni cuentan con datos de comercio sobre la especie.

Cuadro 7.6. Bases de datos internacionales consultadas.

Nombre de la base	Sitio de consulta
United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC)	
CITES Species Database	http://www.cites.org/eng/resources/species.html
CITES Trade Database	http://www.cites.org/eng/resources/trade.shtml
EU Wildlife Trade Regulation Database	http://www.unep-wcmc-apps.org/eu/Taxonomy/

4. Cuestionarios. Tomando como base las 15 empresas detectadas en Internet como ofertantes de *Y. queretaroensis*, se envió una misiva pidiendo su cooperación mediante la aportación de la información solicitada en el cuestionario denominado “Viveros e invernaderos del mundo que propagan o comercializan *Yucca queretaroensis*”. Este cuestionario, previamente traducido al inglés, fue enviado de manera individual a la lista de negocios referidos en el Cuadro 7.1, así como a “Köhres Kakteen” y “Rare Palm Seeds”, dos compañías alemanas, de las que se tiene conocimiento de que han ofrecido semilla de esta especie. Se obtuvo respuesta solamente de 5 negocios y de una de las empresas señaladas como proveedoras de semilla. Los datos de los 15 viveros y/o compañías que comercializan *Y. queretaroensis* se resumen en el Anexo 11.

En el mes de marzo de 2013, se llevó a cabo una última revisión de la oferta comercial de los viveros identificados como ofertantes de especímenes de *Y. queretaroensis* de talla grande. Se presenta el detalle de la información obtenida de sus sitios de internet, junto con las principales observaciones al respecto (Cuadro 7.7)

Cuadro 7.7. Oferta comercial de los viveros internacionales identificados como ofertantes de plantas de *Y. queretaroensis* de talla grande. Datos de Marzo de 2013.

Nombre	Oferta anterior	Oferta actual	Observaciones
	2011	Marzo 2013	
Tropical Centre (Holanda)	Sí		Primera empresa en ofertar ejemplares tamaño espécimen (plantas con tronco bien definido), en el mes de octubre de 2006. Durante el 2011 presentó en su página web al menos 5 especímenes grandes, con tamaños aproximados entre 60 y 140 cm, a precios oscilando entre € 440.00 y €1,200.00. Durante noviembre, 2012, Julia Etter y Martin Kristen revelaron el comercio ilícito que está empresa
		Ya solamente anuncian 1 planta en un	

		precio de € 495.00 en su página de internet (27 de marzo, 2013). Apparently son los especímenes remanentes del grupo que ha estado anunciado desde meses atrás.	holandesa ha estado haciendo con <i>Yucca queretaroensis</i> Piña.
Musa Palm (Bélgica)	Sí	El portal de esta compañía en: http://www.musapalm.be (27 de marzo, 2013). No tienen ningún anuncio de ejemplares de <i>Yucca queretaroensis</i> Piña (Agavaceae).	Musapalm ofertó en años pasados ejemplares grandes de esta especie. Durante el 2011 presentó ejemplares con tamaños entre 60 cm y 140 cm a precios con valores entre € 395.00 y € 1,075.00.
Bonjo Versand (Alemania)	Sí	La tienda en línea de esta compañía no está disponible (Objekt nicht gefunden), al momento de realizar la consulta en URL: http://www.bonjoversand-celle.de/shop/index.php (27 de marzo, 2013.).	Detlef Meyer presentó (2011 y 2012) 5 plantas a subasta, en tamaños entre 70-100 cm, con precios entre € 500.00-900.00. La propietaria del vivero es Hanna Meyer.
Crazy Palm Garden (Francia)	Sí	 Actualmente (27 de marzo, 2013) no oferta <i>Yucca queretaroensis</i> ; sin embargo, sí ofrece <i>Yucca thomsoniana</i> (sic), <i>Yucca linearifolia</i> (en la imagen, como <i>Yucca linearis</i>) y <i>Yucca rostrata</i> , especies con las que podría confundirse la <i>Yucca queretaroensis</i> .	Ofertó 9 plantas grandes en el 2011, a un precio aproximado de € 419.00.
A l'ombre des figuiers (Francia)	Sí	 Tiene anunciada, en este mes de marzo, <i>Yucca queretaroensis</i> , en maceta de 60 litros, a un precio de € 485.00. Oferta además <i>Yuca rostrata</i> , <i>Yucca rostrata</i> X <i>Yucca linearis</i> (sic), <i>Yucca thompsoniana</i> etc. El ejemplar en la fotografía es el mismo que el presentado desde meses pasados.	Durante los años 2011 y 2012, este vivero francés ha anunciado <i>Yucca queretaroensis</i> en macetas de 60 litros, con tallos de 80 cm, empleando la referencia SYQ, a un precio de € 485.00.

Resultado de la indagatoria de la Autoridad Científica de México a sus pares de la Unión Europea y Norteamérica.

Resultado de la consulta oficial efectuada por la Autoridad Científica de México a las Autoridades Científicas y Administrativas de la Regiones CITES Norteamérica y Europa, se conoció lo siguiente:

De los 47 países de la Región CITES de Europa, doce respondieron a la consulta, de los cuales: ocho (Bulgaria, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Georgia, Grecia, Polonia, y la República Checa) respondieron que no hay comercio conocido de la especie en su país; y, cuatro (Alemania, Italia, Países Bajos, y el Reino Unido) respondieron que sí existe comercio de la especie en su país, e incluso algunos afirmaron que es ofrecida a lo largo de la Unión Europea.

Con respecto a la Región CITES de Norteamérica, la Autoridad Científica de Canadá respondió que no tiene conocimiento de que la especie se comercialice en su país. Por su parte, la Autoridad Científica de Estados Unidos respondió que sí

existe comercio de la especie. Con base en las respuestas de las Autoridades que afirmaron que *Y. queretaroensis* se comercializa en su país, es posible concluir lo siguiente:

- a. Los principales especímenes en comercio son: semillas, plantas medianas (hasta 70 cm de altura, con tallo), y plantas grandes (más de 70 cm de altura, con tallo).
- b. Los especímenes comercializados internacionalmente son, principalmente, de origen silvestre y desconocido.

Información adicional. A fin de suplementar la valoración del comercio y el manejo de ejemplares de *Y. queretaroensis* fuera de su hábitat, debe mencionarse que de acuerdo con información recabada por *Botanic Gardens Conservation International U. S.* (Kramer *et al.* 2011) y otra obtenida directamente desde la Vocalía de la zona centro de México correspondiente a la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A. C., se conoce que en México existen 3 jardines botánicos en cuyas colecciones se encuentra esta especie. Estos jardines botánicos son: El Jardín Botánico “El Charco del Ingenio” (Registro UMA: MX/VIV-CO-209-GTO), el Jardín Botánico Regional de Cadereyta “Ing. Manuel González de Cosío” (Registro UMA: DGCERN-019-JB-019-QRO) y el Jardín Botánico de la Universidad Nacional Autónoma de México (no proporcionaron su registro). Cada uno de ellos mantiene *-ex situ-* como parte de sus colecciones vivas 3, 6 y 3 ejemplares adultos de esta Agavaceae. Solamente el Jardín Botánico Regional de Cadereyta ha iniciado esfuerzos (2011) para consolidar protocolos de propagación por la vía sexual y mediante micropropagación. Es también este último jardín botánico el único que, hasta donde se expresa, cuenta con una autorización vigente de la Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT) para poseer dichos especímenes.

Se tiene también noticia de que en los Reales Jardines Botánicos de Kew (Londres, Inglaterra) existe un espécimen adulto de esta especie que ha permanecido en los invernaderos, al parecer desde los años setenta, mucho antes de ser descrita, y que estuvo etiquetada como *Yucca radiosa* (Engelm.) Trel., un sinónimo de *Yucca elata* Engelm., para posteriormente ser determinada correctamente por Nicholas Macer (Com. Pers., 27 de julio de 2011).

Finalmente, es conveniente referir, que se detectó en México, San Miguel de Allende, Guanajuato, un negocio denominado “Vivero del Desierto” (Registro UMA: MX/VIV-009-GTO) que propaga y exporta ejemplares maduros de *Y. rostrata* Engelm. ex Trel., y de varias otras especies con porte similar al de la planta que aquí nos ocupa. Este vivero, propiedad de Joseph Smith, expreso un profundo interés en reproducir, en el futuro, *Y. queretaroensis*, y en impulsar la exportación legal de este tipo de especies, asunto del que denota saber todos los pormenores.

IV. Discusión.

Derivado de la información presentada en el presente apartado, se presenta una clasificación de los viveros e invernaderos que propagan o comercializan *Y. queretaroensis* puede servir como tipología heurística o de trabajo para avanzar en la vigilancia y control de los movimientos transfronterizos, al parecer en su mayoría ilegales o, al menos irregulares, de esta planta, que pudieran estar afectando el bienestar de sus poblaciones silvestres y constriñendo el desarrollo de un circuito comercial sano que impulse el comercio justo con esta Agavaceae.

Un primer grupo está formado por negocios que anuncian plántulas de tamaño muy pequeño, con rosetas de pocas hojas y sin presentar tallos desarrollados. Las plantas, al parecer, provienen sólo de la germinación reciente (2008-2009) de semillas mediante sistemas de reproducción controlada relativamente eficiente. El interés por propagar esta especie es posterior al 2006, año en que se considera aparecieron los primeros ejemplares grandes de *Y. queretaroensis* en el mercado internacional, y tal vez proviene de cierta demanda disparada por su inminente presencia; demanda -antes de esa fecha- únicamente reservada a ciertos coleccionistas. Dentro del grupo, se puede distinguir un núcleo de productores (Plant Delights Nursey Inc., Succulent Tissue Culture y Peckerwood Garden Conservation Foundation), de Norteamérica y Europa, que sobresalen por sus avanzados métodos de reproducción, la micropropagación entre éstos, y por sus claros códigos bioéticos en los que incluso proponen términos para un comercio justo con esta especie. Estos productores representan socios potenciales para establecer alianzas estratégicas que conduzcan a programas internacionales integrales para la conservación de la especie con beneficios comerciales globales y preservación en el hábitat. El grupo se complementa con otros viveros (T & J Palms and Yucca's, San Marcos Growers, Kraut & Ruam, Yucca Do Nursery Inc.) que también aparentan reproducir por semillas y con métodos adecuados, aunque, debido a que sus contestaciones a los cuestionarios fueron parciales o ausentes, no se puede ser concluyente. En términos generales la probabilidad de que estas empresas estén relacionadas con actividades o procesos ilícitos o irregulares es baja, limitándose quizás a la demanda de propágulos que son abastecidos, por lo que se sabe, a través de "Köhres Kakteen" y "Rare Palm Seeds". Los propágulos son siempre escasos, y en consecuencia muy difíciles de adquirir en el mercado, lo cual se refleja en que el inventario de esta especie de Agavaceae -en los viveros analizados- es por demás exiguo.

Un segundo grupo, mucho más delicado, en cuanto a su posible participación en el circuito mundial de depredación de *Yucca queretaroensis*, es el de ciertos negocios de Alemania (Bonjo Versand) Francia (Crazy Palm Garden, A l'ombre des figuiers) Bélgica (Musa Palm) y Holanda (Tropical Centre) que ofertan, distribuyen y subastan especímenes de gran tamaño, con troncos desarrollados (hasta 140-160 cm), a precios de varios cientos y hasta miles de euros. El tamaño de las plantas ofrecidas no parece relacionarse con la relativamente lenta velocidad de crecimiento de la especie. Además, ninguno de estos negocios respondió a la encuesta enviada durante el ejercicio del proyecto del que deriva el presente Informe. Particularmente álgido, dentro de este segundo tipo de negocios, es el denominado como "Tropical Centre", que fue el primero en ofrecer (14 de octubre, 2006) en Europa *Y. queretaroensis*, mediante especímenes que desde aquel entonces fueron ofertados en tamaños prevalentemente grandes. Es notorio el hecho de que, en la última revisión a los sitios de internet de este grupo de viveros, realizada en marzo de 2013, la oferta de especímenes de *Y. queretaroensis* se ha reducido considerablemente a una sola planta en venta en dos establecimientos (Tropical Centro, A l'ombre des figuiers); otros dos, han dejado de ofrecerla (Musa Palm, Crazy Palm Garden) y uno más, tiene deshabilitado su sitio de internet (Bonjo Versand).

Durante los trabajos del presente proyecto, se ha solicitado a la Autoridad Científica de la CITES en México (CONABIO), la investigación de alguno de estos viveros por las autoridades correspondientes, para dilucidar la procedencia de los

especímenes que ofertan; y, establecer si los ejemplares fueron originalmente extirpados de su hábitat natural. Los resultados de dicha indagatoria confirman que la especie sí se ofrece fuera de México y que es muy probable que los ejemplares ofertados tengan un origen ilícito.

Es conducente también identificar y vigilar las rutas y los patrones mediante los cuales estas empresas se abastecen de *Y. queretaroensis*, así como cuantificar con precisión el volumen traficado. Dichas prácticas, a partir de la inclusión de la especie en el Apéndice II de CITES, asegurarán el bienestar último de las poblaciones naturales y regularán su tráfico internacional.

A partir del año 2006 se detecta una oferta internacional de ejemplares de *Y. queretaroensis* que por su tamaño y condiciones podría considerarse material biológico extraído ilegalmente del medio silvestre. Se requieren acciones inmediatas y contundentes para indagar estos circuitos, vigilarlos y regularlos. No debe tampoco descuidarse la vigilancia para evitar una posible extracción de propágulos, especialmente semillas, dado que su producción natural es escasa e igualmente demandada en el extranjero. Lo anterior es indicativo de que a la brevedad posible el Gobierno de México debe impulsar la inclusión de esta especie y sus partes, en los Apéndices de la CITES.

Adicionalmente, debería reforzarse la vigilancia interna y en las fronteras, que se encuentran bajo la responsabilidad de las autoridades de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), a las que debe fortalecerse y apoyarse con información continua y oportuna. Las acciones entre todos los mexicanos responsables e interesados en la preservación de esta planta tendrán que coordinarse efectivamente. Dado que no existen en México invernaderos o viveros, *in situ* o *ex situ*, que reproduzcan esta especie, es crucial propiciar su existencia y operación efectiva; para alcanzar este resultado pueden coadyuvar los jardines botánicos de México, algunos de los cuales han iniciado acciones en este sentido, amén de que forman parte integral de la instrumentación de la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal.

VI. Conclusiones

- A partir del año 2006 se detecta una oferta internacional de ejemplares de *Y. queretaroensis* que por su tamaño y condiciones podría considerarse material biológico extraído ilegalmente del medio silvestre.
- Se detecta la existencia de dos tipos principales de viveros e invernaderos que comercializan la especie.
- Un primer grupo está formado por negocios que anuncian plántulas de tamaño muy pequeño, con rosetas de pocas hojas y sin presentar tallos desarrollados. Las plantas, al parecer, provienen sólo de la germinación reciente (2008-2009) de semillas mediante sistemas de reproducción controlada relativamente eficientes.
- Un segundo grupo, mucho más delicado, en cuanto a su posible participación en el circuito mundial de depredación de *Y. queretaroensis*, es el de ciertos negocios de Alemania, Francia, Bélgica y Holanda que ofertan, distribuyen y subastan especímenes de gran tamaño, con troncos desarrollados a precios de varios cientos y

miles de euros. El tamaño de las plantas ofrecidas no se relaciona con la lenta velocidad de crecimiento de la especie; además, ninguno de estos negocios respondió a la encuesta enviada durante el ejercicio del proyecto del que deriva el presente Informe. Una última revisión de sus ofertas comerciales en internet reveló que éstas han disminuido, o han sido retiradas del sitio.

VII. Literatura citada

Kramer, A., A. Hird, K. Shaw, M. Dosmann and R. Mims. 2011. Conserving North America's Threatened Plants: Progress report on Target 8 of the Global Strategy for Plant Conservation. Botanic Gardens Conservation International U. S.

Objetivo 8

Estimar el tamaño poblacional de *Yucca queretaroensis* en México.

Producto.

Análisis sobre el tamaño de la población.

I. Introducción

El conocimiento del número de individuos de una especie es un parámetro de utilidad para determinar las acciones necesarias para su conservación a futuro. Se presenta en este capítulo un número estimativo de individuos de *Y. queretaroensis* en términos de genet y ramet. *Y. queretaroensis* es una especie de naturaleza clonal, cuyos individuos, definidos en este trabajo como “genets”, se componen de un conjunto de tallos -“ramets”- que tienen la capacidad de sobrevivir por sí mismos cuando se separan unos de otros. En este trabajo se usó el término genet para diferenciar a los individuos fisiológicos, y se emplea en forma laxa, dado que no es posible determinar si los ramets, que se encuentran separados, en realidad forman parte de un mismo genet. Tampoco es posible, a partir de los datos disponibles, determinar si todos los genets son reproductivos. Los resultados se presentan para el muestreo efectuado en el año 2013.

II. Métodos

La población total estimada, en genets y ramets, se obtuvo multiplicando la densidad promedio de la especie, obtenida en los transectos de campo, por el total de metros cuadrados que se estima están realmente ocupados por la misma. Se emplearon tres insumos: 1. La superficie de ocupación potencial de la especie con 100% de probabilidad de hallazgo, obtenida con el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt) a Escala 1:1'000,000. 2. Un valor promedio de superficie real ocupada por una población de *Y. queretaroensis* en el medio silvestre. 3. La densidad de la especie, en genets y ramets por metro cuadrado, obtenida a través de los muestreos de campo. Para evitar la sobreestimación que supondría emplear la totalidad de superficie de 100% de probabilidad de hallazgo del modelo obtenido con MaxEnt, se estimó un porcentaje real de ocupación de la especie dentro de cada pixel de dicha superficie. Primeramente, se obtuvo la superficie promedio de los 621 pixeles con probabilidad de hallazgo de 100%. Posteriormente, empleando ArcGIS®; se trazó y obtuvo la superficie de catorce polígonos de distribución actual en las zonas donde la especie fue avistada, y se obtuvo el promedio de los valores de estos polígonos. Éste fue empleado para calcular la proporción porcentual media de ocupación de *Y. queretaroensis* dentro de un pixel promedio del modelo MaxEnt. Con base en este porcentaje, se obtuvo la superficie real de ocupación de *Y. queretaroensis*.

III. Resultados

Valor promedio del pixel del modelo. El valor promedio del pixel del modelo obtenido fue de 798,555 m², resultado del promedio de 621 pixeles con dimensiones situadas entre 792,435 y 800,808 m².

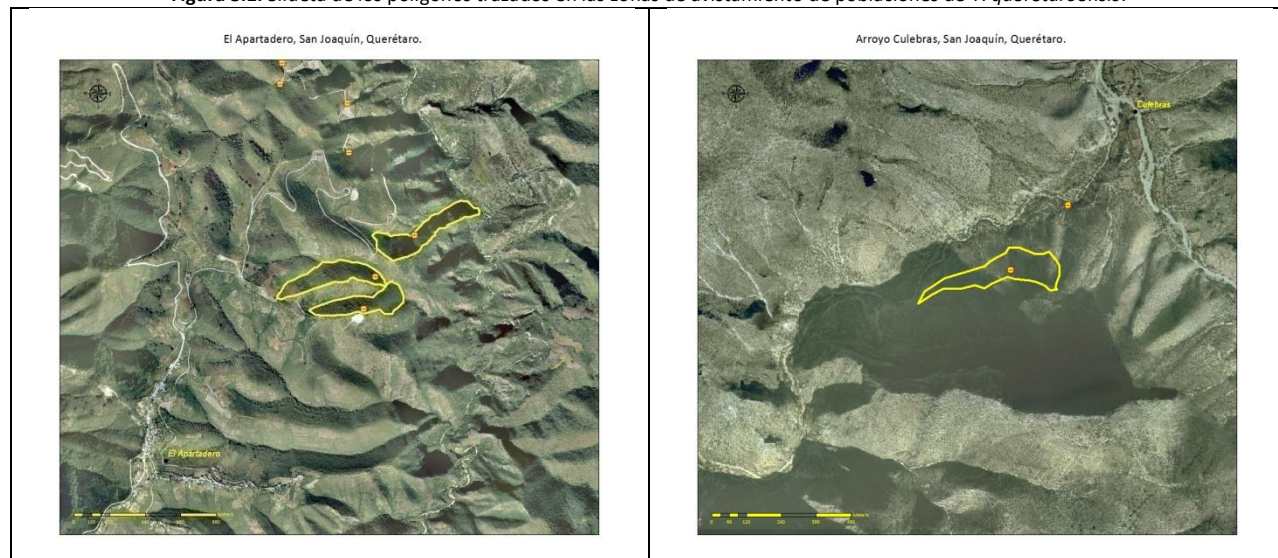
Estimación de superficie ocupada por *Yucca queretaroensis*. El área de catorce polígonos trazados en torno a la ubicación avistada de la especie en los sitios de exploración y su valor promedio se muestra en el Cuadro 8.1.

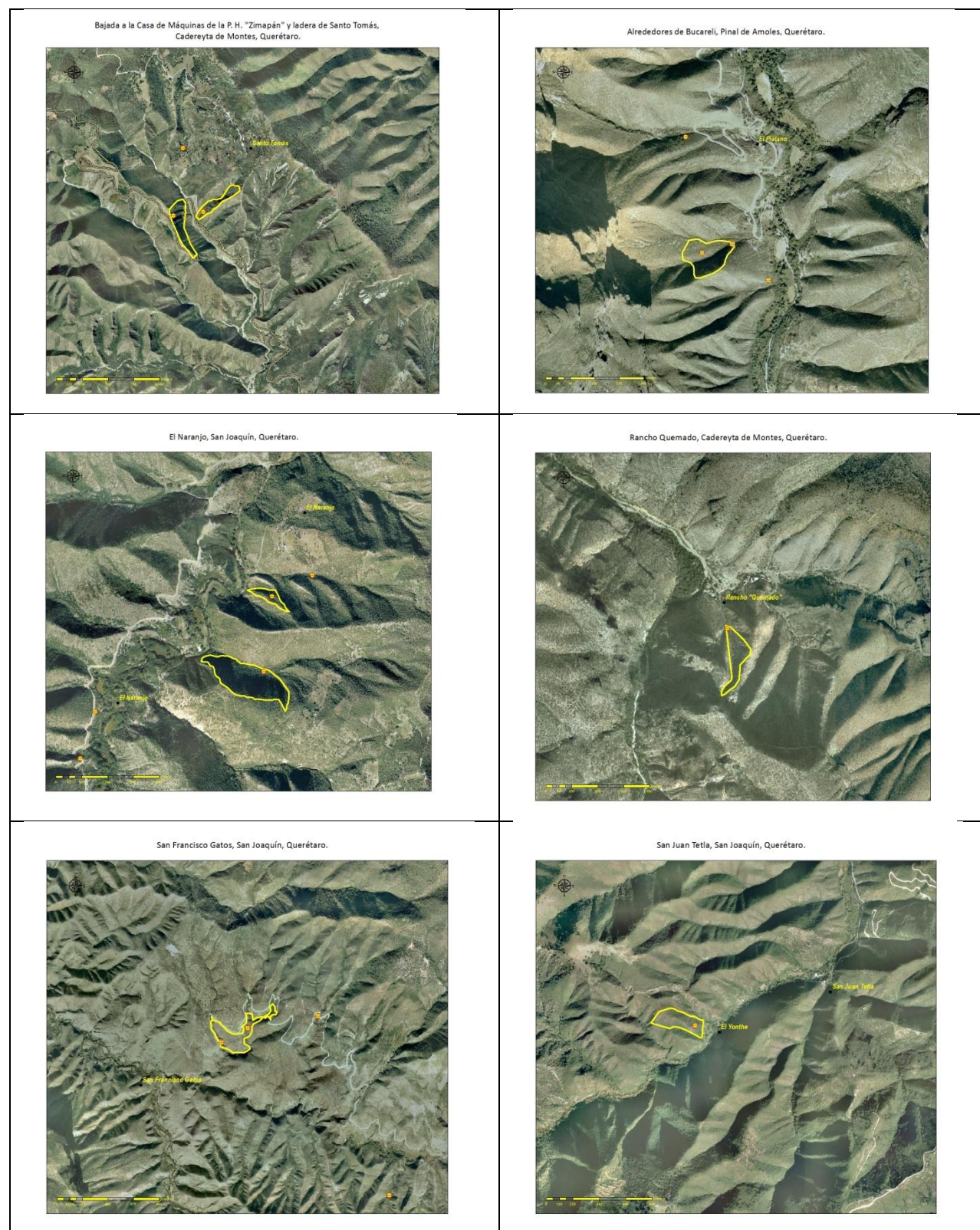
Cuadro 8.1. Superficie de ocupación por sitio de *Yucca queretaroensis* y valor promedio.

	SITIO	SUPERFICIE (m ²)
1	Apartadero 1	59,837
2	Apartadero 2	69,978
3	Apartadero 3	76,595
4	Arroyo Culebras	34,713
5	Bajada a Casa de Máquinas	55,737
6	Bucareli	17,756
7	El Naranjo 1	33,503
8	El Naranjo 2	4,905
9	Ladera de Santo Tomás	35,811
10	Rancho Quemado	12,383
11	San Francisco Gatos	70,657
12	San Juan Tetla	55,673
13	Xichú 1	190,604
14	Xichú 2	2,569
	Valor Promedio	51,480

La silueta de los polígonos trazados en torno a las zonas de ocupación de las poblaciones avistadas dentro del Estado de Querétaro se muestra en la Figura 8.1.

Figura 8.1. Silueta de los polígonos trazados en las zonas de avistamiento de poblaciones de *Y. queretaroensis*.





Cálculo de superficie real de ocupación de *Yucca queretaroensis*. El porcentaje real de ocupación de la especie dentro del pixel promedio del modelo de distribución potencial MaxEnt es de 6.44%. Este porcentaje fue aplicado a la totalidad de la

superficie con 100% de probabilidad de hallazgo en el modelo MaxEnt. El resultado es una superficie de ocupación real de 2,010 km² (Cuadro 8.2).

Cuadro 8.2. Cálculos para la obtención de la superficie real de ocupación de *Yucca queretaroensis*.

Superficie promedio del pixel del modelo de distribución (MaxEnt)	798,555	m ²
Valor promedio de la superficie actual de ocupación de <i>Yucca queretaroensis</i> en sitios selectos	51,480	m ²
Porcentaje de ocupación real de <i>Yucca queretaroensis</i> dentro del pixel del modelo de distribución (MaxEnt)	6.44%	
Superficie con posibilidades de 100% de hallazgo de <i>Yucca queretaroensis</i> dentro del modelo de distribución (MaxEnt)	31.16	km ²
Superficie real de ocupación (6.44%) de <i>Yucca queretaroensis</i>	2.010	km ²

Número estimado de la población de la especie. De acuerdo con los valores de densidad por genet y ramet obtenidos en 2013 (Cuadro 8.3), el número total de genets de *Y. queretaroensis* se estima en 36,180, mientras que el de ramets, en 132,660 (Cuadro 8.3).

Cuadro 8.3. Densidad promedio en las localidades muestradas y numero total estimado de genets y ramets de *Y. queretaroensis* en la superficie real ocupada de la especie.

Sitio	Superficie muestreada (m ²)	2013			
		Densidad Genets/m ²	Numero total estimado de genets en 2.010 km ²	Densidad Ramets/m ²	Numero total estimado de ramets en 2.010 km ²
Xichú, Xichú, Gto.	1,000	0.023		0.084	
Rancho Quemado, Cadereyta, Qro.	1,000	0.013		0.048	
Promedio		0.018	36,180	0.066	132,660

IV. Discusión

Además del área restringida de distribución, una densidad relativamente baja es un factor que cuenta para considerar a la especie como amenazada (Hernández y Godínez, 1994). Considerando sus dos niveles de estructura, *Y. queretaroensis* tiene valores muy bajos de densidad por metro cuadrado, semejantes a los de algunas de las especies más amenazadas del Desierto Chihuahuense (Mandujano *et al.*, 2007). El valor es menor a otras especies de la Serie Rupicolae como *Yucca rigida*, que ha sido encontrada en poblaciones cuya densidad es de 890 individuos por hectárea (0.089 individuos/m²) (Flores Hernández *et al.*, 2011).

La extrapolación directa de la densidad a la superficie potencial de distribución sobreestimaría el número de individuos, pues la especie presenta un patrón de distribución agregado. Esta desviación se disminuyó mediante el trazado de superficies de distribución de la especie en las laderas donde ha sido avistada, y que permiten suponer que la superficie real de ocupación de la especie es apenas mayor a los 2 km², que representan 6.44% de la superficie con probabilidad de hallazgo del 100%, según el modelo MaxEnt. De acuerdo con Hernández (2012), las especies cuya superficie de

distribución es menor a 2 km² se consideran microendemismos. En el Desierto Chihuahuense se han detectado dichos endemismos en 28 especies de la familia Cactaceae; sin embargo, *Y. queretaroensis* es una de las primeras Agavaceae que se identifican como especie microendémica. Esto, sumado a la cifra de individuos integrantes de la población de la especie, le confiere un *estatus* de vulnerabilidad y de rareza.

V. Conclusiones

- *Y. queretaroensis* tiene una superficie real de ocupación apenas superior a los 2 km², valor similar a aquel considerado para calificar a los microendemismos del Desierto Chihuahuense como tales, según Hernández (2012).
- *Y. queretaroensis* es una de las primeras Agavaceae identificadas como especie microendémica.
- Los valores de densidad por metro permiten estimar un tamaño poblacional de 36, 180 genets y 132,660 ramets en toda la zona de distribución.

VII. Literatura citada

- Flores-Hernández, A., J. Hernández-Herrera, H. Madinaveitia-Ríos, L. Valenzuela-Núñez, B. Murillo-Amador, E. Rueda-Puente, J. García 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.
- Hernández, M. y A. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las Cactáceas mexicanas amenazadas. *Act. Bot. Mex.* **26**: 33-52.
- Hernández, M. y C. Gómez-Hinostrosa. 2012. What phytogeography can tell us about conservation of Mexican Cacti. En. 32° Congreso de la Organización Internacional para el Estudio de las Plantas Suculentas, La Habana, Cuba.
- Mandujano, M., I. Verhulst, A. Carrillo y J. Golubov. 2007. Population dynamics of *Ariocarpus scaphiostriis* Bödeker (Cactaceae): evaluating the status of a threatened species. *Int. J. Plant Sci.* **168** (7): 1035-1044.

Objetivo 9

Calcular la densidad y abundancia poblacional en dos localidades selectas (Etapa 1). Dar continuidad a otras localidades los estudios de ecología de poblaciones de la especie (Etapa 2).

Producto.

Documento con datos sobre la abundancia y densidad de dos poblaciones de la especie.

I. Introducción

La densidad de individuos de una especie en una superficie determinada es un parámetro de gran importancia en el estudio de su ecología de poblaciones, pues a través de su obtención puede estimarse el número de total de individuos dentro del área de distribución. Estos parámetros son de gran importancia para la planeación de acciones en favor tanto del aprovechamiento como de conservación de las especies.

El análisis de la densidad de *Y. queretaroensis* se presenta concibiendo a la planta como un organismo clonal que está compuesto por un conjunto de tallos cuyo origen, en el momento de la toma de datos del presente proyecto, no fue posible elucidar. El término “individuo” se emplea en forma laxa y se refiere en esta especie al conjunto de tallos, a los que individualmente se denomina “ramets” y que tienen la capacidad de sobrevivir por sí mismos cuando se separan unos de otros, pero que en su conjunto conforman un “genet”. En la figura 9.1 se representa lo anterior en forma esquemática, y en las figuras 9.2 y 9.3, se muestran ejemplos con fotografías tomadas en las zonas de estudio.

Figura 9.1. Representación esquemática de ramets y genets de *Y. queretaroensis*.

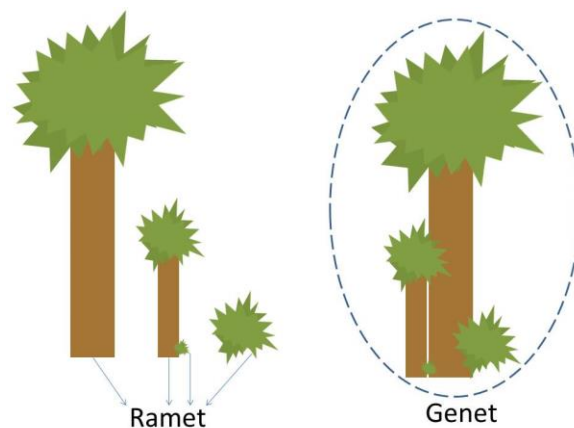


Figura 9.2. Ramets de *Y. queretaroensis*. (a) El Detzaní, Zimapán. (b) y (c) Rancho Quemado, Cadereyta de Montes. (d) Laderas del Arroyo Culebras, San Joaquín.

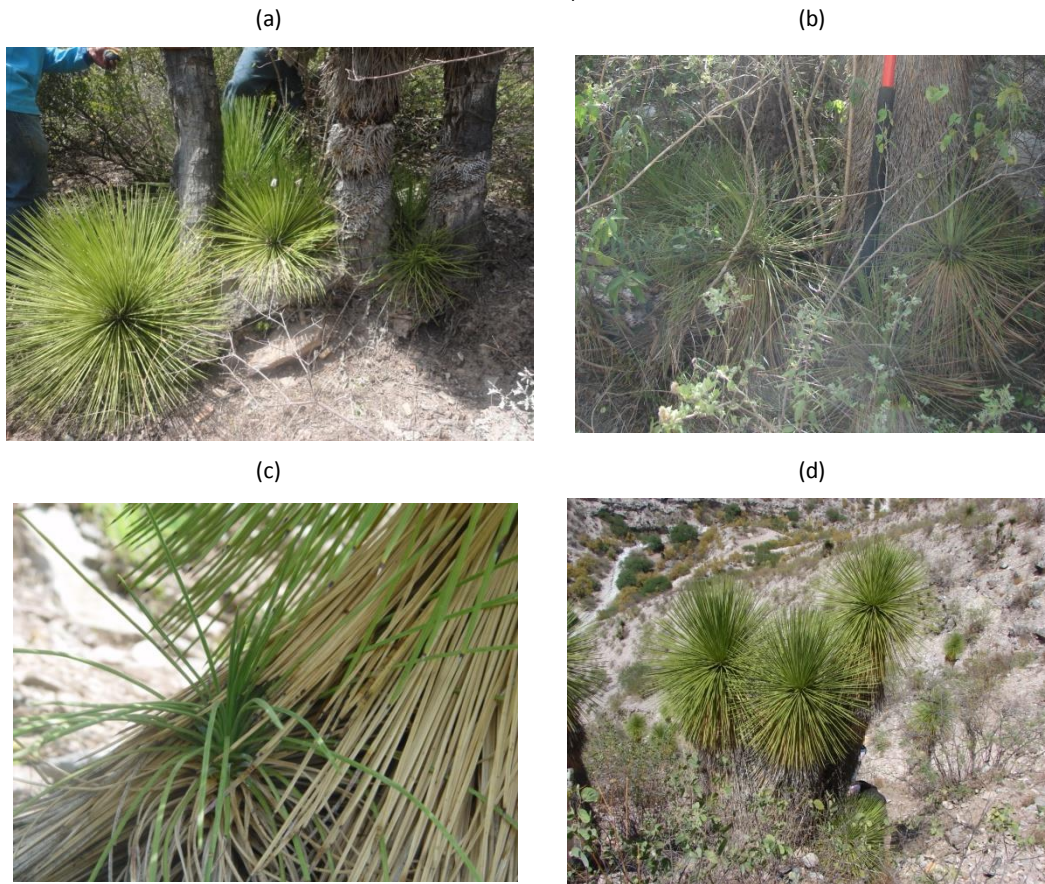


Figura 9.3. Un genet típico de *Y. queretaroensis*. (San Francisco Gatos, San Joaquín, Querétaro).



II. Métodos

Se seleccionaron tres sitios para llevar a cabo el conteo de ramets y genets. La combinación de criterios para la selección de las localidades de estudio fueron: 1. Localidades situadas en los extremos y en la parte intermedia de la zona de distribución conocida. 2. Localidades que contasen con un gran número de individuos visible y 3. Localidades accesibles y

seguras para realizar el trabajo de campo. Con base en dichos criterios se seleccionaron las siguientes localidades: 1. Xichú, Xichú, Gto., situada en el extremo NW de la zona de distribución conocida para la especie, 2. Rancho Quemado, Cadereyta. Qro., situada en la parte intermedia de la zona de distribución y 3. El Detzaní, Zimapán, Hgo., situada en el extremo SE de la zona de distribución.

Calculo de densidad de *Y. queretaroensis*. Se establecieron parcelas en forma de transecto longitudinal de 100 m de largo por 10 m ancho, dirigidos a la porción de terreno con mayor presencia de individuos de *Y. queretaroensis*. El transecto se dividió en diez cuadrantes de 10 x 10 m, dentro de cada uno de los cuales fueron localizados y contabilizados todos los ramets y los genets de *Y. queretaroensis*. Se determinó la densidad poblacional por localidad (Franco *et al.*, 1985) y se obtuvo un valor de densidad promedio. En las localidades Xichú y Rancho Quemado, el muestreo se llevó a cabo durante dos años consecutivos (2012 y 2013). Abundancia de *Y. queretaroensis*: De cada ramet se obtuvieron los siguientes datos: diámetro basal, diámetro a la altura del pecho, altura del tronco hasta la base de la roseta, altura total de la planta, diámetro de la roseta, y número de hojas por roseta. La abundancia fue obtenida a partir del número total de ramets encontrados en cada cuadrante. El parámetro empleado fue el diámetro mayor, correspondiente a la roseta, del cual se obtuvo la cobertura como superficie ocupada total en m² (Mostacedo y Fredericksen, 2000). A partir de este valor, se obtuvo la cobertura porcentual, que fue calificada con las categorías propuestas por los mismos autores (Cuadro 9.1).

Cuadro 9.1. Categorías de cobertura para determinar la dominancia de la especie. Cada nivel conjunta los dos factores, por ejemplo: una especie con uno o pocos individuos y menos del 5% de cobertura está en el nivel 1.

Nivel	Individuos	Cobertura (%)
1	Uno o pocos	< 5
2	Muy abundante	< 5
2a	Menos abundante	5 a 25
3	No relevante	25 a 50
4	No relevante	50 a 75
5	No relevante	75 a 100

Abundancia de la flora acompañante. La abundancia se obtuvo mediante la estimación de la cobertura (Mostacedo y Fredericksen, 2000) de las especies acompañantes de *Y. queretaroensis*, en dos cuadrantes donde ésta hubiese sido encontrada. La cobertura de especies arbóreas fue medida en dos cuadrantes completos (10 x 10 m) de cada transecto; la de especies arbustivas, en dos cuadrantes de 5 x 5 m, y la de herbáceas, en dos cuadrantes de 1 x 1 m. Estos valores fueron equiparados con la superficie total de la muestra, y con los de *Y. queretaroensis*. La abundancia de flora acompañante fue medida solamente en el año 2012. Los datos obtenidos, así como los instrumentos y unidades de medición empleados se especifican en el Cuadro 9.2.

Cuadro 9.2. Datos obtenidos, unidades de medición y materiales e instrumentos usados para los muestreos de poblaciones de *Y. queretaroensis*.

Dato	Unidad	Instrumento de medición
Fecha	Día/mes/año	No aplica
Número de transecto		No aplica
Número de cuadrante		Flexómetro
Id individual		No aplica
Lat (x)	DD° MM' SS"	Receptor GPS Oregon 550
Lon (y)	DD° MM' SS"	Receptor GPS Oregon 550
X	m	Receptor GPS Oregon 550
Y	m	Receptor GPS Oregon 550
Diámetro basal	(cm)	Cinta métrica
Diámetro a la altura del pecho	(cm)	Cinta métrica
Altura del tronco	(cm)	Flexómetro
Altura total (cm)	(cm)	Flexómetro
Número de hojas en la roseta	Total	Conteo manual de 1/4 de roseta
Diámetro de la roseta	(cm)	Flexómetro
Altitud	Metros	Receptor GPS Oregon 550

III. Resultados

Densidad. En los tres sitios muestreados se encontró una densidad baja tanto de genets como de ramets de *Y. queretaroensis*, registrándose el valor más bajo en la población de El Detzaní. En las localidades donde se realizó muestreo durante dos años consecutivos, el número de genets se redujo entre 2012 y el de 2013. Esto se debe a que se efectuó una reorganización de los datos, pues en 2012 se sobreestimó el número de genets. En cuanto a ramets, en términos generales hubo un incremento en su número total y densidad en los dos sitios (Cuadro 9.3). *In situ*, fue observada evidencia de ramoneo en algunos ramets de la localidad de Xichú entre un año y otro, pero no fue suficientemente fuerte como para causar una disminución en el número total.

Cuadro 9.3. Densidad de ramets y genets de *Y. queretaroensis* en las localidades muestreadas.

Sitio	Superficie muestreada (m ²)	2012				2013			
		Genets	Densidad Genets/m ²	Ramets	Densidad Ramets/m ²	Genets	Densidad Genets/m ²	Ramets	Densidad Ramets/m ²
Xichú, Xichú, Gto.	1,000	41	0.041	78	0.078	23	0.023	84	0.084
Rancho Quemado, Cadereyta, Qro.	1,000	19	0.019	37	0.037	13	0.013	48	0.048
El Detzaní, Zimapán, Hgo.	1,000	7	0.007	36	0.036				
Promedio			0.022		0.050		0.018		0.066

Dominancia. Si bien entre 2012 y 2013 se incrementó ligeramente la superficie que ocupa la especie (m²) en Rancho Quemado y en Xichú, *Y. queretaroensis* tiene baja cobertura. En la localidad de Xichú se presentó el valor más elevado de dominancia, y el incremento más notorio del mismo. La población de El Detzaní, medida solamente en el año de 2012, tuvo el valor más bajo de cobertura (Cuadro 9.4).

Cuadro 9.4. Valores y porcentajes de cobertura (dominancia) de *Y. queretaroensis* en cada una de las localidades muestreadas.

Localidad	2012		2013	
	Cobertura (m ²)	Cobertura (%)	Cobertura (m ²)	Cobertura (%)
Xichú, Xichú, Gto.	46.13	4.61	61.46	6.14
Rancho Quemado, Cadereyta, Qro.	7.75	0.78	8.66	0.86
El Detzaní, Zimapán, Hgo.	6.34	0.63		
Cobertura promedio de <i>Y. queretaroensis</i>		2.69		3.50

De acuerdo a la propuesta de Mostacedo y Fredericksen (2000) para calificar a la dominancia de la especie en alguno de seis niveles, *Y. queretaroensis* tuvo un nivel de 1 en Rancho Quemado y de 2 en Xichú. La calificación permaneció sin cambio entre 2012 y 2103. Si bien en Xichú hubo un incremento de cobertura de 4.61 en 2012 a 6.14 en 2013, el porcentaje sigue estando dentro del rango 2 del tabulado. En El Detzaní, el valor es de 1.

Dominancia de las especies acompañantes. Se presentan y describen los valores obtenidos en la comunidad de cada localidad acompañante. La comunidad de Xichú tiene siete especies, lo que representa el menor número de las tres localidades, pero cuenta con la cobertura más abundante. Hay tres especies que presentan un valor de cobertura más elevado que *Y. queretaroensis*: *Prosopis laevigata*, *Croton* sp. y *Karwinskia* sp. Estas últimas dos obtienen también el nivel 2 de la clasificación de Mostacedo y Fredericksen (2000). El resto de las especies tienen cobertura y abundancia escasas, por lo que se sitúan en el nivel 1. En el extremo opuesto se sitúa *Prosopis laevigata*, única especie arbórea adicional a *Y. queretaroensis*, y cuya vasta copa la coloca en el nivel 5, con una cobertura estimada que rebasa el 100% de la superficie del transecto (Cuadro 9.5).

Cuadro 9.5. Valores y porcentaje de cobertura (dominancia) de las especies acompañantes de *Y. queretaroensis* en Xichú. Se muestra en negritas, el valor de *Y. queretaroensis*, con fines comparativos.

Especie	Tipo (Árbol: A, Arbusto: AR, Herbácea: H)	Número de individuos	Abundancia (m ²)	% de Cobertura
<i>Prosopis laevigata</i>	A	30	1,311.95	131.2
<i>Croton</i> sp.	AR	105	81.79	8.18
<i>Karwinskia</i> sp.	AR	25	62.56	6.26
<i>Yucca queretaroensis</i>	A	41	46.13	4.61
<i>Jatropha dioica</i>	AR	10	17.31	1.73
<i>Lantana</i> sp.	AR	5	16.2	1.62
<i>Celtis</i> sp.	AR	10	0.94	0.09
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	AR	10	0.71	0.07

En Rancho Quemado se encontraron dieciséis especies acompañando a *Y. queretaroensis*. Existe una especie arbórea adicional: *Dasyliroion longissimum*, que tiene la mayor cobertura de esta categoría. Dos arbustivas, *Agave xylonacantha*, y una especie de la familia Ulmaceae, presentan las mayores coberturas de esta comunidad, por encima de las especies arbóreas. Otras tres especies, una perteneciente a la familia Asteraceae, *Helietta parviflora* y *Jatropha dioica* completan el grupo cuya dominancia es mayor que *Y. queretaroensis*. Siguiendo los criterios de Mostacedo y Fredericksen (2000), de todas las especies acompañantes de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado, solamente *Agave xylonacantha*, la Ulmaceae,

la Asteraceae y dos especies del estrato herbáceo, *Selaginella* sp. y una Poaceae alcanzan el nivel 2. El resto, incluida la especie de interés, quedan dentro del nivel 1 (Cuadro 9.6).

Cuadro 9.6. Valores y porcentaje de cobertura (dominancia) de las especies acompañantes de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado.

Especie	Tipo (Árbol: A, Arbusto: AR, Herbácea: H)	Número de individuos	Abundancia (m ²)	% de Cobertura
<i>Agave xylonacantha</i>	AR	70	70.9	7.09
Ulmaceae	AR	30	45.89	4.59
<i>Dasyllirion longissimum</i>	A	10	35.75	3.58
Asteraceae	AR	40	26.78	2.68
<i>Helietta parviflora</i>	AR	5	18.04	1.8
<i>Jatropha dioica</i>	AR	10	12.91	1.29
<i>Yucca queretaroensis</i>	A	19	7.76	0.78
<i>Selaginella</i> sp.	H	425	6.35	0.63
Poaceae	H	45	5.24	0.52
Leguminosae	AR	5	2.81	0.28
<i>Bernardia</i> sp.	AR	5	2.54	0.25
<i>Bauhinia</i> sp.	AR	20	2.04	0.2
Verbeneaceae	AR	5	1.57	0.16
<i>Karwinskia</i> sp.	AR	5	0.94	0.09
Helecho	H	20	0.8	0.08
<i>Astrophytum ornatum</i>	AR	5	0.1	0.01
<i>Opuntia</i> sp.	AR	5	0.03	0

En El Detzaní, *Y. queretaroensis* se presenta como la única especie arbórea, acompañada por quince especies en una comunidad dominada por el estrato arbustivo y cuyo principal elemento es una planta arbustiva de la familia Leguminosae (Fabaceae). A excepción de dicha especie, que de acuerdo con los criterios de Mostacedo y Fredericksen (2000) alcanzaría un nivel de 2, el resto de la comunidad, *Y. queretaroensis* incluida, tienen niveles de 1 (Cuadro 9.7).

Cuadro 9.7. Valores y porcentaje de cobertura (dominancia) de las especies acompañantes de *Y. queretaroensis* en El Detzaní.

Especie	Tipo (Árbol: A, Arbusto: AR, Herbácea: H)	Número de individuos	Abundancia (m ²)	% de Cobertura
Fabaceae sp	AR	16	30.6019	3.06019
<i>Stevia</i> sp. 1	AR	11	14.2051	1.42051
Fam Lamiaceae (sp. 1)	AR	10	7.3682	0.73682
<i>Yucca queretaroensis</i>	A	7	6.34	0.634
Fam. Ulmaceae (sp. 1)	AR	7	3.9699	0.39699
Fam Asteraceae (sp. 1)	AR	5	2.3735	0.23735
<i>Karwinskia</i> sp	AR	4	1.2442	0.12442
<i>Mentzelia</i> sp	AR	2	0.8864	0.08864
Fam. Poaceae (sp. 1)	H	4	0.3849	0.03849
<i>Cigarrilla mexicana</i>	AR	1	0.1849	0.01849
<i>Stevia</i> sp. 1	H	1	0.1444	0.01444
<i>Turnera diffusa</i>	AR	1	0.0625	0.00625
Fam. Scrophulariaceae (sp. 1)	H	2	0.0549	0.00549
<i>Stevia</i> sp. 2	AR	1	0.04	0.004
<i>Karwinskia</i> sp	H	2	0.0389	0.00389
Fabaceae sp	H	1	0.0256	0.00256

IV. Discusión

Hernández y Godínez (1994) mencionan que, además de una distribución en un área restringida, una densidad relativamente baja es un factor que cuenta para considerar a la especie como amenazada. El análisis de los muestreos hasta ahora llevados a cabo revelan que *Y. queretaroensis* tiene valores bajos de densidad, por ramet y por genet. En las localidades donde se efectuó un muestreo durante dos años consecutivos, pese a que hubo ramets desaparecidos por ramoneo visible o porque no se localizaron en el mismo sitio, se encontró un incremento general en su número y por ende, en la densidad de la especie. Los ramets nuevos son obtenidos por propagación vegetativa en la base de otros de mayor tamaño; no se han observado nuevas plántulas provenientes de semilla.

La baja densidad de la especie es una característica es un dato complementario a la distribución agrupada con que cuenta, creciendo concentradamente en pequeñas franjas. Los valores de densidad de *Y. queretaroensis* son bajos en comparación con otras especies del mismo género que también prefieren hábitats específicos, como *Y. rigida* (Flores-Hernández *et al.*, 2011). Ello, unido a la especificidad de hábitat que presenta, son factores que contribuyen al nivel de rareza de la especie. En cuanto a la dominancia dentro de la comunidad, el valor de *Y. queretaroensis* difiere considerablemente entre localidades, lo que podría tener relación con el medio físico y con la composición de la comunidad acompañante. En Xichú, que es la comunidad con menor número de especies acompañantes, *Y. queretaroensis* tiene la mayor cobertura por localidad (4.61% en 2012 y 6.14% en 2013). Aquí, la especie dominante es *Prosopis laevigata*, cuyas vastas copas cubren profusamente la zona. En Rancho Quemado (0.78% en 2012 y 0.86% en 2013) y El Detzaní, (0.63% en 2012), la especie cuenta con valores inferiores a 1 (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Cabe mencionar que en estas dos últimas localidades tienen un mayor número de especies acompañantes y éstas también tienen valores bajos de cobertura. Son excepcionales aquellas que superan el 5%, como *Agave xylonacantha* (7.09%) en Rancho Quemado. Sin embargo, *Y. queretaroensis* es una de las pocas especies arbóreas de las comunidades donde ha sido muestreada. En El Detzaní es el único árbol, mientras que en Xichú y en Rancho Quemado comparte este nicho solamente con *Prosopis laevigata* y *Dasylirion longissimum*, respectivamente. Siendo el único árbol, o uno de los únicos dos, *Y. queretaroensis* tiene una función relevante dentro de la comunidad donde vive, como especie formadora y retenedora de suelo, así como importante captadora de agua pluvial y como refugio para la fauna silvestre.

V. Conclusiones

- *Y. queretaroensis* presenta valores muy bajos de densidad, en comparación con otras especies del mismo género, que también tienen patrones de distribución restringida.
- Entre 2012 y 2013, hubo un incremento en el número de ramets de las localidades de Rancho Quemado y Xichú, y por ende, de sus valores de densidad.
- *Y. queretaroensis* no es la especie dominante, en términos de cobertura, en las comunidades de las localidades muestreadas; sin embargo, su papel como árbol es fundamental, al ser la única o una de las pocas especies arbóreas presentes.

VII. Literatura citada

- Flores-Hernández, A., J. Hernández-Herrera, H. Madinaveitia-Ríos, L. Valenzuela-Núñez, B. Murillo-Amador, E. Rueda-Puente, J. García 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.
- Franco, L., J. G. De la Cruz Agüero, A. Cruz Gómez, A. Rocha Ramírez, N. Navarrete Salgado, G. Flores Ramírez, E. Kato Miranda, S. Sánchez Colón, L. G. Abarca Arenas, C. M. Bedia Sánchez, Winfield Aguilar. 1985. Manual de Ecología. Editorial Trillas. México. 266 p.
- Hernández, M. y A. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las Cactáceas mexicanas amenazadas. *Act. Bot. Mex.* **26**: 33-52.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

Objetivo 10 y 11

10. Describir la estructura poblacional de *Y. queretaroensis* en dos localidades selectas.

11. Documentar el ciclo biológico de la especie (Etapa 1). Estudiar de manera sistemática el ciclo biológico de la especie (Etapa 2).

Producto.

Tabla de edades de las poblaciones y cuadro estadístico de esperanza de vida, junto con un documento explicativo.

Diagrama vital de la especie.

I. Introducción.

Nuestro entendimiento de los procesos de crecimiento y multiplicación de *Yucca queretaroensis* fue modificándose a lo largo del desarrollo del presente proyecto. Originalmente, se planteaba la necesidad de definir una variable morfométrica a partir de la cual se estimasen las categorías de edad fisiológica de la especie, para organizar a los individuos en categorías dentro una tabla de edades que permitiese la integración de un cuadro estadístico de esperanza de vida y su nivel de reclutamiento, la tasa de supervivencia por categoría, los índices de mortalidad y la dinámica de la misma (crecimiento o decrecimiento) mediante un modelo de matriz de transición (Krebs, 1985).

Fue necesario un cambio de enfoque para intentar describir la estructura de las poblaciones de la manera más precisa posible, considerando el corto lapso de tiempo de este estudio, y la propia naturaleza de la especie. Tal como se ha mencionado en otros apartados de este informe, *Y. queretaroensis* es una especie clonal cuyos individuos, definidos en este trabajo como “genets”, se componen de un conjunto de tallos -“ramets”- que tienen la capacidad de sobrevivir por sí mismos cuando se separan unos de otros. El término genet se emplea en forma laxa para diferenciar a cada uno de los individuos fisiológicos, dado que no es posible determinar si los ramets que se encuentran separados forman parte de un mismo genet. Por otro lado, la determinación de edades en monocotiledóneas como *Yucca* es difícil, dado que no producen los anillos de xilema que son empleados para tal fin en plantas dicotiledóneas. Con estos antecedentes, se decidió diseñar un sistema de categorización que permitiese agrupar a los ramets componentes de las poblaciones en grupos, por tamaño o por volumen. La altura es un parámetro que se puede medir fácil y repetitivamente a lo largo del tiempo (Humphrey y Humphrey, 1990), y resultó ser el dato más adecuado para efectuar la categorización y el análisis.

Ahora bien, debido a que la densidad de individuos fisiológicos (genets) fue muy baja en las poblaciones estudiadas, además de que durante los dos años de estudio no hubo eventos reproductivos, ni se observaron plántulas, no fue posible construir una tabla de vida para las poblaciones. Tampoco fue posible construir un modelo adecuado para proyectar la dinámica poblacional y estimar la contribución de los diferentes procesos demográficos y categorías de tamaño a la tasa de crecimiento. Por lo anterior, los resultados que se presentan corresponden al análisis de la estructura de tamaños de los ramets en términos de estatura total en las tres localidades de muestreo (Xichú, Rancho Quemado y El Detzaní), y en

tres sitios adicionales. Estos últimos se presentan en el informe como “evaluación demográfica adicional”. La estimación de su mortalidad, supervivencia y crecimiento, también en términos de tamaño de ramets, se presenta para las dos poblaciones estudiadas durante 2012 y 2013 (Rancho Quemado y Xichú), en un diagrama de interpretación cualitativa que no debe interpretarse *sensu stricto* como un ciclo de vida, sino como la dinámica encontrada en las poblaciones observadas durante el periodo de estudio.

II. Metodología

Estructura de la población. Reconociendo que el término “individuo” es difícil de definir para la especie, se procedió a interpretar la información en términos de ramets para las cifras recabadas en 2012. Con los datos poblacionales obtenidos en los tres sitios de muestreo (Xichú, Rancho Quemado y El Detzaní) se describió la estructura de la población a nivel de ramet, considerándolos a todos y empleando la altura total de la planta, clasificada en categorías de 20 cm. Se establecieron comparaciones entre las diferentes localidades por medio de las siguientes pruebas: análisis de varianza y una prueba de rangos múltiples (diferencia mínima significativa de Fisher, LSD), con el software Statgraphics Centurion XVI.I (StatPoint Technologies, Inc., 2010) para los valores medios. Prueba G (Sokal y Rohlf, 1981), para detectar diferencias entre la estructura poblacional y por categorías de tamaño entre localidades. Se describe la relación existente entre la altura total y las principales características de la roseta.

Evaluación demográfica adicional. Se recopilaron datos de tres localidades extras, en 2012:

1. Zona adyacente a la parcela de muestreo en Rancho Quemado, Cadereyta, Qro.
2. Zona adyacente a la parcela de muestreo en El Detzaní, en Zimapán, Hgo.
3. Zona cercana a la localidad de Bucareli, Pinal de Amoles, Qro.

En cada una de éstas, se cuantificó la totalidad de los ramets y se midió su altura total, con la que se describe la estructura poblacional por localidad. Ésta evaluación demográfica adicional se encuentra respaldada por los registros de ubicación y fotográficos. El empleo de fotografías, especialmente en un lapso amplio de tiempo, es útil para estudiar y estimar el crecimiento de los individuos y los cambios en estructura de población (Turner, 1990, Bowers *et al.*, 1995).

Se realizó también una descripción general de estructura poblacional de *Y. queretaroensis* basada en la totalidad de los datos de los ramets registrados en las parcelas de muestreo y en la evaluación demográfica adicional, empleando como dato principal la altura total.

Estructura de población. Comparación entre años. Con la finalidad de establecer una categorización que representase de manera más adecuada los cambios en el tamaño que presentan los ramets de *Y. queretaroensis* a través del tiempo, se desarrollaron dos procedimientos: el primero, para obtener un índice de categorización de las poblaciones de ramets a partir de los volúmenes del tronco y la roseta (Anexo 12) y el segundo, para definir las categorías a partir de la altura total. Empleando ambos sistemas de categorización, se comparó la estructura de tamaños de los ramets entre las dos

poblaciones muestreadas mediante una prueba G para bondad de ajuste (Sokal y Rohlf, 1981). Las comparaciones se hicieron por separado para 2012 y 2013.

Ciclo de vida. Se presenta una descripción cualitativa del ciclo de vida de la especie, con dos diagramas que representan los procesos de natalidad, mortalidad y cambio de categorías, por localidad estudiada entre 2012 y 2013.

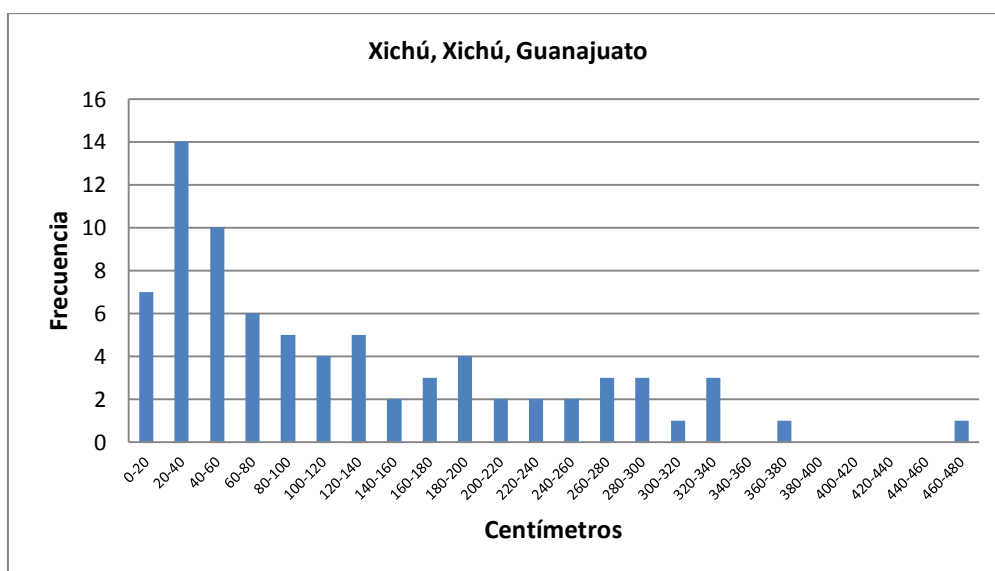
III. Resultados.

Estructura de la población. Análisis por ramets. El muestreo completo de *Y. queretaroensis* en la primera etapa del proyecto comprendió tres localidades de distribución, de donde se obtuvieron datos para un total de 151 ramets. Se muestra a continuación el resumen estadístico de las muestras (Cuadro 10.1), así como los histogramas de frecuencias por altura por ramet de cada una de las localidades muestreadas. La mayor proporción de ramets, en las tres localidades, se encuentran dentro de los intervalos de menor tamaño. En Xichú, el grupo más numeroso mide entre 20 y 40 cm, seguido por la siguiente clase, de 40 a 60 cm. La aportación de las siguientes clases a la estructura de esta población va siendo paulatinamente menor, aunque algunos segmentos tienen números mayores a lo esperado, como las clases entre 120 y 140, y entre 180 y 200 cm. Los ramets de esta población llegan a alcanzar estaturas superiores a los 4 m (Figura 10.1).

Cuadro 10.1. Resumen estadístico del muestreo por localidad de *Y. queretaroensis*. Altura por ramets (cm).

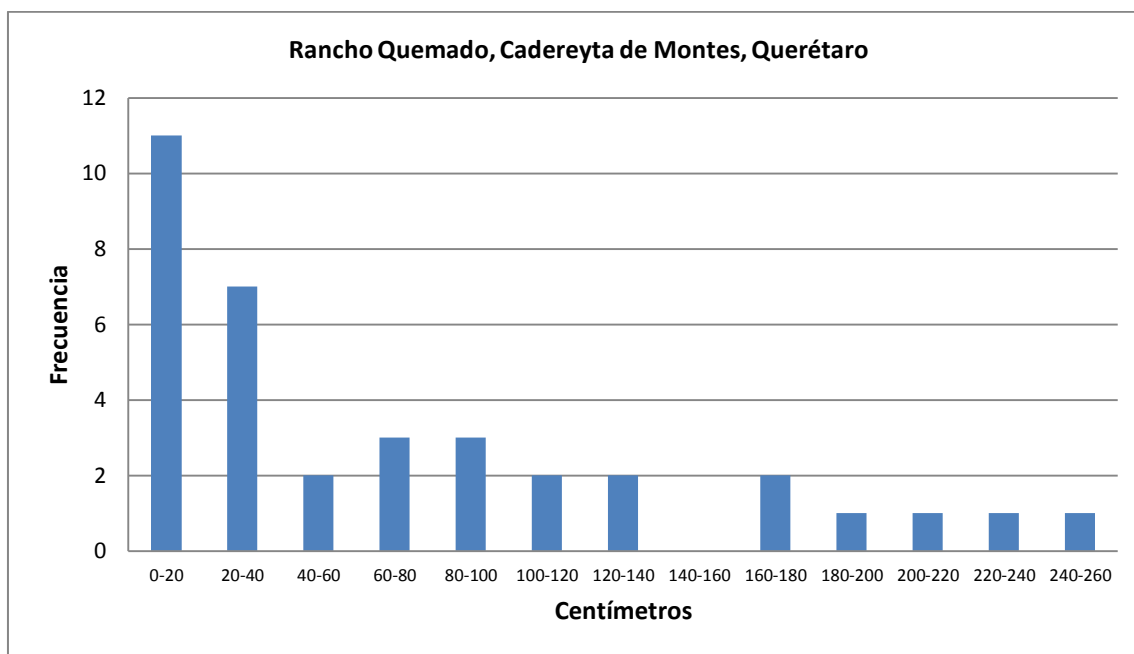
	n	Media	D. E.	Coefficiente de Variación	n-mínimo	n-máximo
Xichú,	78	126.744	107.922	85.1497%	5.0	480.0
Rancho Quemado	37	74.3889	69.8743	93.9311%	8.0	249.0
El Detzaní	36	73.3235	109.69	149.597%	10.0	390.0
Total	148	101.736	103.277	101.514%	5.0	480.0

Figura 10.1. Histograma de frecuencia de tamaños de ramets de *Y. queretaroensis* (Altura total en cm) en Xichú, Gto.



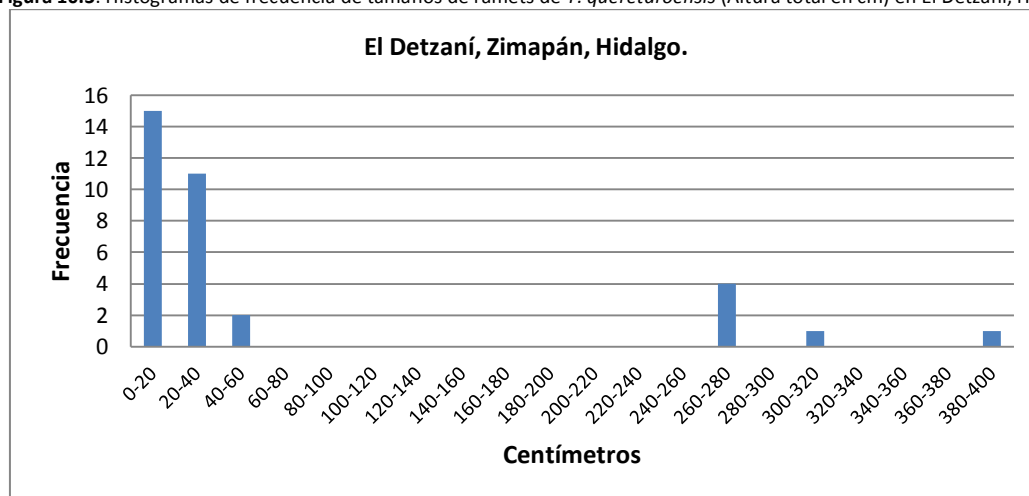
Rancho Quemado tiene la mayor concentración de ramets en la clase de tamaño más bajo (0 a 20 cm). Las clases sucesivas cuentan con menos integrantes y hay un vacío en la estructura de esta población, en las clases que miden entre 140 y 160 cm. En esta muestra, la mayor altura de un ramet es de 249 cm (Figura 10.2).

Figura 10.2. Histogramas de frecuencia de tamaños de ramets de *Y. queretaroensis* (Altura total en cm) en Rancho Quemado, Qro.



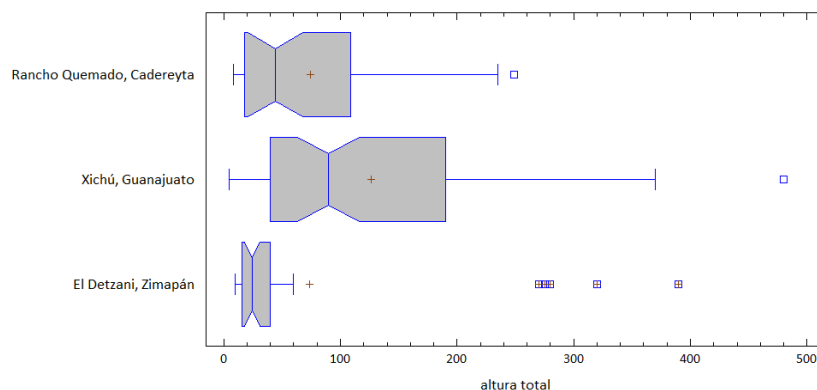
En El Detzaní, la clase de tamaño más baja (0 a 20 cm) es la más numerosa. La siguiente clase (20 a 40 cm) es también la segunda en número de ramets componentes. En esta localidad es muy notoria la ausencia de ramets en un rango muy amplio de clases (80 a 260 cm). Sí se encuentran ramets de las categorías de mayor tamaño, superando los 240 cm, pero representan una proporción muy baja de esta población (Figura 10.3).

Figura 10.3. Histogramas de frecuencia de tamaños de ramets de *Y. queretaroensis* (Altura total en cm) en El Detzaní, Hgo.



Las tres poblaciones muestran una importante acumulación de ramets de tamaño bajo, menor a 140 cm. Sin embargo, este grupo joven alcanza mayores estaturas en Xichú ($M_e=90$), mientras que en Rancho Quemado ($M_e=44.5$) y El Detzaní ($M_e=24.5$) tiene tallas menores. Estas dos últimas localidades presentaron, coincidentemente, un número muy semejante de ramets medidos (Cuadro 10.1). Pese a la disparidad de la mediana, sus valores promedio son muy cercanos, y Rancho Quemado presenta la menor estatura promedio (74.38 ± 69.87) frente a El Detzaní (73.32 ± 109.69). La población de Xichú presenta, por el contrario, estaturas elevadas (126.74 ± 107.92). La comparación entre las tres poblaciones da como resultado una mediana significativamente distinta para la localidad de Xichú (Figura 10. 4). El Análisis de Varianza, muestra que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las tres localidades con un nivel de 95% de confianza (Cuadro 10.2). De acuerdo con la prueba LSD, Xichú es diferente de Rancho Quemado y de El Detzaní (Cuadro 10.3).

Figura 10.4. Frecuencia de tamaños de *Y. queretaroensis* (Altura total en centímetros de cada ramet) en las localidades de muestreo. Comparación entre Altura total por módulo de las 3 localidades. Gráfico Caja y Bigotes con muesca de mediana.



Cuadro 10.2. Análisis de varianza entre las tres localidades muestreadas. Altura por ramet.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	103150	2	51574	5.11	0.0072
Intra grupos	1.46476E6	145	10101.8		
Total (Corr.)	1.56791E6	147			

Cuadro 10.3. Pruebas de rangos múltiples. Método: 95.0 porcentaje LSD. Altura por ramet.

	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Xichú	78	126.744	X		
Rancho Quemado	36	74.3889	X		
Zimapán	34	73.3235	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Altura total Rancho Quemado - Altura total Xichú			*	-52.3547	40.026
Altura total Rancho Quemado - Altura total El Detzaní, Zimapán				1.06536	47.5058
Altura total Xichú - Altura total El Detzaní, Zimapán			*	53.4201	40.8236

LSD: Diferencia mínima significativa de Fisher. (*) Indica una diferencia significativa.

La prueba G (Sokal and Rohlf, 1981) (Cuadro 10.4) para discernir diferencias entre las estructuras de las tres poblaciones muestreadas coincide de manera general con los resultados de la prueba LSD, mostrando que la estructura de la población de Xichú es significativamente distinta a $P < 0.05$ de Rancho Quemado y El Detzaní.

Cuadro 10.4. Resultados de la pruebas G para análisis de heterogeneidad entre estructuras.

Estructuras comparadas	Sig.	GH	P
Altura total Rancho Quemado - Altura total Xichú	*	79.83	0.00000
Altura total Rancho Quemado - Altura total El Detzaní, Zimapán		31.93	0.10157
Altura total Xichú - Altura total El Detzaní, Zimapán	*	51.51	0.00043

A fin de establecer las diferencias entre categorías de altura total por localidad, se asignó una clave numérica a cada una (Cuadro 10.5).

Cuadro 10.5. Asignación de claves a las categorías de altura de *Y. queretaroensis*.

Clave de categoría	Rango de altura	Clave de categoría	Rango de altura	Clave de categoría	Rango de altura
1	0-20	9	160-180	17	320-340
2	20-40	10	180-200	18	340-360
3	40-60	11	200-220	19	380-400
4	60-80	12	220-240	20	400-420
5	80-100	13	240-260	21	420-440
6	100-120	14	260-280	22	440-460
7	120-140	15	280-300	23	460-480
8	140-160	16	300-320	24	480-500

Las categorías que muestran diferencia significativa a $P < 0.05$, entre las tres poblaciones, se muestran a continuación. La población de Xichú tiene una estructura variada con varios ramets en cada una de sus categorías, lo que la hace diferente de Rancho Quemado y El Detzaní (Figura 10.4). Estas últimas no presentan diferencia significativa en su conjunto (Cuadro 10.4), pero sí tienen categorías específicas que son dispares en los tamaños entre 60 y 100 cm., lo que puede deberse a la notoria ausencia de ramets de este tamaño y de tallas superiores. La categoría 15, de 260 a 280 cm es diferente también. Esta categoría está ausente de Rancho Quemado. El Cuadro 10.6 resume las diferencias por categoría.

Cuadro 10.6. Diferencias por categoría de altura de *Y. queretaroensis* entre localidades muestreadas.

Estructuras comparadas	Categorías significativamente distintas.
Altura total Rancho Quemado - Altura total Xichú	3, 14, 15, 17
Altura total Rancho Quemado - Altura total El Detzaní, Zimapán	4, 5, 14
Altura total Xichú - Altura total El Detzaní, Zimapán	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 15, 17.

Es resaltable la semejanza estadística que existe entre las localidades de Rancho Quemado y El Detzaní, la primera en estado relativamente pristino y la segunda, presumiblemente alterada debido a factores externos a la naturaleza. Pese a que la Rancho Quemado cuenta con representantes en propiamente todas las categorías de tamaño por debajo de los 260 cm., el número de ramets es escaso. Ello puede ser una constante en muchas poblaciones de la especie y la escasez de ramets de determinados tamaños pudiese volver vulnerable a la especie ante la extracción de sus componentes.

Relación altura-características de la roseta. Se agruparon los datos de número total de hojas y diámetro de roseta a fin de obtener un valor promedio de estas dos variables por cada una de las clases de altura de la especie. Los resultados se muestran en el Cuadro 10.7.

Cuadro 10.7. Valores promedio de número de hojas y diámetro total de roseta por categoría de altura de *Y. queretaroensis* en las localidades muestreadas.

Clave de categoría	Rango de altura (cm)	Promedio de hojas por roseta	Diámetro promedio (cm)	Clave de categoría	Rango de altura (cm)	Promedio de hojas por roseta	Diámetro promedio (cm)	Clave de categoría	Rango de altura (cm)	Promedio de hojas por roseta	Diámetro promedio (cm)
1	0-20	63.9	21.9	9	160-180	393.6	99.2	17	320-340	488	126.6
2	20-40	135.2	39.9	10	180-200	400	104.4	18	340-360		
3	40-60	204.5	55.35	11	200-220	844	115	19	380-400	432	130
4	60-80	241.5	63.2	12	220-240	606.6	83.3	20	400-420		
5	80-100	411	73.8	13	240-260	714.6	110	21	420-440		
6	100-120	559.33	75.5	14	260-280	593.1	106	22	440-460		
7	120-140	405.7	87.4	15	280-300	581.3	126.3	23	460-480	376	80
8	140-160	534	111	16	300-320	630	111	24	480-500		

Las variables medidas (altura, número de hojas y diámetro de la roseta) muestran tener relación entre sí, aunque no de manera directa. La generación de hojas no es continua a lo largo de todo el crecimiento del ramet. Estos presentan una intensa producción de hojas hasta que alcanzan alturas de 100-120 cm. En tallas superiores, el número de hojas es variable. No se ha estimado de manera sistemática una tasa de generación de hojas ni de muerte de las mismas, pero en términos generales se observó que los ramets de mayor tamaño no tienen una producción tan intensa de hojas como aquellos juveniles. Esto puede interpretarse de la siguiente manera: un ramet que tenga una altura muy baja no necesariamente tiene un número reducido de hojas: aquellos con un número de hojas inferior a 20 parecen ser aquellos que están en una etapa muy temprana. En cuanto al diámetro total, *Y. queretaroensis* produce una roseta de diámetro considerable desde sus primeras etapas. A diferencia del número de hojas, esta variable tiene un incremento menos irregular a lo largo del crecimiento de la planta, y probablemente se estabiliza cuando los ramets tienen alrededor de 100-120 cm (Figuras 10.5 y 10.6)

Figura 10.5. Incremento en el número de hojas por roseta por categoría de altura de *Y. queretaroensis* en las localidades muestreadas.

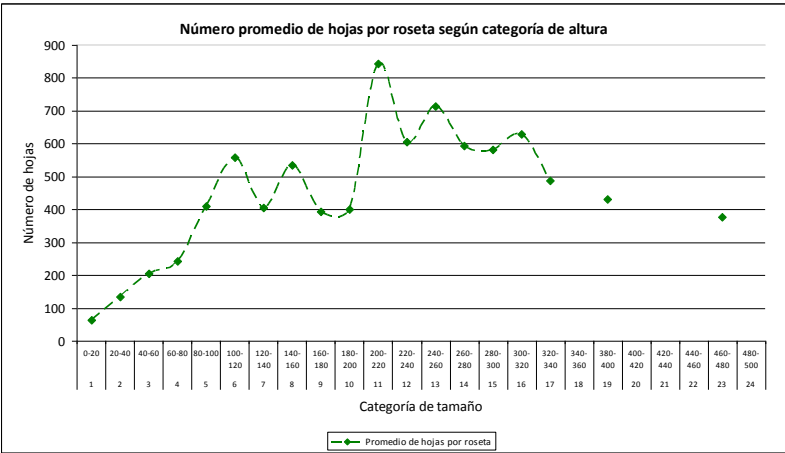
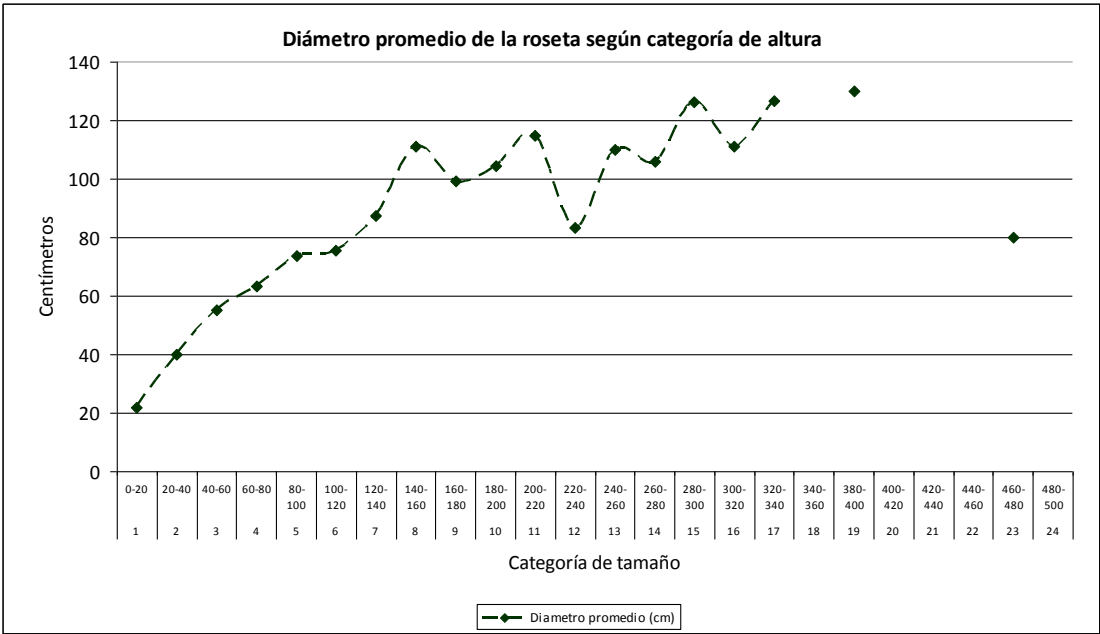
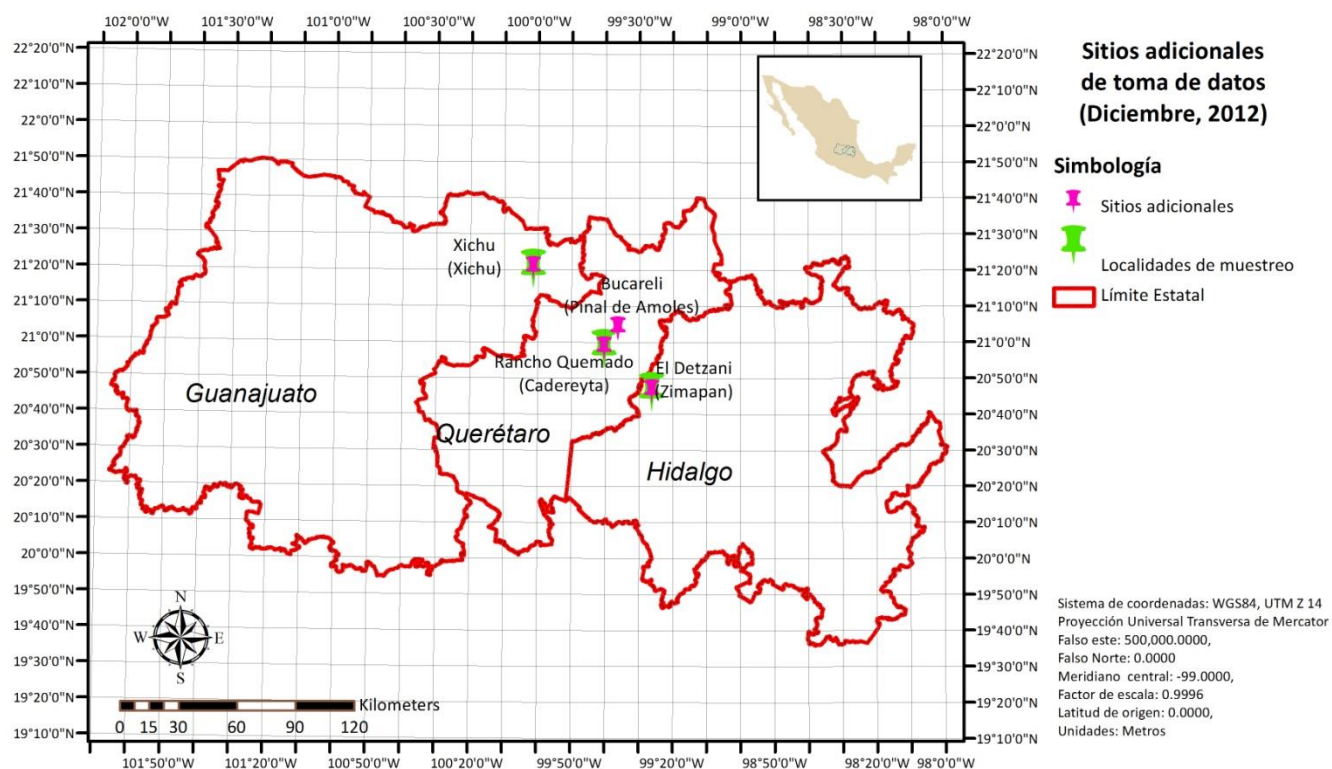


Figura 10.6. Incremento en el diámetro total de roseta por categoría de altura de *Y. queretaroensis* en las localidades muestreadas.



Evaluación demográfica adicional. Altura total. Se seleccionaron tres sitios para la toma de datos adicionales, considerando su representatividad en términos del tamaño de la población de *Y. queretaroensis*, así como la accesibilidad a los genets, para la toma de la altura de cada ramet (Figura 10.7). Los resultados se presentan de manera descriptiva para cada sitio, pues al no haber sido muestreados de manera sistemática sobre la misma unidad de superficie -a diferencia de las parcelas de muestreo- no es factible realizar una comparación entre los mismos. Se contabilizó un total de 207 ramets entre los tres sitios adicionales (Cuadro 10.8).

Figura 10.7. Localización de los sitios de la evaluación demográfica adicional. Se muestran las localidades de muestreo en parcelas como referencia.

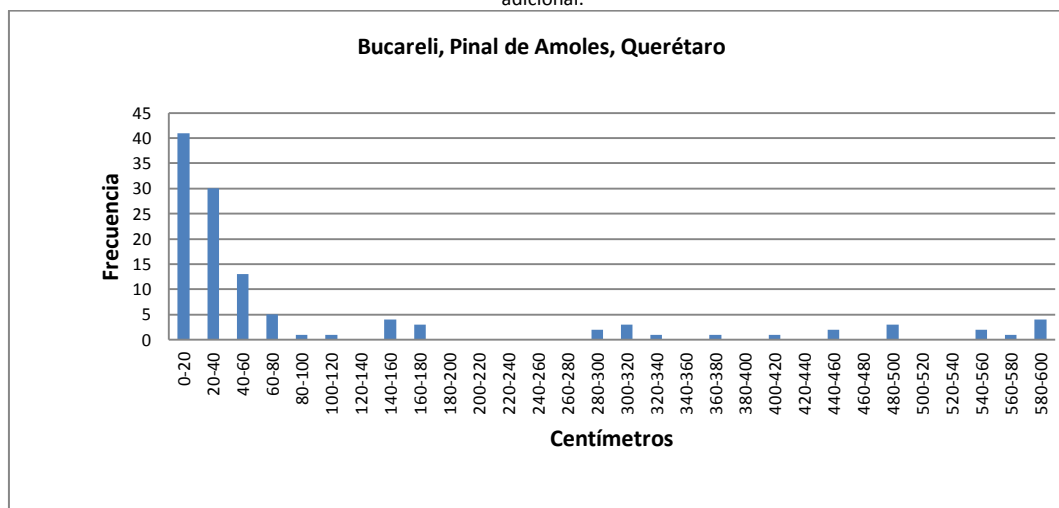


Cuadro 10.8. Número de ramets medidos (n) en la Evaluación demográfica adicional.

Sitio	n
Bucareli, Pinal de Amoles, Querétaro	120
Rancho Quemado, Cadereyta de Montes, Querétaro	47
El Detzaní, Zimapán, Hidalgo	40
Total	207

En términos generales, el histograma de frecuencias por tamaño de cada una de las poblaciones medidas en estos sitios permite apreciar una estructura similar a aquella encontrada en las parcelas de muestreo, reforzando la hipótesis de que *Y. queretaroensis* tiene un activo reclutamiento vegetativo, aunque en cada sitio haya ligeras diferencias. En Bucareli, la mitad de los ramets es de un tamaño sumamente pequeño ($M_e=30$), lo que probablemente refleja una temporada reciente de reclutamiento vegetativo. Las primeras cuatro clases (0 a 80 cm) reúnen a la mayoría de los ramets. A partir de dicha talla, la incorporación a las categorías superiores de tamaño es cada vez menor. Es notable la ausencia que existe de individuos desde 180 hasta 280 cm. Existe una llamativa presencia de ramets de elevado tamaño, superior a los 3 m (300 a 360 cm), y por último, un conjunto de plantas que cuentan con los valores más altos de estatura registrados hasta la fecha dentro del proyecto (420 a 600 cm) (Figura 10.8).

Figura 10.8. Histogramas de frecuencia de tamaños de ramets de *Y. queretaroensis* (Altura total en cm) de acuerdo a la Evaluación demográfica adicional.



En Rancho Quemado, la mitad de los ramets ocupa los rangos de menores tallas, aunque no son tan pequeñas ($M_e=94$). La mayor concentración tiene lugar en la clase entre 40 y 60 cm, y hay una incorporación paulatinamente menor a las clases de mayor tamaño. Los ramets más altos miden un poco más de 3 m (330 cm), valor ligeramente mayor que lo que había sido hallado previamente en la parcela de muestreo de este mismo sitio (249 cm). Este valor es excepcional para este sitio (Figura 10.9).

Finalmente, también en El Detzaní el tamaño entre 20 y 40 cm es el más frecuente ($M_e=50$), seguido por la clase inmediata (40 a 60 cm). Sin embargo, lo que es relevante en este sitio es la ausencia de ramets que miden alrededor de 1 o 2 m (80 a 200 cm). Ello coincide parcialmente con los resultados obtenidos dentro de la parcela de muestreo, donde hay ausencia de ramets de entre 60 y 260 cm. Los ramets de mayor estatura alcanzan alrededor de tres metros (330 cm) (Figura 10.10).

Figura 10.9. Histogramas de frecuencia de tamaños de ramets de *Y. queretaroensis* (Altura total en cm) de acuerdo a la Evaluación demográfica adicional.

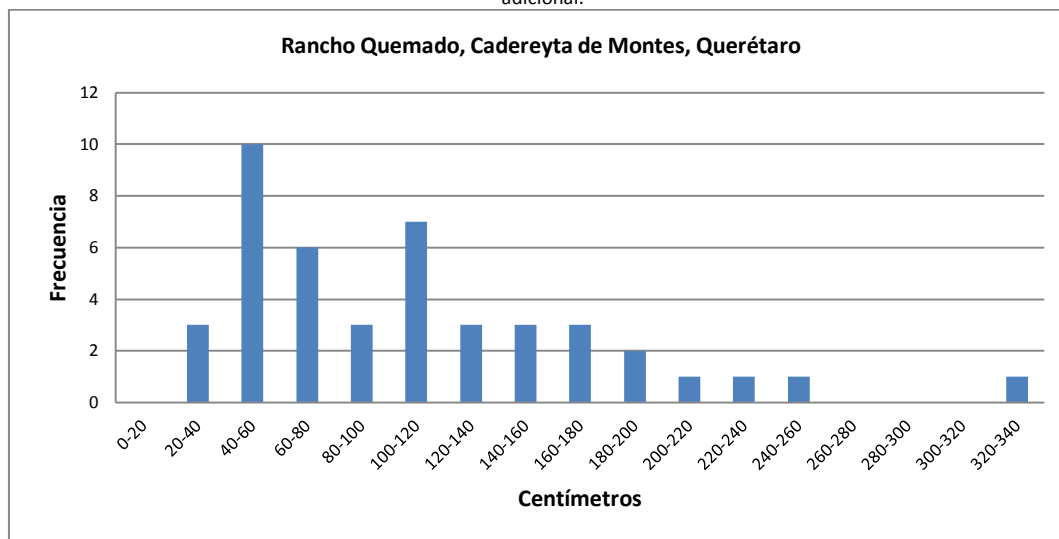
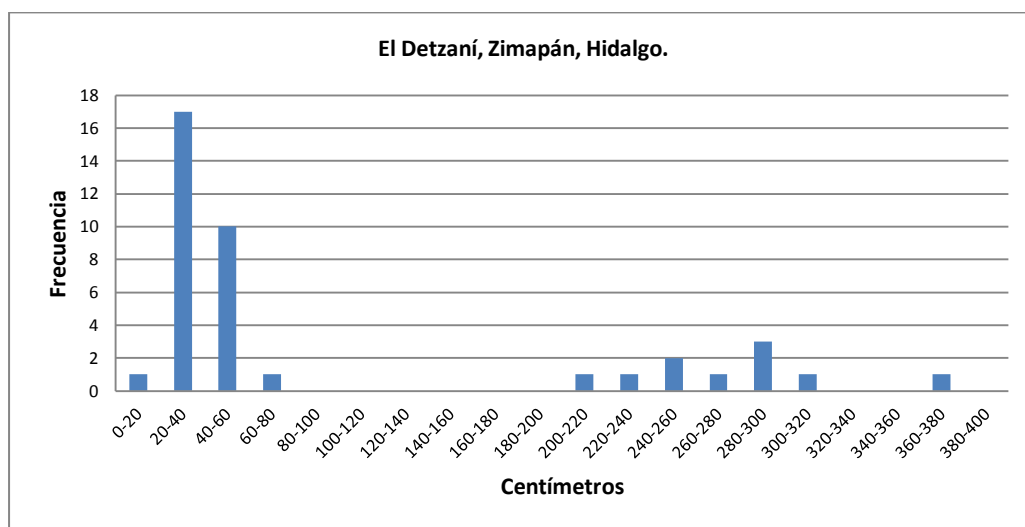


Figura 10.10. Histogramas de frecuencia de tamaños de ramets de *Y. queretaroensis* (Altura total en cm) de acuerdo a la Evaluación demográfica adicional.



Altura total del conjunto de datos de parcelas de muestreo y evaluación demográfica adicional (datos por ramet). Se describe en este punto la estructura de la población de *Y. queretaroensis* considerando la totalidad de los datos: de las localidades de muestreo y de los sitios adicionales, únicamente en términos de altura total. Para este análisis, entonces, se emplearon las medidas de 358 ramets de *Y. queretaroensis*: 151 dentro de las localidades de muestreo y 207 en los sitios de evaluación demográfica adicional. Se encontró que presentan un intervalo de estaturas comprendido entre 5 y 600 cm, con una media de 105.94 cm. (Cuadro 10.9).

Cuadro 10.9. *Y. queretaroensis* Altura total por ramet, total de los individuos dentro de parcela y en la evaluación demográfica adicional. Media y desviación estándar.

N	Altura total (cm) (Desv. Est.)
358	105.94 (125.727)

El rango de tamaños por ramet de *Y. queretaroensis* es muy amplio. Sin embargo, su mayor proporción está formada por los individuos de menor tamaño ($M_e=50$), por debajo de la media (Cuadro 10.1), entre 20 y 140 cm. Los ramets menores a 20 cm se sitúan en el extremo inferior de la distribución, mientras que aquellos que alcanzan hasta 300 cm conforman el extremo superior. Las alturas mayores a este valor son excepcionales, si bien fueron registrados al menos cuatro individuos de hasta 600 cm de altura en toda la muestra, en el sitio de Bucareli (evaluación demográfica adicional). Estos números se muestran en la gráfica de caja y bigotes (Figura 10.11). El gran número de individuos situados dentro del rango que abarca de 5 a 140 cm permite afirmar que, en términos generales, las poblaciones se encuentran en un activo proceso de reclutamiento vegetativo, a través de esta gran generación de ramets. La curva de distribución del histograma de frecuencias confirma lo anterior al no ajustarse a una distribución normal (Figura 10.12).

Figura 10.11. Media, mediana y extremos de la distribución de ramets de *Y. queretaroensis* según su altura total.

***Yucca queretaroensis*. Localidades de muestreo y conteos adicionales. Altura total**

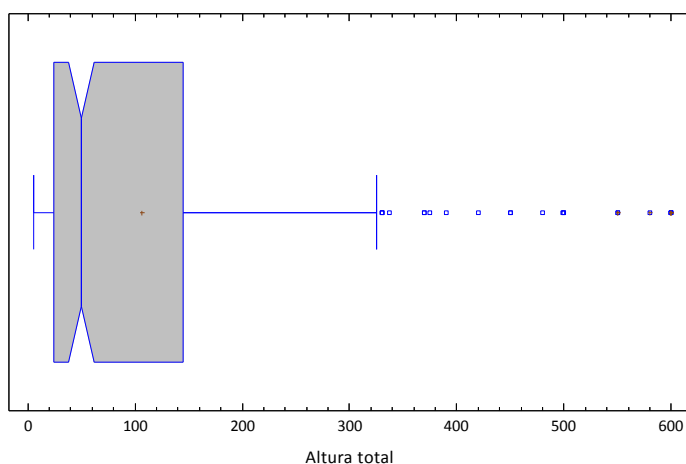
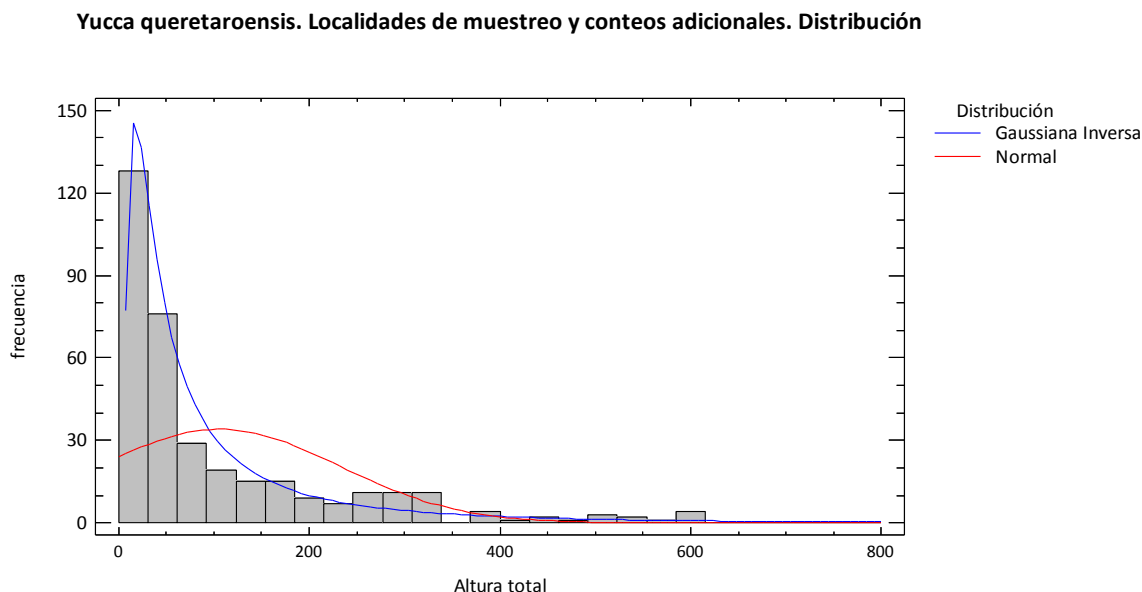
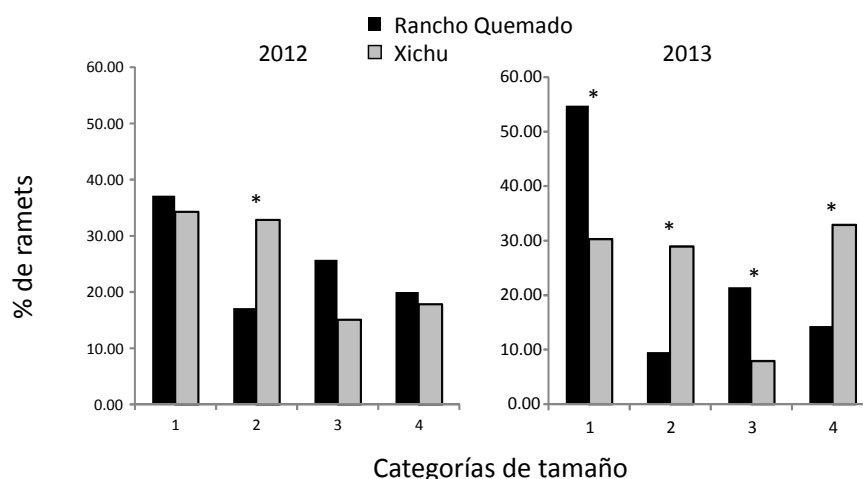


Figura 10.12. Distribución de los ramets de *Y. queretaroensis* según su altura total. Incluye localidades de muestreo y evaluación demográfica adicional.



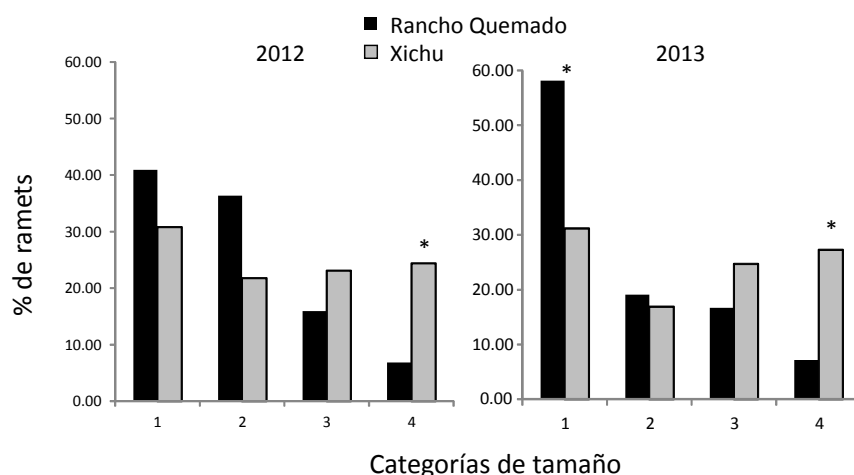
Comparación de la estructura de tamaños de los ramets entre poblaciones según índice de categorización por volumen (IC). En 2012, el número total de ramets en las poblaciones de Rancho Quemado y Xichú fueron 35 y 73, respectivamente. En 2013, fueron 42 y 76. Tomando como base el IC, en Xichú, las categorías 1 y 2 son similares en número de ramets durante ambos años; en 2012 estas dos categorías fueron considerablemente mayores en esta población; la categoría 3 es la de menor tamaño y disminuye entre un año y otro, proporcionando varios ramets a la siguiente categoría (4), que incrementó su número en 2013. Por otro lado, en Rancho Quemado la categoría 1 fue la más abundante en ambos años, y aumentó de tamaño entre 2012 y 2013. Las siguientes categorías disminuyeron de tamaño, si bien mantuvieron la misma estructura: la categoría 3 y 4 siguieron en número de ramets a la 1, mientras que la 2 es la más pequeña. En 2012, las estructuras de tamaños de los ramets fueron significativamente distintas entre las poblaciones de Rancho Quemado y Xichú ($G = 8.43$, 3 g.l., $P = 0.037$), lo cual se debió a una proporción más alta de ramets de la categoría 2 en la población de Xichú. Por otro lado, las estructuras de tamaño que se encontraron en 2013 también fueron distintas entre las dos poblaciones ($G = 31.07$, 3 g.l., $P < 0.0001$), lo cual se debió principalmente al incremento del número de mayor tamaño (categoría 4) en la población de Xichú y al incremento de las diferencias entre poblaciones en el número de ramets de las otras 3 categorías (Figura 10.13).

Figura 10.13. Estructura de tamaños de los ramets en dos poblaciones de *Y. queretaroensis*, determinada a partir del índice de categorización (IC). Los asteriscos indican las categorías que fueron significativamente distintas entre las poblaciones.



Comparación de la estructura de tamaños de los ramets entre poblaciones según altura por ramet. Las estructuras por población por año con base en las alturas de los ramets se comportan de la siguiente manera: en Xichú, la categoría 1 tuvo un pequeño incremento en su número de ramets entre 2012 y 2013, y fue la más numerosa en ambos años; la categoría 2 disminuyó ligeramente de tamaño, mientras que la 3 y la 4 se incrementaron. En Rancho Quemado, la categoría 1 incrementó notablemente su número de ramets entre 2012 y 2013. A esta categoría siguen en tamaño la 2, 3 y 4, que mantuvieron ese orden en ambos años, si bien la categoría 2 ocupó una proporción menor en 2013 que la que había ocupado en 2012. Usando la estructura de tamaños de los ramets obtenida a partir de la altura, también se detectaron diferencias entre las poblaciones en 2012 ($G = 15.93$, 3 g.l., $P = 0.001$), pero en este caso se debió a una proporción más alta de ramets de la categoría 4 en la población de Xichú, mientras que en 2013 las diferencias entre poblaciones ($G = 22.52$, 3 g.l., $P < 0.0001$) se debieron al incremento en la proporción de ramets pequeños (categoría 1) en la población de Rancho Quemado y al incremento de la diferencia entre poblaciones en la proporción de ramets de la categoría 4 (Figura 10.14).

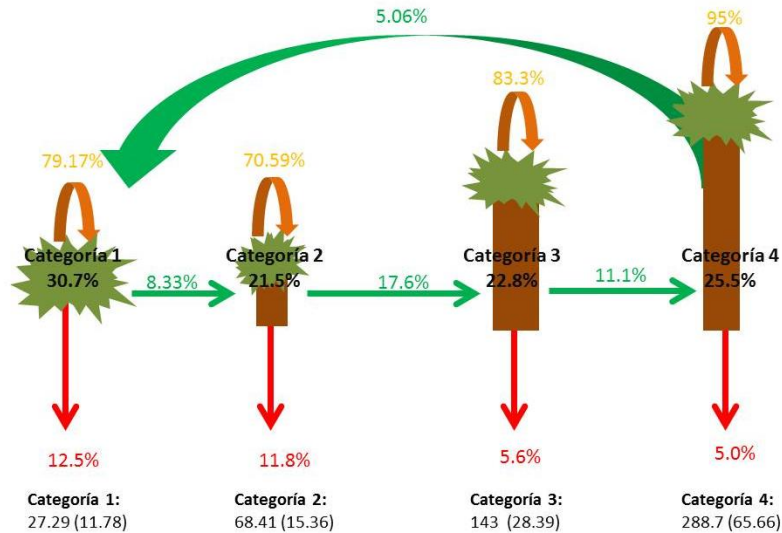
Figura 10.14. Estructura de tamaños de los ramets en dos poblaciones de *Y. queretaroensis*, determinada a partir de la altura de los mismos. Los asteriscos indican las categorías que fueron significativamente distintas entre las poblaciones.



Descripción cualitativa del ciclo de vida de la especie. Si bien en términos generales ambos métodos de categorización de ramets reflejan un patrón similar en cuanto a que el mayor número de ramets se concentra en las categorías inferiores, la descripción de la dinámica de los ramets que se describe a continuación se realiza con base en los cambios de altura total por localidad de muestreo, ya que en el procedimiento de categorización por volumen el conteo del número de hojas por roseta fue difícil de replicar de manera exacta entre un año y otro y las cifras obtenidas por esta vía sugieren que algunos individuos de las categorías mayores habrían generado muchas hojas en un solo año y habrían subido al siguiente nivel. Cabe mencionar que, según observaciones efectuadas en la localidad, una roseta produce entre 50 y 100 hojas al año, por lo que, según nuestras observaciones, ese incremento de número de hojas no equivale a un avance en la etapa de vida de la planta.

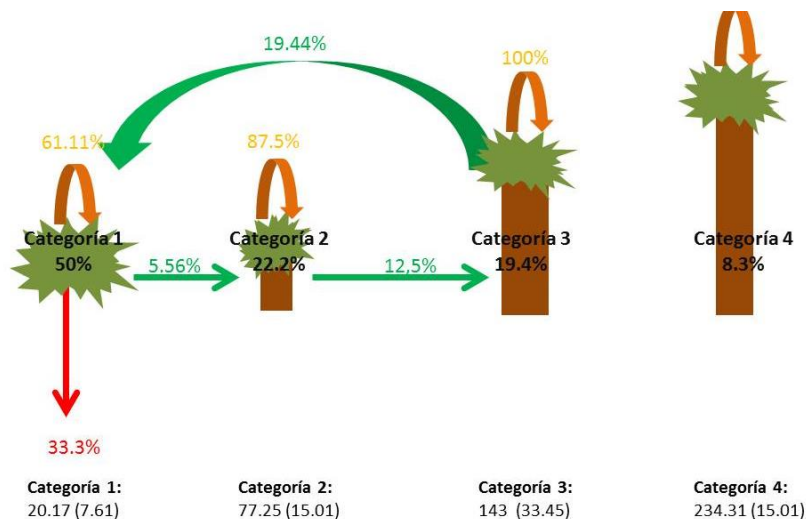
El ciclo de vida de la especie, descrito de esta manera, presenta interesantes diferencias entre localidades. En Xichú, en 2012, 30.37% de los ramets pertenecían a la categoría 1, 21.51% a la 2, 22.78% a la 3 y 25.51% a la 4. Durante la transición de 2012 a 2013, el 79.17 % de los ramets de la categoría 1 se mantuvieron dentro de la misma categoría, mientras que 8.33% ascendieron a la categoría 2 y 12.5% desaparecieron. También en este periodo, la categoría 1 recibió 5.06 % de los ramets originados por crecimiento vegetativo en los ramets más grandes (categoría 4). En la categoría 2 el, 70.59% de sus individuos permanecieron en la misma categoría, 17.6% ascendieron a la categoría 3 y 11.76% desaparecieron. En la categoría 3, 83.33% de sus ramets continuaron en la misma, 11.1% ascendieron a la categoría 4 y 5.56% desaparecieron. Finalmente, en la categoría 4 se mantuvieron en la misma categoría el 95% de los ramets, y 5% murieron (Figura 10.15).

Figura 10.15. Dinámica anual de crecimiento y mortalidad de los ramets de *Y. queretaroensis* según los datos de altura total obtenidos en la población de Xichú, Gto. Las cifras en negro indican los porcentajes originales. Las flechas verdes con cifras verdes muestran el movimiento entre categorías. En anaranjado, la permanencia dentro de la misma categoría. En rojo, las pérdidas porcentuales de ramets por categoría. Los paréntesis de la parte inferior muestran la altura promedio y la desviación estándar.



En Rancho Quemado, en 2012, 50% de los ramets pertenecían a la categoría 1, 22.2% a la 2, 19.4% a la 3 y 8.3% a la 4. Lo sucedido al interior de cada categoría entre 2012 y 2013 se describe a continuación. En la categoría 1, 61.11% de sus ramets se mantuvieron, 5.56% ascendieron a la categoría 2 y 33.33% desaparecieron. Sin embargo, esta categoría recibió 19.44% de nuevos ramets, provenientes de la categoría 3. En la categoría 2, 87.5% de sus ramets permanecieron, 12.5% pasaron a la siguiente categoría y no hubo pérdidas. En la categorías 3 y 4, el 100% de los ramets persistieron (Fig. 10.16).

Figura 10.16. Dinámica anual de crecimiento y mortalidad de los ramets de *Y. queretaroensis* según los datos de altura total obtenidos en la población de Rancho Quemado, Cadereyta, Qro. Las cifras en negro indican los porcentajes originales. Las flechas verdes con cifras verdes muestran el movimiento entre categorías. En anaranjado, la permanencia dentro de la misma categoría. En rojo, las pérdidas porcentuales de ramets por categoría. Los paréntesis de la parte inferior muestran la altura promedio y la desviación estándar.



Tomando la totalidad de los datos de ambas poblaciones, puede inferirse una descripción general de la dinámica de los ramets de *Y. queretaroensis*. Las categorías de menor tamaño (1 y 2) mostraron un mayor dinamismo en su comportamiento a lo largo de la temporada de observación. Los individuos de la categoría 1 representaron el grupo más numeroso a lo largo de toda la temporada de muestreo (2012: 36.5%; 2013: 40.83%) y contaron con un importante incremento en su número de ramets (40.48%), que surgieron entre 2012 y 2013. El mayor porcentaje de ramets permanece en la misma categoría (69.05%). Sin embargo, este grupo es también el que sufrió el mayor porcentaje de pérdida de individuos de un año a otro (21.42%). En cuanto a la proporción de ramets que abandonó esta categoría para incorporarse a la siguiente, fue de 7.14%. La categoría 2 es también numerosa a lo largo de los años 2012 y 2013. Del total de ramets que pertenecían a esta categoría en 2012, 76% permaneció en la misma, 16% ascendió al siguiente nivel y 8% desapareció. La transición de los ramets a partir de la categoría 2 hacia otras categorías o hacia fuera de la población por muerte o extracción fue la más dinámica. La categoría 3 es la siguiente en tamaño, y entre 2012 y 2013, un amplio porcentaje de sus ramets permanecieron en la misma (84%), mientras que 8% ascendió a la siguiente categoría y 4% desaparecieron. Finalmente, la categoría 4, perdió 4.34% de los ramets entre 2012 y 2013, mientras 95.65% de sus componentes permanecieron en la misma.

IV. Discusión

Y. queretaroensis es una especie que tiene un claro modo de crecimiento clonal, con un elevado reclutamiento vegetativo. Durante el tiempo de observación en este estudio, no fueron observadas plántulas provenientes de semilla en ninguna de las localidades de muestreo por parcela, ni en los sitios adicionales de observación. Se ha dividido la escala de observación por genets y por ramets, debido a que la naturaleza clonal de la especie le permite generar un individuo independiente a partir de cada nueva roseta, aunque esta independencia no llegue a suceder y la especie tienda a formar genets que no estamos en condiciones de calificar como individuos *sensu stricto*, y que pueden llegar a tener hasta (27) cerca de treinta ramets. La altura total es el parámetro que puede medirse y repetirse con mayor facilidad en todos los sitios, y la mayor proporción de todos los ramets observados, tanto por localidad de muestreo en parcelas, como en los sitios de datos adicionales, y de manera general, está conformada por aquellos de menor altura. En las comparaciones efectuadas en 2012, la población de Xichú presentó una diferencia significativa respecto de Rancho Quemado y El Detzaní, debido a la mayor altura promedio de sus individuos. Analizando las categorías de tamaño, Xichú presenta un mayor número de categorías que difieren de las dos restantes poblaciones, que aparentan ser parecidas entre sí, aun cuando en El Detzaní hay una notoria ausencia de ramets en un amplio intervalo de categorías de tamaños, y en Rancho Quemado, si bien la estructura es mucho más variada en cuanto a la altura, hay poca representación en número de mediciones por categoría. *Y. queretaroensis* alcanza, por lo común, hasta 3 m de altura en las localidades muestreadas, aunque hay individuos excepcionalmente altos en todos los sitios, que alcanzan su máximo valor (6 m) en el sitio de Bucareli. Al establecer una relación entre el crecimiento de la altura con la transformación de la roseta, es posible ver que las primeras etapas de crecimiento de un ramet de *Y. queretaroensis* traen consigo la profusión de la roseta, en número de hojas y en diámetro, crecimiento cuya tasa cambia al alcanzar alrededor de 120 cm de altura. La consistencia de resultados por altura y por ramet refuerza el planteamiento de que la especie tiene un activo reclutamiento vegetativo, y existe relación entre la

altura de la planta y el número de hojas de su roseta en las primeras etapas de su vida. Los individuos con número de hojas menores a 60 son sumamente escasos.

El análisis de la estructura de la población, hecho a través de la agrupación de ramets por categorías de altura sucesivamente mayores y establecidas cada 20 cm, ha revelado que algunas de dichas categorías no están presentes en todas las poblaciones. Sin embargo, debe hacerse énfasis en dos lugares en particular: Bucareli, en Pinal de Amoles, Querétaro, y El Detzaní, en el municipio de Zimapán, Hidalgo. En ambos sitios los intervalos con ausencia de individuos son amplios. En la localidad de El Detzaní, tanto el muestreo por parcelas como los datos adicionales ofrecen gráficas que muestran que la estructura de la población es muy diferente a todas las revisadas, pues existe una ausencia de ramets de tallas entre 70 cm y 230 cm, situación completamente atípica de las poblaciones de *Y. queretaroensis*. En Bucareli, también se presenta una ausencia de ramets en un intervalo de varias clases que abarca desde 180 hasta 280 cm. Se recomienda considerar a estas localidades como prioritarias en la investigación y seguimiento de episodios de saqueo de la especie, pues ante la ausencia de otra explicación, podría suponerse que han sido un sitio de extracción, ya que dentro de las tallas que no están presentes en la población, se encuentran aquellas que suelen ser ofertadas en el comercio internacional (Magallán *et al*, 2012).

La baja densidad y la ausencia de observaciones de eventos reproductivos de *Y. queretaroensis*, no permitió la construcción de una tabla de vida para la especie, ni un modelo para proyectar la dinámica poblacional y estimar la proporción en que las distintas categorías contribuyen a la tasa de crecimiento. Sin embargo, en el periodo de estudio fue posible evaluar la dinámica de crecimiento y mortalidad de los ramets en dos localidades, lo cual permite discutir algunos aspectos importantes para el conocimiento, manejo y conservación de la especie. Se desarrollaron dos métodos para definir con precisión las categorías de tamaño de la especie. El primero estimó los tamaños de los ramets a partir de la suma de volúmenes de sus tallos y rosetas; el segundo estableció también las categorías de la especie, en función de la altura total de los ramets. En términos generales, las estructuras de tamaños resultantes con ambos métodos son semejantes en cuanto a que reflejan que las categorías de menor tamaño son más abundantes que las mayores. Sin embargo, al comparar las estructuras de población por localidad con uno y otro método, no existe completa homogeneidad en los resultados. Aquellos obtenidos con el volumen del ramet indican que entre un año y otro se presentó un gran incremento en el número de individuos de mayor talla. Esto puede deberse al hecho de que el conteo del número de hojas por roseta es difícil de replicar de manera exacta entre un año y otro y las cifras sugieren que algunos individuos de gran talla generaron muchas hojas en un solo año. Este incremento de número de hojas no necesariamente significa un cambio en la talla ni un avance dentro de las etapas de vida observadas en la especie. El análisis, por lo tanto, se lleva a cabo con los datos de altura total.

El alto porcentaje de las categorías de menor tamaño indican que el crecimiento vegetativo mediante ramets que se originan de brotes basales puede ser muy frecuente entre un año y el siguiente, por lo que, pese a la elevada tasa de mortalidad de esta misma categoría, observada durante los años de muestreo, su número total se incrementó entre 2012

y 2013. Estos resultados, en conjunto con la ausencia de plántulas en condiciones naturales, sugieren que las poblaciones de *Y. queretaroensis* se mantienen principalmente por el crecimiento vegetativo mediante ramets basales. Ahora bien, la comparación entre localidades muestra que en Xichú la proporción de las restantes categorías (2, 3 y 4) son similares, mientras que en Rancho Quemado, éstas cuentan subsecuentemente con números cada vez menores de ramets. En términos generales, la estructura de las poblaciones no difiere entre un año y otro, lo que se debe a que es una especie de lento crecimiento.

Aún con las limitantes mencionadas, que nos impiden presentar formalmente el ciclo de vida de la especie, las observaciones realizadas durante 2012 y 2013 nos permitieron identificar sus rasgos generales: la especie tiene su mayor concentración de ramets y su mayor mortalidad en la categoría inferior, a la cual aportan nuevos clones los ramets de categorías mayores, como 3 y 4. Los cambios entre categorías son visibles, y el más notorio se presenta en la categoría 2, cuyos ramets ascienden a la 3 en mayor proporción que otros cambios entre categorías. A medida que los ramets son mayores en talla, su mortalidad decrece, y se incrementa el porcentaje de permanencia dentro de su categoría. Este ciclo es presentado de manera preliminar y empírica, y para ser completado, es necesario continuar con las observaciones en campo y la búsqueda y seguimiento de eventos reproductivos.

Como se ha mencionado, *Y. queretaroensis* presenta un modo de crecimiento que puede interpretarse a dos escalas: ramet y genet. Los datos discutidos en esta sección se han reportado por ramet, y la interpretación es uniforme a través de las localidades y sitios de muestreo, salvo el de los casos ya señalados de El Detzaní y Bucareli. Es conveniente analizar más profundamente la composición de genets de la especie antes de hacer cálculos e interpretaciones de la estructura de la población a esa escala.

V. Conclusiones

- Durante este estudio no fueron observadas plántulas provenientes de semilla en ninguna de las localidades de muestreo por parcela, ni en los sitios adicionales de observación.
- La altura total fue el parámetro más fácilmente medible y repetible, y el que brindó la información e interpretación más clara para la descripción de la estructura de poblaciones.
- En las comparaciones efectuadas en 2012, la población de Xichú presentó una diferencia significativa en su estructura respecto de Rancho Quemado y El Detzaní, debido a la mayor altura promedio de sus individuos.
- Algunas categorías de tamaño de *Y. queretaroensis* no están presentes en todas las poblaciones. Es necesario atender cuidadosamente la vigilancia en sitios como Bucareli, en Pinal de Amoles, Querétaro, y El Detzaní, en el municipio de Zimapán, Hidalgo, donde los intervalos con ausencia de individuos son amplios.
- La baja densidad y la ausencia de observaciones de eventos reproductivos de *Y. queretaroensis*, no permitió la construcción de una tabla de vida para la especie.

- El análisis de los datos de altura total indica que el crecimiento vegetativo mediante ramets de brotes basales puede ser muy frecuente entre un año y el siguiente, y sugiere que las poblaciones de la especie se renuevan principalmente gracias al crecimiento vegetativo.
- La categoría de menor tamaño recibe nuevos clones de los ramets de categorías mayores, como 3 y 4.
- El cambio más notorio se presenta en la categoría 2, cuyos ramets ascienden a la 3 en mayor proporción que otros cambios entre categorías.
- La descripción completa del ciclo de vida requiere continuar con las observaciones en campo y la búsqueda y seguimiento de eventos reproductivos.

VI. Literatura citada

- Bowers J. E., R. H. Webb and R. J. Rondeau. 1995. Longevity, recruitment and mortality of desert plants in Grand Canyon, Arizona, USA. *Journal of Vegetation Science* 6:551-564.
- Humphrey R.R. and A. B Humphrey. 1990. *Idria columnaris*: age determined by growth rate. *Desert plants* 10:51-54.
- Krebs, Ch. J. 1985. *Ecología: Estudio de la Distribución y la Abundancia*. 2ª edición. Harla. México. 753 p.
- Magallán-Hernández, F., B. Maruri-Aguilar, E. Sánchez-Martínez, L. Hernández-Sandoval, M. Robledo-Mejía y M. Hernández-Martínez. 2012c. 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. Tercer informe parcial CONABIO proyecto JE005. Cadereyta, Querétaro.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1981. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. W. H. Freeman and Co. New York. 859 p.
- Turner R. M. 1990. Long-term vegetation change at a fully protected Sonoran Desert site. *Ecology* 71:464-477.

Objetivo 12

Documentar la función de la especie y su relevancia dentro del ecosistema.

Producto.

Descripción de la función de la especie en el ecosistema.

I. Introducción.

Se presenta, de forma descriptiva, la función de la especie *Yucca queretaroensis* en su ecosistema. La información sobre este tópico es resultados de la recopilación y análisis de otros objetivos relacionados.

II. Métodos.

La función biológica *Y. queretaroensis* en su ecosistema se documentó integrando los resultados del presente proyecto en relación con la evaluación del hábitat, ecología de poblaciones y ciclo biológico. Se obtuvo información de campo de manera sistemática en los mismos sitios donde se llevaron a cabo los muestreos ecológicos, observando la presencia/ausencia de otras especies en su corteza, dosel y raíces y su relación con estas (Mills *et al.*, 1993).

III. Resultados.

La especie presenta funciones de formación y retención de suelo, gracias a su sistema de raíces poco profundas y fibrosas. Es una especie nodriza, ya que bajo su cobertura se encuentra un mayor número de especies herbáceas y arbustivas que fuera de ella. También representa el hábitat de aves e insectos en diferentes etapas de sus ciclos de vida. Si bien escasa, la inflorescencia es un medio de subsistencia para los visitantes que la frecuentan. Los habitantes de las comunidades cercanas mencionan que los frutos son palatables y consumidos por mamíferos pequeños (roedores, liebres, cacomixtle). La roseta es una estructura eficiente para el mantenimiento de la humedad relativa a través de la cosecha de agua; las Agavaceae cosechan cerca del 50% del agua de una precipitación pluvial (Hernández, datos no publicados). Es posible considerar a *Y. queretaroensis* como una especie clave en su ecosistema ya que es de los pocos elementos arbóreos dentro de este que provee todas las funciones mencionadas.

IV. Discusión.

Dentro de los ecosistemas, las especies pueden presentar diferentes funciones. *Y. queretaroensis* se desarrolla en un ecosistema cuyo recurso limitante es el agua, lo cual es normal en las regiones áridas y semiáridas del planeta y probablemente, otro factor importante dentro del ecosistema es la radiación solar. Por lo que las especies presentan adaptaciones que permiten su adecuado desarrollo, a pesar de los factores limitantes. De manera particular, el tipo de vegetación donde se encuentra a *Y. queretaroensis*, presenta un estrato arbustivo predominante, con pocos elementos arbóreos, uno de ellos es precisamente la especie de estudio. Otro aspecto sobresaliente es que *Y. queretaroensis* tiene adaptaciones específicas que le permiten captar agua, como las hojas en forma de roseta. Estas características

adaptativas, morfológicas y de forma de vida, permiten plantear que se trata de una especie clave dentro de su ecosistema.

V. Conclusiones.

- *Y. queretaroensis* se considera una especie clave de su ecosistema.

VI. Literatura citada

Mills, L., M. Soulé y D. Doak. 1993. The keystone species concept in ecology and conservation. *BioScience* **43**: 219-224.

Objetivo 13

Obtener y analizar los planes y/o programas de conservación para *Y. queretaroensis*.

Producto.

Información de programas sobre la conservación de la especie.

I. Introducción.

La pérdida y degradación de la superficie de los ecosistemas naturales y las especies que los habitan han sido el motivo de que en nuestro país y en el mundo se hayan implementado varias estrategias que tienen a reducir o eliminar las presiones que los amenazan, mitigar sus efectos y/o revertir su deterioro. También existen programas que, si bien no están enfocados directamente a la preservación de la biodiversidad, promueven su conservación se encaminan a su aprovechamiento sustentable. Ha sido, incluso, desarrollada una serie de proyectos para un conjunto de plantas y animales que, a juicio de los especialistas, deberían ser consideradas como prioritarias (SEMARNAT, 2012).

II. Métodos

De los meses de marzo 2011 a marzo 2012, se efectuó una investigación para conocer la existencia de planes, programas o acciones dirigidas al manejo y/o conservación de *Y. queretaroensis* a través de oficios dirigidos a las siguientes instancias: 1. Dirección General de Vida Silvestre, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2. Delegación Federal de la SEMARNAT en Querétaro, 3. Delegación Federal de la SEMARNAT en Hidalgo, 4. Reserva de la Biosfera “Sierra Gorda” en el Estado de Querétaro, de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 5. Reserva de la Biosfera “Sierra Gorda” en el Estado de Guanajuato, de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 6. Grupo Ecológico “Sierra Gorda”, Querétaro y 7. Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo.

III. Resultados

Se constató que actualmente no existen, ni han existido planes, programas o acciones dirigidas al manejo o conservación de la *Y. queretaroensis*. Las respuestas de las instancias consultadas fueron de la siguiente naturaleza:

1. Dirección General de Vida Silvestre, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Informó que, después de revisar las bases de datos de la Dirección de Aprovechamiento de la Vida Silvestre, no se encontró información alguna relacionada con Unidades para la Conservación, Manejo y

Aprovechamiento de la Vida Silvestre (UMA) que manejen la especie denominada *Y. queretaroensis*. Tampoco se tienen registros de permisos de aprovechamiento vigentes o que se hayan otorgado en el pasado. La información fue emitida desde la oficina del Director M. V. Z. Martín Vargas Prieto, por medio de su vocera María Angelina León Rubio (angelina.leon@semarnat.gob.mx).

2. Delegación Federal de la SEMARNAT en Querétaro. Estableció que de las 52 UMA reconocidas en el Estado, ninguna de ellas tiene registrado en su plan de manejo a la especie en cuestión, excepto el Jardín Botánico Regional de Cadereyta. La información fue proporcionada a través de la Bióloga Claudia Soledad Nicolás Garibay, Jefa del Departamento de Vida Silvestre (claudia.nicolas@semarnat.gob.mx).

3. Delegación Federal de la SEMARNAT en Hidalgo. No se obtuvo información a través de la consulta directa al Delegado Estatal de la SEMARNAT en el estado de Hidalgo, Martín Bermúdez Mendoza (martin.bermudez@hidalgo.semarnat.gob.mx).

4. Reserva de la Biosfera “Sierra Gorda” en Querétaro de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Apuntó que: “I. Previa revisión del archivo histórico y activo de documentos que comprende desde el decreto del Área Natural Protegida en 1997 a la actualidad, no se tiene registro de ninguna solicitud de aprovechamiento; II. No se tiene conocimiento de ninguna Unidad de Manejo de dicha especie”. La información fue proporcionada a través de su Director, Gabriel Vázquez Sánchez (gvazquez@conanp.gob.mx). Cabe recordar que el primer Programa de Manejo de esta Reserva de la Biosfera (decretada el 19 de mayo de 1997 con 383,567-44-87.5 ha.) destaca la importancia de *Y. queretaroensis* como especie endémica y hace hincapié en que de las 11 zonas núcleo (24,803-35-87.5 ha.) la número X Cerro Grande (399-73-75 ha) y la número XI Mazatiapán (1,734-13-00 ha), ubicadas en parte sur de la reserva dentro del municipio de Pinal de Amoles, son relevantes por ser las únicas que tienen presencia de esta planta junto con otras especies de cactáceas con categoría de protección.

5. Reserva de la Biosfera “Sierra Gorda” en Guanajuato, de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Las autoridades de esta área natural protegida consultadas vía telefónica en la persona de Francisco Arellano, denotaron desconocer la existencia de esta especie en su jurisdicción. Tampoco respondieron a la solicitud de información que por escrito se les envió, con atención a Luis Felipe Vázquez Sandoval (Director, lfvazquez@conanp.gob.mx). El decreto de la reserva (2 de febrero de 2007, con 236 882.76 ha) no menciona a esta especie entre sus valores biológicos intrínsecos.

6. Grupo Ecológico “Sierra Gorda”, Querétaro. Informó que en predios situados al oeste de la Misión de Bucareli, recientemente inscritos (2011) en el Programa de Servicios Ambientales (Comisión Nacional Forestal), podrían existir algunas plantas de esta especie, sin que sea un dato confirmado. El Grupo Ecológico Sierra Gorda ha incorporado al Programa de Manejo de Tierras para la Conservación, aproximadamente 2,440 ha pertenecientes a 26 propietarios, situados en su mayoría en el extremo noreste de Querétaro (com. Pers. Roberto Pedraza Ruiz). No obstante lo anterior, después de consultar al personal del citado Grupo Ecológico Sierra Gorda I.A.P (GESG) y con las propias autoridades federales antes referidas, no se pudo establecer fehacientemente la presencia de poblaciones de esta especie dentro de alguno de los polígonos de las mencionadas zonas núcleo de esta reserva natural protegida.

7. Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo. No se obtuvo información específica de la consulta en la Subdirección de Planeación y Ordenamiento del Territorio, a través de Vicente Escalante Richards (consejo1@prodigy.net.mx).

IV. Discusión.

Es notorio, que a esta fecha, no hay ni programas ni acciones de manejo, en la zona de distribución natural de *Y. queretaroensis*, que impulsen o fortalezcan la gestión de esta especie a través de su manejo científico. La especie, es, entonces, recurso natural que no se encuentra administrado sustentablemente. Es absolutamente necesario llenar este vacío de inacciones con planes que, de forma integral y completa, administren el recurso planificando las acciones y los programas, correctivos y preventivos, necesarios a diferentes escalas.

V. Conclusiones

- No existen programas, planes o acciones de manejo para *Y. queretaroensis* en los Estados donde se distribuye de manera natural.

VI. Literatura citada

SEMARNAT. 2012. Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Documento electrónico consultado en http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf, el 24 de Mayo de 2012.

Objetivo 14

Identificar a los factores que amenazan las poblaciones silvestres de *Yucca queretaroensis*.

Producto.

Matriz de datos sobre amenazas (Anexo 13).

I. Introducción.

Durante las etapas iniciales del presente proyecto, antes de contar con todos los elementos necesarios para el desarrollo del Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de Plantas de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, y previo al desarrollo del método de Martorell y Peters (2005) se llevó a cabo una evaluación inicial que identificase a los factores que amenazan a las poblaciones silvestres de *Y. queretaroensis* a través de observaciones en campo y recopilación de datos en las dos localidades principales de muestreo, mismas que se presentan en este objetivo.

II. Métodos

Las amenazas a las poblaciones de *Y. queretaroensis* fueron valoradas en los dos sitios de muestreo establecidos para el estudio de ecología de poblaciones y hábitat: Rancho Quemado, Cadereyta de Montes, Qro. y Xichú, Xichú, Gto. Se hizo una inspección visual de los 10 cuadrantes del transecto de 10 m x 100 m, evaluando en cada uno de ellos las posibles amenazas que sobre la especie ejerzan las actividades humanas, haciendo una adaptación previa a la ejecución completa del “disturbiómetro” de Martorell y Peters (2005), desarrollado en su totalidad durante la segunda etapa de este proyecto. Las amenazas por impacto de la actividad humana consideradas se presentan en el Cuadro 14.1, junto con la manera en que se registró su presencia/ausencia.

Cuadro 14.1. Amenazas observadas a las poblaciones de *Y. queretaroensis*, y modo de observación.

Amenaza	Signos observados	Manera en que fue observado
Crianza de ganado	Excretas	Se revisó el suelo en busca de presencia de excretas de ganado ovino, caprino o bovino.
	Ramoneo de plantas	Se revisaron los arbustos para detectar signos de ramoneo.
	Veredas para ganado	El ganado suele transitar por veredas bien definidas. Se revisó la zona en busca de las mismas.
Actividades humanas	Corte de leña	Se revisaron los arbustos para detectar signos de corte de ramas para leña. Se revisó también el suelo en busca de atados de leña.
	Veredas	Se revisó la zona en busca de veredas de tránsito de personas.
	Incendios forestales	Se buscaron evidencias de episodios de incendio o quema.
Degradación de la tierra	Erosión de suelo	Se buscaron puntos donde el suelo mostrase deformación o remoción frecuente, y que pudiesen ser considerados como evidencia de erosión.
	Superficies modificadas	Se buscó la presencia de construcciones que modifiquen el paisaje, de agricultura, de obras hidráulicas, entre otras.

III. Resultados.

Todos los factores que fueron evaluados están presentes en las dos localidades de muestreo, a excepción de “Evidencia de incendios” y de “Presencia de superficies modificadas”, indicando que existen actividades humanas que podrían afectar las poblaciones de *Y. queretaroensis*. De las tres amenazas principales evaluadas, “Crianza de ganado” es la que presenta mayor incidencia en ambas localidades, seguida de “Actividades humanas” y por último, de “Degradación de la tierra”. Respecto a “Crianza de ganado”, la evidencia “Veredas para ganado” es la más frecuente en ambas localidades, presente en todos los cuadrantes. La evidencia “Presencia de excretas” es más frecuente en Xichú, Gto., que en Rancho Quemado, Cadereyta, Qro., al igual que la evidencia “Ramoneo de plantas”, presente en 8 cuadrantes de Xichú y solamente en uno de Rancho Quemado. Las “Actividades humanas” también son menos frecuentes en Rancho Quemado que en Xichú, aunque en ambas localidades es importante la presencia de “Veredas”, que fueron registradas en todos los cuadrantes evaluados. El “Corte de leña” no fue registrado en Rancho Quemado, mientras que en Xichú fue visto en dos cuadrantes, ambos con presencia de *Y. queretaroensis* (1 y 7). No se detectó “Evidencia de incendios” en ningún cuadrante de las dos localidades. La actividad general “Degradación de la tierra” no fue registrada en la localidad de Xichú. La evidencia de “Erosión de suelo” sí se presentó de manera continua en todos los cuadrantes de Rancho Quemado. La evidencia “Presencia de superficies modificadas” no se presentó en ninguna localidad. De los cuadrantes con presencia de *Y. queretaroensis* en Rancho Quemado (1, 2, y 10), el 1 y el 2 presentaron dos evidencias de amenaza por “Crianza de ganado”: “Presencia de excretas” y “Veredas para ganado” mientras que el cuadrante 10, solamente presentó “Veredas para ganado”. Por su parte, en Xichú se encontraron los tres factores asociados a “Crianza de ganado” en todos los cuadrantes donde se registró la presencia de *Y. queretaroensis* (1, 2, 3, 4, 7 y 10). La única excepción consistió que en el Cuadrante 4 no hubo evidencia de “Ramoneo de plantas”. Las matrices por localidad se presentan en los cuadros 14.2 y 14.3.

Cuadro 14.2. Registro de observaciones en campo sobre los factores de disturbio que amenazan a *Yucca queretaroensis* en su hábitat natural. Rancho Quemado, Cadereyta de Montes, Querétaro.

CUADRANTE	Crianza de ganado			Actividades humanas			Degradación de la tierra	
	Presencia de excretas	Ramoneo de plantas	Veredas para ganado	Corte de leña	Veredas	Evidencia de incendios	Evidencia de erosión de suelo	Presencia de superficies modificadas
1	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
2	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
3	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
4	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
5	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
6	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
7	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
8	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
9	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
10	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
TOTAL	5	1	10	0	10	0	10	0

Cuadro 14.3. Registro de observaciones en campo sobre los factores de disturbio que amenazan a *Y. queretaroensis* en su hábitat natural. Xichú, Xichú, Gto.

CUADRANTE	Crianza de ganado			Actividades humanas			Degradación de la tierra	
	Presencia de excretas	Ramoneo de plantas	Veredas para ganado	Corte de leña	Veredas	Evidencia de incendios	Evidencia de erosión de suelo	Presencia de superficies modificadas
1	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO
2	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO
3	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO
4	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO
5	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO
6	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO
7	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO
8	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO
9	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO
10	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	NO
TOTAL	10	8	10	2	10	0	0	0

IV. Discusión

La evaluación de las posibles amenazas a las poblaciones de *Y. queretaroensis*, muestra que la crianza de ganado es la actividad con mayor incidencia en las poblaciones de la especie. En segundo término se encuentran los factores como la erosión de suelo, debido a la pendiente de los sitios, y la presencia de veredas para tránsito de ganado y tránsito humano. A través de esta evaluación y de la investigación sobre el comercio nacional e internacional de la especie, queda de manifiesto, que las principales amenazas de la especie radican en su demanda en el comercio internacional, quedando en segundo término las amenazas relacionadas con perturbación de su hábitat por crianza de ganado y presencia humana. La erosión de suelo es una perturbación natural, dada por la pendiente del terreno. Se puede constituir como amenaza en conjunción con la presencia de ganado, que acelera notablemente los procesos naturales de disturbio.

V. Conclusiones

- Las amenazas por crianza de ganado y erosión de suelo son las más frecuentes en las poblaciones de *Y. queretaroensis*.
- Probablemente, la principal amenaza de la especie sea su demanda en el comercio internacional.

VI. Literatura citada

- Martorell, C. and E. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. Biol. Cons. 124:197-207.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF 30-12-2010.

Objetivo 15

Identificar las interacciones ecológicas de *Y. queretaroensis*.

Producto.

Informe referente a la polinización de la especie.

I. Introducción.

La polinización de *Y. queretaroensis* se documentó en ejemplares que florecieron en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta, Qro., en abril de 2013. Esto debido a que, durante el primer año de estudio (2012), no se observaron individuos en floración en su hábitat natural. En 2013 sí se observaron individuos floreciendo en su hábitat natural, en la localidad de Xichú, sin embargo, estos presentaron una altura aproximada de 5 m, por lo que no fue posible hacer observaciones directas en campo. La biología floral y polinización del género *Yucca* ya se encuentran ampliamente documentadas (Pellmyr, 2003). Se sabe que existe una relación mutualista obligada entre las palomillas del género *Tegeticula* o *Parategeticula* con las especies del género *Yucca*, y que incluso se ha considerado un ejemplo clásico de coevolución (Pellmyr *et al.*, 2008). No obstante, se consideró importante documentar dicha interacción de manera específica para *Y. queretaroensis* y su polinizador. Una diferencia notable entre *Y. queretaroensis* y otras especies de *Yucca* de las que se ha estudiado su fenología y polinización, es que su floración no es anual, por lo que el polinizador, debería estar adaptado al tiempo de floración de la especie o en su defecto, podría ser no específico y polinizar otras especies.

II. Métodos.

Se monitorearon tres individuos que florecieron en abril de 2013 en las colecciones del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. Cada individuo se etiquetó para registrar las observaciones, como individuo 1, 2 y 3. Se registraron los visitantes florales nocturnos y su actividad en las inflorescencias y en las flores, durante periodos de 12 h (7 pm a 7 am) en dos ocasiones con un intervalo de 4 días entre el primer y segundo monitoreo. También se hicieron observaciones sobre los visitantes florales en diferentes horas del día durante el tiempo de antesis de las flores. Para documentar las observaciones nocturnas, se instalaron dos tripiés con lámparas LED de luz roja, a cada lado de la inflorescencia y un tripié con cámara fotográfica frente a la misma. Aunque se hicieron observaciones de los tres individuos, durante el primer monitoreo se tomaron fotografías del individuo 1 y en el segundo monitoreo del individuo 2, no fue posible documentar con fotografías las observaciones del individuo 3, debido a su altura mayor de 4 m. El objetivo de las lámparas LED de color rojo, fue poder observar los visitantes florales, sin ahuyentarlos, ya que se ha documentado que no detectan la luz roja (com. Pers. David Althoff, Universidad de Syracuse, Nueva York, EUA). En el primer monitoreo, se midió la cantidad de néctar contenida en la base de las flores, a intervalos de 2 h. Este procedimiento se llevo a cabo en diez flores, usando capilares de 20 microlitros. Se colectaron, de forma específica las palomillas presentes en las flores de *Y. queretaroensis*, para lo cual se usaron redes entomológicas y lámparas de luz blanca. Las palomillas se introdujeron en frascos con acetato, debidamente etiquetados. Se llevaron a cabo disecciones del abdomen para la extracción de la genitalia, estructura en la que se basan las claves de identificación taxonómica de las palomillas del género *Tegeticula* (Pellmyr *et al.*, 2008).

III. Resultados.

Primer monitoreo nocturno (12-04-13). Aunque se registraron los visitantes florales en los tres individuos, sólo se documentó con fotografías el individuo 1. Visitadores florales: Avispas (Orden Hymenoptera) (Fig. 15.1), moscas parecidas a *Drosophila* (Orden Diptera) (Fig. 15.1), mosquitos (Orden Diptera), picudos (Orden Coleptera, familia curculionidae). Estos insectos visitaron principalmente la base del pistilo, aunque a veces también se les observó en la parte media-interna de los tépalos, se movían en la zona y migraban a otras flores de la inflorescencia y finalmente salían de esta. Además, en casi todas las flores, se observaron insectos muy pequeños (menos de 1 mm) que no pudieron ser identificados; los cuales se encontraban principalmente entre la base del pistilo y los tépalos (Fig. 15.2), aunque también se encontraban a lo largo del pistilo y dentro de flores en pre-antesis. En este individuo, no se observó la visita de ningún tipo de palomillas nocturnas.

Figura 15.1. Avispas y moscas (parecidas a *Drosophila*) visitando las flores de *Y. queretaroensis*.



Figura 15.2. Pequeños insectos en la base de los pistilos de las flores de *Y. queretaroensis*.



Segundo monitoreo nocturno (16-04-13). Aunque se hicieron observaciones de visitantes florales en los tres individuos, se documentó con fotografías el individuo 2. Se registró la presencia de los mismos visitantes florales que en el individuo 1 y adicionalmente se observaron: moscas (Orden Diptera) (Fig. 15.3), palomillas de diferentes especies (Orden Lepidoptera) (Fig. 15.4 y 15.5) y palomillas del género *Tegeticula* (Fig. 15.6 a 15.8). Las palomillas de color blanco (*Tegeticula*) fueron los únicos insectos que permanecían por más tiempo en las flores de *Y. queretaroensis*, principalmente sobre el pistilo de la flor, también se movían entre flores de la misma inflorescencia.

Monitoreos diurnos. También se registro la presencia de visitantes florales diurnos, tales como avispas, abejas (Orden Hymenoptera), moscas de diferentes especies (Orden Diptera) y escarabajos (Orden Coleptera). Su actividad en la inflorescencia de *Y. queretaroensis* consistió en posarse sobre diferentes estructuras de las flores como el pistilo, estambres, tépalos, base interna y externa de los tépalos y base del pistilo, moviéndose entre las flores de la misma inflorescencia y permaneciendo unos pocos minutos en la misma.

Figura 15.3. Presencia de moscas en los tépalos de las flores de *Y. queretaroensis*.



Figura 15.4. Palomillas observadas en la roseta de *Y. queretaroensis*.

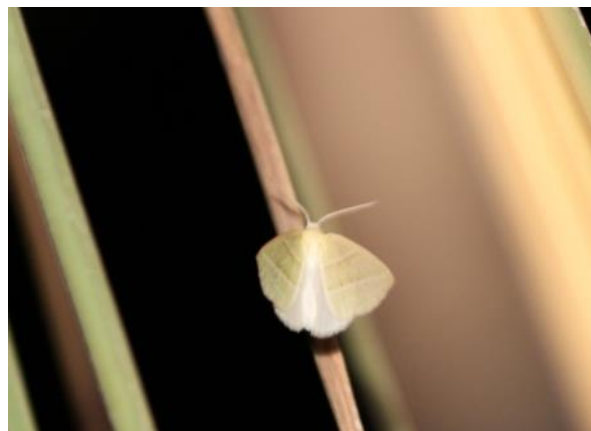


Figura 15.5. Palomilla en los tépalos de las flores de *Y. queretaroensis*.



Figura 15.6. Palomillas del género *Tegeticula* en las flores de *Y. queretaroensis*.

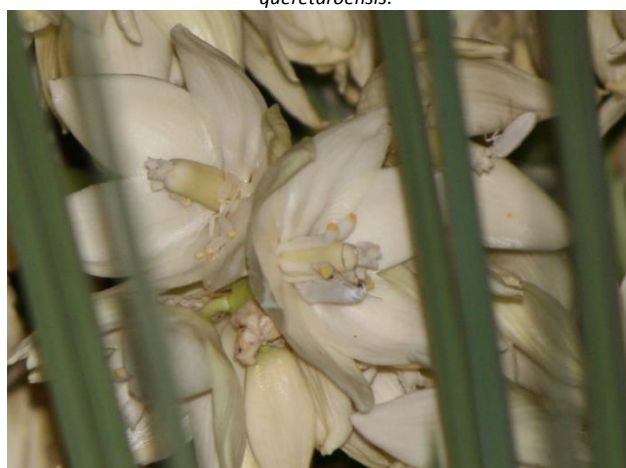
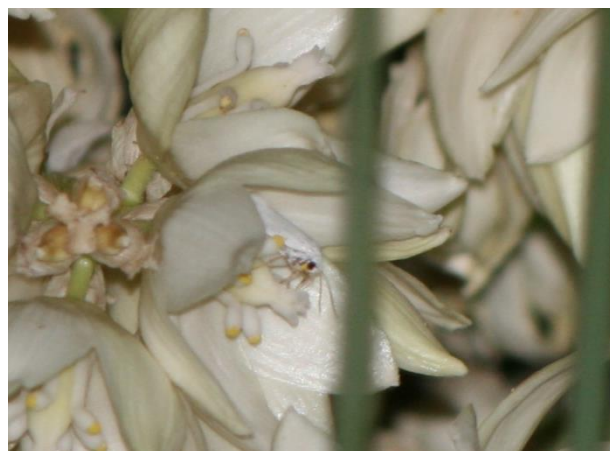


Figura 15.7. Palomillas del género *Tegeticula* sobre el pistilo de la flor de *Y. queretaroensis*.



Figura 15.8. Otra vista de una palomilla del género *Tegeticula*.



Néctar. Únicamente uno de los individuos que florecieron (individuo 1), presentó una altura (3.5 m) y una posición en las colecciones, que permitieron instalar escaleras y tratar de medir el néctar usando capilares. En el individuo 1, ninguna de las diez flores muestreadas, a través de los muestreos cada 2 h durante la noche, presentó alguna cantidad de néctar. Sin embargo, si fue posible percibir la presencia de esencias atrayentes expeditas por las flores.

Polinizador. La determinación taxonómica de las palomillas colectas en la inflorescencia de *Y. queretaroensis* permitió corroborar que se trata del género *Tegeticula* (Familia Prodoxidae) (Fig.15.9 y 15.10). Sin embargo, los caracteres morfológicos de las palomillas colectadas no coinciden en su totalidad con los de las especies que se incluyen en las claves (Pellmyr *et al.*, 2008), por lo que es posible que se trate de una especie no descrita hasta el momento (com. pers Javier Zúñiga, laboratorio de entomología, Universidad Autónoma de Querétaro, México).

Figura 15.9. Vista dorsal de *Tegeticula* sp. Asociada a las flores de *Y. queretaroensis*.



Figura 15.10. *Tegeticula* sp. asociada a las flores de *Y. queretaroensis*



IV. Discusión.

Las inflorescencias de *Y. queretaroensis* con su gran cantidad de flores y el despliegue de recompensas florales, son un fuerte atrayente para una amplia variedad de insectos y otros artrópodos como arañas, que se observaron en varias partes de las inflorescencias. Sin embargo, la mayoría de estos no juegan un papel importante en la polinización de la especie. Existen muchos estudios en los que se ha documentado la relación mutualista obligada entre las plantas del género *Yucca* y las palomillas de los géneros *Tegeticula* y *Parategeticula*. En esta interacción ecológica, las flores de *Yucca* son activamente polinizadas por las hembras de las palomillas, quienes después de fertilizar la flor, depositan sus huevos en el ovario, asegurando que sus larvas se desarrollan dentro del fruto y se alimentan de sus semillas (Pellmyr, 2003).

De los tres ejemplares que florecieron en el Jardín Botánico recientemente (abril 2013), solamente dos desarrollaron frutos y el individuo 1 no produjo ningún fruto. Esto indica que existe la presencia del polinizador efectivo en la zona

geográfica del Jardín Botánico. En los monitoreos nocturnos, no se detectó la ocurrencia de palomillas en las flores del individuo 1, a diferencia de las otras dos inflorescencias en las que sí se documentó la existencia de las palomillas del género *Tegeticula*. El individuo 1, es un ejemplar de aproximadamente 3.5 m de alto con tres rosetas, lo cual es poco común en *Y. queretaroensis*. En años anteriores las otras rosetas de este individuo han producido inflorescencias y en ninguna ocasión se han desarrollado frutos. Es difícil, con la información recopilada hasta el momento, tratar de explicar por qué no se han desarrollado frutos en este individuo.

Las flores de *Y. queretaroensis* son hermafroditas, pero al igual que la mayoría de las especies de *Yucca* en las que se ha estudiado la polinización, presentan barreras morfológicas y fisiológicas que evitan la autopolinización (Eguiarte *et al.*, 2000). En la especie de estudio, existe separación espacial de los sexos (herkogamia), ya que los estambres son más pequeños que el pistilo, sin probabilidad de que el polen llegue al estigma, a menos que intervengan los polinizadores. También es probable que *Y. queretaroensis* presente dicogamia (separación temporal de los sexos), ya que las observaciones de las 10 flores del individuo 1, muestran que el estigma receptivo no se presenta al mismo tiempo que la disponibilidad del polen en una misma flor. La evolución del género favorece un esquema de polinización cruzada, que idealmente seguiría los siguientes pasos: 1. Las polillas hembras colectan polen, 2. Se mueven a otra planta, 3. Ovopositan una o varias veces en el ovario de la flor y 4. Introducen activamente el polen dentro del tubo estigmático de estas mismas flores. Sin embargo, existen muchas variables dentro de este esquema ideal de polinización, una de ellas es que, al existir pocas inflorescencias de la especie (como el caso específico de los individuos de Jardín Botánico), es más probable que el transporte de polen sea entre flores de una misma inflorescencia (geitonogamia), que genéticamente es equivalente a la autogamia. Por otro lado, en las poblaciones naturales de la especie, la floración es sincrónica y frecuentemente se pueden observar dos ramets (rosetas) de un mismo individuo floreciendo al mismo tiempo, si los polinizadores transportan polen entre las inflorescencias de estos ramets, también puede existir geitonogamia.

Las flores del género *Yucca* producen muy poco néctar o no lo producen (Rocha *et al.*, 2006), lo cual tiene sentido ya que los adultos de *Tegeticula* no pueden alimentarse (Eguiarte *et al.*, 2000). En este aspecto, los resultados obtenidos en el presente estudio, en los que no fue posible obtener néctar de ninguna de las flores, está acorde a lo que se conoce para el género. De esta forma, la principal recompensa floral para los polinizadores son precisamente las flores, donde las palomillas pueden depositar sus huevos. Por otro lado, en los monitoreos llevados a cabo, se detectó, la presencia de esencias en las flores, de las cuales se ha demostrado en otros estudios, que constituyen una forma de atracción de los polinizadores (Svensson *et al.*, 2006).

La determinación taxonómica del polinizador de *Y. queretaroensis*, indica que se trata de una especie del género *Tegeticula* (Familia Prodoxidae). A pesar de que se conoce que las palomillas de este género son las principales polinizadoras de las yucas, también se ha registrado que existen polinizadores de otros géneros (*Parategeticula* y *Prodoxus*), por lo que la determinación del género de las palomillas colectadas en *Y. queretaroensis* constituye un avance notable en los estudios de polinización de la especie. Con las claves hasta ahora disponibles para *Tegeticula* (Pellmyr *et al.*,

2008), no fue posible determinar los ejemplares colectados hasta el nivel de especie y es probable que se trate de una especie que no ha sido descrita. En referencia a la especificidad planta-polinizador que anteriormente se había pensado que era especie-especie, quizá no sea el caso para *Y. queretaroensis* y su polinizador, esto debido a que en el Jardín Botánico existen muchos ejemplares de *Yucca filifera* en las colecciones, por lo que es posible que la especie de *Tegeticula* pueda polinizar ambas especies de *Yucca*.

V. Conclusiones

- *Yucca queretaroensis* presenta interacciones de diferentes tipos con diversas especies de insectos, artrópodos, mamíferos y aves, entre otros.
- Las palomillas nocturnas observadas, son los únicos polinizadores efectivos.
- Existe la presencia del polinizador efectivo en la zona geográfica del JBRC.
- Las características florales, morfológicas y fisiológicas, constituyen barreras que evitan la autopolinización.
- La floración, características florales y de polinización muestran un esquema de reproducción cruzada. Sin embargo, es probable que los ejemplares del JBRC presenten geitonogamia.
- No se observó la presencia de néctar en las flores, pero sí de esencias atrayentes.
- La palomilla polinizadora pertenece al género *Tegeticula*.
- Es probable que la palomilla polinizadora, no sea específica para *Y. queretaroensis*.

VI. Literatura citada

- Eguiarte, L., V. Souza y A. Silva-Montellano. 2000. Evolución de la familia Agavaceae: Filogenia, biología reproductiva y genética de poblaciones. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **66**: 131-150.
- Pellmyr, O. 2003. *Yuccas*, *Yucca* moths and coevolution: A review. *Ann. Missouri Bot. Gard.* **90**: 35-55.
- Pellmyr, O., M. Balcázar-Lara, K. Segraves, D. Althoff y R. Littlefield. 2008. Phylogeny of the pollinating *Yucca* moths, with revision of Mexican species (*Tegeticula* and *Parategeticula*; Lepidoptera, Prodoxidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* **152**: 297–314.
- Rocha, M., S. Good-Ávila, F. Molina-Freaner, H. Arita, A. Castillo, A. García-Mendoza, A. Silva-Montellano, B. Gaut, V. Souza y L. Eguiarte. 2006. Pollination biology and adaptive radiation of Agavaceae, with special emphasis on the genus *Agave*. *Aliso* (**22**): 329-344.
- Svensson, G., O. Pellmyr y R. Raguso. 2006. Strong conservation of floral scent composition in two allopatric *Yuccas*. *Chem Ecol* **32**:2657–2665.

Objetivo 16

Elaborar un calendario fenológico y de flujos reproductivos.

Producto.

Gráficos de la fenología de la especie.

I. Introducción.

Otro de los objetivos del proyecto, fue estudiar la fenología de *Y. queretaroensis*. La fenología se define como el tiempo de los eventos biológicos (Ollerton y Dafni, 2005), por lo que los objetivos del proyecto se refieren a la fenología de la floración y fructificación únicamente. Para conocer la fenología floral de *Y. queretaroensis* se usaron dos niveles o escalas de estudio, la fenología de flores individuales y la fenología floral por individuos. Adicionalmente, se tomaron datos puntuales sobre la fenología floral a nivel de población. La fenología de la fructificación, se estudió únicamente a nivel de los individuos. La mayoría de los datos fueron obtenidos de individuos que florecieron en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta en los últimos tres años, debido a que en las poblaciones naturales la fructificación fue esporádica y solamente el último año de estudio (2013) hubo mayor cantidad de individuos floreciendo en la localidad de Xichú, Gto., a diferencia de Rancho Quemado, Cadereyta, Qro., donde no se observaron individuos en floración en ninguno de los años.

II. Métodos.

Etapas fenológicas. Se monitorearon y registraron datos de los individuos de *Y. queretaroensis* que florecieron en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta en 2011 y 2013 y se definieron las etapas fenológicas para la especie.

Fenología floral. Se estudió la fenología floral de *Y. queretaroensis* en tres niveles: 1. Flor, 2. Individuo y 3. Población. Para estudiar la fenología a nivel de flor se escogieron y marcaron diez flores de uno de los individuos en floración en el Jardín Botánico (individuo 1), distribuidas en diferentes partes de la inflorescencia. Las diez flores se etiquetaron con números consecutivos, para identificarlas se usaron listones de color blanco colocados en el peciolo de la flor. Se registraron diariamente los cambios en cada una de las flores, hasta su desprendimiento de la inflorescencia. Para estudiar la fenología floral a nivel de individuo se etiquetaron los individuos que florecieron en el Jardín Botánico con un identificador numérico. Diariamente, desde el inicio de la floración se registró el número de día, la presencia/ausencia de capullos, flores en anthesis, flores marchitas y frutos. Para el estudio de la fenología floral a nivel de población, únicamente se registraron las observaciones hechas en una visita a la localidad de Xichú, Gto.

Fenología de la fructificación. Esta fenología sólo se estudio a nivel de individuo. Se registró el inicio de la fructificación y diariamente se registra el tamaño aproximado de los frutos. Actualmente, todavía se está obteniendo información de este tópico.

Relación fenología-clima. Se recopiló la información meteorológica del JBRC, la cual es monitoreada a través de una estación meteorológica instalada en el JBRC, que pertenece a la Comisión Estatal de Aguas (CEA) y disponible en la dirección de internet: <http://www.wunderground.com/weatherstation/WXDailyHistory.asp?ID=IQUERETA15>. Específicamente se recopiló y analizó la información referente a temperaturas mínimas, máximas (°C) y promedio de

precipitación (mm), desde 2011 a 2013. Se verificó y trato de relacionar las fechas de floración de *Y. queretaroensis* con las condiciones meteorológicas del JBRC.

III. Resultados.

Etapas fenológicas. La observación y registro de datos durante el 2011 y 2013, permitió definir siete etapas fenológicas (Cuadro 16.1) relacionadas con la floración y la fructificación de la especie.

Cuadro 16.1. Definición de las etapas fenológicas de *Y. queretaroensis*.

Fenofase	Características	No. de figura
Elongación	Tiempo de crecimiento del escapo floral. Desde que emerge hasta de la roseta hasta que alcanza su altura total que va de 70-100cm	Fig. 16.1
Botones florales	Presencia de capullos florales.	Fig. 16.2
Flores en antesis	Presencia de flores abiertas.	Fig. 16.3
Flores marchitas	Presencia de flores con tépalos secos o que se están desprendiendo de la flor.	Fig. 16.4
Frutos incipientes	Ovario notablemente engrosado, algunos tépalos persistentes.	Fig. 16.5
Frutos inmaduros	Frutos de menos de 6 cm de largo, color verde claro y con semillas inmaduras.	Fig. 16.6
Frutos maduros	Frutos de más de 6 cm de largo, color verde-marrón y con semillas maduras negras.	Fig. 16.7

Figura 16.1. Fenofase de elongación.



Figura 16.2. Fenofase de botones florales.



Figura 16.3. Fenofase de flores en antesis



Figura 16.4. Fenofase de flores marchitas



Figura 16.5. Fenofase de frutos incipientes



Figura 16.6. Fenofase de frutos inmaduros-

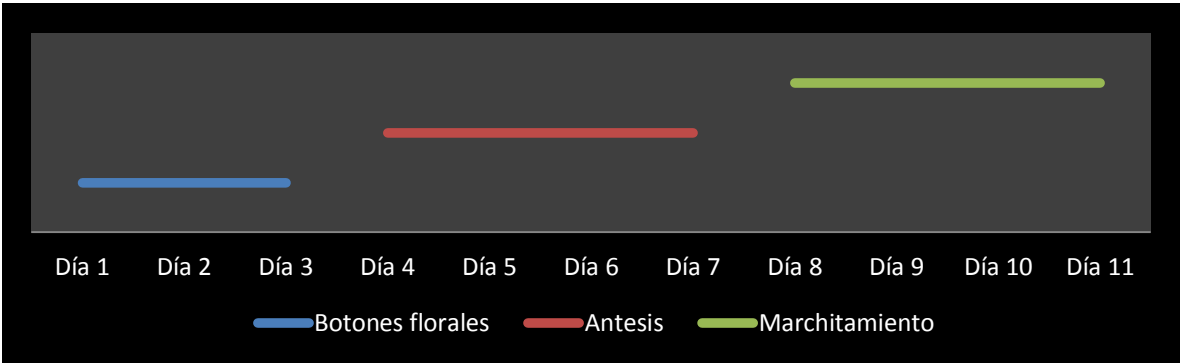


Figura 16.7. Fenofase de frutos maduros.



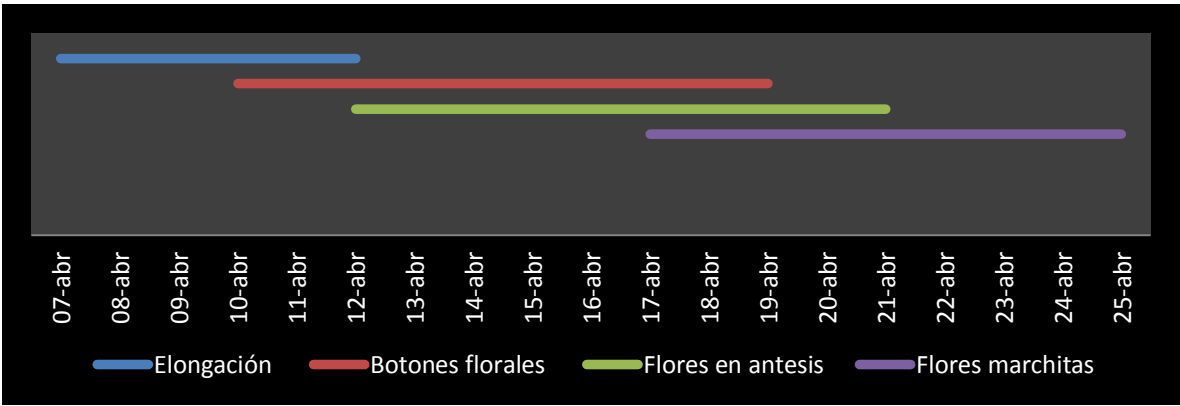
Fenología floral a nivel de flor individual. El monitoreo de las diez flores del individuo 1, permitió obtener un promedio del número de días que transcurren desde que son botones florales hasta la caída de los tépalos. En promedio, en una flor, la etapa de botón floral tiene una duración de 3 días, la de antesis dura 4 días, los tépalos empiezan a marchitarse después de este tiempo y permanecen así por 4 días en promedio, en seguida inicia el desprendimiento de los tépalos (Fig. 16.8). Por lo que en promedio, transcurren once días entre la formación de un botón floral pequeño, hasta el desprendimiento de los tépalos de la flor.

Figura 16.8. Fenología de flores individuales.



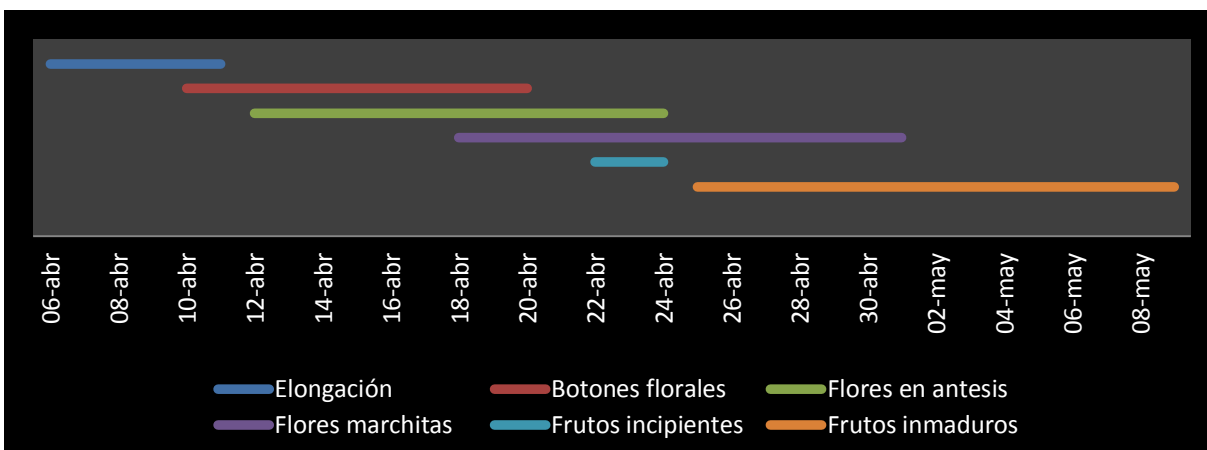
Fenología floral y de fructificación a nivel de individuos. Se presentan los resultados del monitoreo de los tres individuos que florecieron en el Jardín Botánico en abril de 2013. Para cada uno se registró el número de días entre las fenofases descritas en este mismo apartado (Cuadro 16.1), a excepción de la fenofase denominada “frutos maduros”, debido a que aún se no se cuenta con el registro de estos datos. El individuo 1, solamente presentó cuatro fenofases, dado que no formó frutos, la fase de elongación duró seis días, la fase de botones florales tuvo una duración de diez días, la fase de flores en antesis permaneció por diez días y la fase de marchitamiento de flores duró nueve días (Fig. 16.9).

Figura 16.9. Fenología del individuo 1.



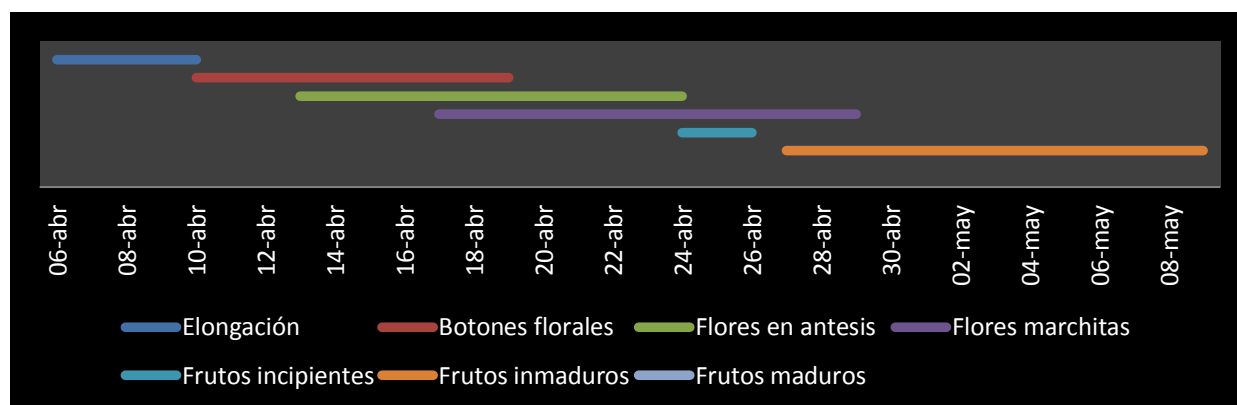
Para el individuo 2, se observaron seis fenofases; la fase de elongación duró seis días, la fase de botones florales tuvo una duración de once días, la fase de flores en antesis permaneció por trece días, la fase de marchitamiento de flores duró catorce días, se observaron frutos incipientes por tres días y finalmente, la fenofase denominada “frutos inmaduros” se inició para este individuo el 25 de abril y aún se encuentra en esta fase, que ha durado quince días (Fig. 16.10).

Figura 16.10. Fenología del individuo 2.



Para el individuo 3, también se observaron seis fenofases; la fase de elongación duró cinco días, la fase de botones florales tuvo una duración de diez días, la fase de flores en antesis permaneció por doce días, la fase de marchitamiento de flores duró trece días, se observaron frutos incipientes por tres días y finalmente, la fenofase denominada “frutos inmaduros” se inició para este individuo el 27 de abril y aún se encuentra en esta fase, que ha durado trece días (Fig. 16.11).

Figura 16.11. Fenología del individuo 3.



Fenología floral a nivel de población. El registro de información recopilada tanto de los ejemplares que han florecido en el Jardín Botánico como de los observados en su hábitat natural en los años 2011 y 2013, permiten reconocer algunos de los atributos de la fenología de *Y. queretaroensis* a nivel de población. La floración de la especie se registra durante los meses de abril y mayo, la fructificación inicia en mayo, pero se observan frutos maduros hasta los meses de junio y julio. La floración es un evento que sólo se ha observado en individuos adultos (reconocidos por la altura mayor a 3.5 m) y no es anual por individuo o roseta, esto quiere decir que una misma roseta no florece cada año, como es común en la mayoría de las especies del género *Yucca*. De esta forma, una vez que una roseta ha florecido, no se conoce el número de años para que vuelva a florecer; hasta el momento, se reconoce que el intervalo mínimo es de dos años. La floración en la población es sincrónica, dado que se han observado individuos adultos, con fechas de inicio de floración muy cercanas.

Relación fenología-clima. Con los datos recopilados y analizados, referentes tanto a las fechas de floración de la especie y a los datos meteorológicos desde 2011 a 2013, no fue posible encontrar alguna relación o patrón claro entre el estado del tiempo y el inicio de la floración de la especie.

IV. Discusión.

Se destaca el avance de los estudios referentes a la fenología floral y de fructificación de *Y. queretaroensis*. Hasta hace poco tiempo, no se conocía el fruto y las semillas de la especie y el presente estudio ha permitido reconocer y describir las fenofases de floración y fructificación, tiempos de duración de cada fenofase y las características fenológicas de la floración a diferentes niveles. Esta información es básica para la evaluación del estado de conservación de la especie a través de los métodos establecidos en el MER (SEMARNAT, 2010) y la re-evaluación CITES, aunque la especie ya se encuentre en el Apéndice II. Entre los resultados. Se destaca que *Y. queretaroensis* presenta un fase de elongación muy corta, es decir, el escapo floral, una vez que emerge del centro de la roseta, tarda en promedio cinco a seis días en emerger totalmente, lo cual indica que crece aproximadamente 15 cm al día. Otra característica sobresaliente de la especie, es el intervalo que puede durar una roseta entre cada evento de floración, aunque aún no se tiene un tiempo exacto estimado para *Y. queretaroensis*, se trata de una diferencia básica con respecto a otras yucas, cuyas rosetas florecen anualmente. En referencia a la relación de la fenología y los factores meteorológicos, aunque no fue posible encontrar alguna relación, es probable que sea necesario registrar este tipo de información directamente en el hábitat de la especie y durante al menos dos años de monitoreo, para poder corroborar o rechazar los resultados obtenidos aquí.

V. Conclusiones

- En este estudio, se proponen siete fenofases relacionadas con la floración y la fructificación de la especie.
- En promedio, transcurren once días entre la formación de un botón floral pequeño y el desprendimiento de los tépalos de la flor.
- La floración de la especie se registra durante los meses de abril y mayo.
- La fructificación inicia en mayo, pero se observan frutos maduros hasta los meses de junio y julio.
- La floración es un evento que sólo se ha observado en individuos con alturas mayores a 3.5 m.
- A nivel de población, la floración es sincrónica.
- Una misma roseta no florece anualmente.
- No se observaron relaciones claras entre la fenología y el estado del tiempo (datos meteorológicos).

VI. Literatura citada

Ollerton, J. y A. Dafni. 2005. Functional floral morphology and phenology. En: Dafni, A., P. Kevan y B. Husband (Eds.). Practical Pollination Biology. Enviroquest, Ltd. Cambridge, Ontario, Canada. 590 p.

SEMARNAT, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF 30-12-2010.

Objetivo 17

Evaluar de manera cuantitativa, el grado de perturbación del hábitat de *Yucca queretaroensis* en localidades selectas.

Producto.

Reporte del disturbímetro de Martorell y Peters.

I. Introducción.

Con el objetivo de evaluar de manera cuantitativa el grado de perturbación del hábitat de *Y. queretaroensis*, se aplicó el método propuesto por Martorell y Peters (2005) en tres localidades selectas de acuerdo al rango de distribución de la especie y mencionadas en la introducción general. Este estudio considera el daño de las actividades humanas y naturales de manera gradual, proyectadas en una escala continua mediante 14 indicadores de tres agentes de disturbio: actividades humanas, cría de ganado, y degradación del suelo; integrando valores a una fórmula que mide la perturbación en una escala numérica (Martorell y Peters, 2005).

II. Métodos.

Se evaluó el disturbio crónico en las tres localidades seleccionadas: Rancho Quemado, Cadereyta, Qro., Xichú, Xichú, Gto., y El Detzaní, Zimapán, Hgo. Teniendo como referencia el transecto de 100 m x 10 m establecido para la obtención de los parámetros poblacionales de *Y. queretaroensis*, se trazó una línea base de 150 m donde se ubicaron tres transectos consecutivos de 50 m x 1 m, paralelos a la pendiente. En la mitad de cada uno de estos transectos se trazaron transectos perpendiculares, de 50 m x 1. En resumen, se trazaron tres transectos en forma de cruz, que fueron denominados como transecto 1, transecto 2 y transecto 3. En cada una de estas tres cruces se aplicó el método descrito por Martorell y Peters (2005) para evaluar 14 indicadores de disturbio que componen los tres grupos considerados “agentes de disturbio crónico”: cría de ganado, actividades humanas y degradación del suelo (Martorell, 2004; Martorell y Peters, 2005; Martorell y Peters, 2008). Se describe cada una de los agentes de disturbio que se evaluaron, marcando con un asterisco los que se midieron en los transectos paralelos a la pendiente:

Grupo 1. Cría de ganado.

1. Densidad de excretas de cabra u oveja (CABR): Se registró la presencia o ausencia de excretas en 10 cuadrados aleatorios de 1 m² a lo largo del transecto. CABR= Cuadrados con excreta entre cuadros revisados; 2. Densidad de excretas de ganado mayor (GAN): Se registró la presencia o ausencia de excretas de vacas, caballos y burros en 10 cuadrados aleatorios de 1 m². GAN= Cuadros con excreta entre cuadros revisados; 3. Fracción de plantas ramoneadas (RAMO): Siguiendo la línea base de 150 m por 1 m de ancho, se buscó evidencia de ramoneo en plantas perennes, incluyendo árboles, arbustos y cactáceas pero se excluyeron las herbáceas y rosetófilas. RAMO= plantas ramoneadas entre el total de plantas revisadas; 4. Caminos ganaderos (CGAN)*: Número de caminos hechos por el ganado a lo largo del transecto. CGAN= metros de camino entre los metros totales; 5. Compactación del suelo por ganado (COMP): Se ubicó el camino más cercano al transecto y se enterró un tubo de PVC de 10 cm de diámetro, en el cual se vaciaron 250 ml de agua. Se repitió

el procedimiento debajo de un árbol cercano, donde no hubo pisoteo; se registraron ambos tiempos de infiltración. COMP = tiempo de infiltración en camino entre el tiempo en el suelo intacto. Si no hay caminos o el índice es menor a 1, COMP=1

Grupo 2. Actividades humanas

6. Plantas macheteadas (MACH): Se analizaron todas las plantas que caían dentro del transecto, anotando aquellas que mostraban algún tipo de corte por machete o navaja. MACH = plantas macheteadas entre plantas revisadas; 7. Evidencia de incendio (INCE): Se registró el rastro de fuego en el transecto mediante marcas. Si hay presencia INCE=1, de lo contrario el valor es 0; 8. Cobertura de caminos humanos (CCHU)*: Se registró el ancho de los caminos que interceptan el transecto CCHU= longitud de la intercepción entre longitud total del transecto; 9. Cercanía de poblaciones (POBL): Se midió la distancia entre el centro de la zona donde se encuentran los transectos y el borde de la población más cercana en Km. POBL = 1/distancia. Si la distancia es menor a 1 km, entonces POBL=1; 10. Adyacencia a núcleos (ADYA): Se consideró como núcleo humano a sitios construidos o trabajados como minas, milpas, carreteras o capillas. Un transecto es adyacente si se encuentra a menos de 200 m. Una vez medida la distancia de un núcleo con un transecto, ya no volvió a considerarse para los otros dos transectos. ADYA= número de transectos adyacentes entre el número de transectos totales; 11. Cambio de uso de suelo (USOS): Se estimó visualmente la fracción de la superficie de la zona destinada a zonas urbanas, milpas o construcciones. Se expresó entre 0 y 1.

Grupo 3. Degradación del hábitat

12. Erosión (EROS): Se escogieron 20 cuadrantes aleatorios sobre el transecto y en cada uno se registró la erosión expresada en cárcavas o huellas. EROS= número de cuadrantes con erosión entre número de cuadrantes revisados; 13. Islas (ISLA): Se refiere a los montículos de suelo cubiertos de vegetación en una matriz de suelo erosionado que causan paisajes característicos. Si se observó en más de la tercera parte de la zona, se considera que ISLA=1; 14. Superficie totalmente modificada (STOM): Se refiere a cuando la zona de estudio sufrió tantas modificaciones que no es posible hacer las mediciones anteriores; como pueden ser casas, milpas, carreteras u otros que se cruzan en los transectos. STOM = longitud de intercepción entre longitud del transecto.

Los índices calculados para cada uno de los índices se integran a la fórmula: $D = 3.41CABR - 1.37GANA + 27.62RAMO + 49.20CGAN - 1.03COMP + 41.01 MACH + 0.12CCHU + 24.17POBL + 8.98ADYA + 8.98 USOS - 0.49INCE + 26.94EROS + 17.97ISLA + 26.97STOM + 0.2$. El resultado indica el nivel de disturbio del hábitat evaluado (Martorell, 2004; Martorell y Peters, 2005). Se espera obtener un valor entre 0 y 100, pero no es raro obtener valor fuera de escala para sitios muy destruidos o muy conservados. Si el resultado es: 0-12, prístino; 12-25, conservado; 25-50, intermedio; 50-100, gravemente afectado (com. pers. Martorell, 2012). Se obtuvo un índice por agente o grupo de disturbio sumando las variables involucradas para cada uno, y finalmente, se sacó la contribución porcentual de cada agente de disturbio dividiendo el total por grupo entre el total de disturbio de los tres grupos y después se multiplicó por 100 para convertirlo en porcentaje (Hernández *et al.*, 2006).

III. Resultados.

Se calcularon 14 índices para cada uno de los tres transectos en forma de cruz donde se evaluó el disturbio crónico y se obtuvo el promedio de los valores de los tres transectos en cada localidad (Cuadro 17.1). Los índices se integraron a la fórmula propuesta por Martorell y Peters (2005), que nos permitió estimar un valor de disturbio de 48.98 para Rancho Quemado (Cuadro 17.2), de 52.31 para Xichú (Cuadro 17.3) y de 39.21 para El Detzaní (Cuadro 17.4), en una escala del 0 al 100. Según la escala utilizada para conocer la naturaleza del sitio, Rancho Quemado y El Detzaní tienen un estado de disturbio intermedio (25 a 50), mientras que la localidad de Xichú, se considera como una localidad gravemente afectada, debido a que se encuentra en el intervalo de disturbio más alto (50-100).

Cuadro 17.1. Índices de disturbio para cada transecto y promedios. En verde se indican los de la cría de ganado, en azul los de las actividades humanas y en amarillo el deterioro del hábitat. **CABR:** Densidad de excretas de cabra u oveja; **GAN:** Densidad de excretas de ganado mayor. **RAMO:** Fracción de plantas ramoneadas; **CGAN:** Caminos ganaderos; **COMP:** Compactación de suelo por ganado; **MACH:** Fracción de plantas macheteadas; **CCHU:** Cobertura de caminos humanos; **POBL:** Cercanía a población; **ADYA:** Adyacencia a núcleo; **USOS:** Cambio de uso de suelo.; **INCE:** Evidencia de incendio; **EROS:** Erosión; **ISLA:** Islas; **STOM:** Superficie totalmente modificada.

	Rancho Quemado, Cadereyta, Qro.				Xichú, Xichú, Gto.				El Detzaní, Zimapán, Hgo.			
Índice	T1	T2	T3	Promedio	T1	T2	T3	Promedio	T1	T2	T3	Promedio
CABR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
GAN	0.400	0.300	0.100	0.266	0.750	0.500	0.300	0.516	0.000	0.000	0.000	0.000
RAMO	0.019	0.000	0.025	0.014	0.187	0.076	0.261	0.174	0.000	0.000	0.000	0.000
CGAN	0.040	0.020	0.080	0.046	0.020	0.160	0.280	0.153	0.000	0.000	0.000	0.000
COMP	4.690	1.540	4.480	3.570	8.500	2.000	10.000	6.830	1.000	1.000	1.000	1.000
MACH	0.000	0.034	0.025	0.019	0.060	0.019	0.000	0.026	0.040	0.000	0.000	0.013
CCHU	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
POBL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.600	1.600	1.600	1.600	1.000	1.000	1.000	1.000
ADYA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
USOS	0.300	0.300	0.300	0.300	0.100	0.100	0.100	0.100	0.010	0.010	0.010	0.010
INCE	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
EROS	0.950	0.700	0.850	0.833	0.166	0.450	0.200	0.272	0.650	0.500	0.550	0.560
ISLA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STOM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Cuadro 17.2. Sustitución de valores y valor de disturbio en la localidad de Rancho Quemado, Cadereyta, Qro

$$D = 3.41(0) - 1.37(0.266) + 27.62(0.014) + 49.20(0.046) - 1.03(3.57) + 41.01(0.019) + 0.12(0) + 24.17(1) + 8.98(0) + 8.98(0.3) - 0.49(0) + 26.94(0.833) + 17.97(0) + 26.97(0) + 0.2 = 48.98$$

Cuadro 17.3. Sustitución de valores y valor de disturbio en la localidad de Xichú, Xichú, Gto.

$$D = 3.41(0) - 1.37(0.516) + 27.62(0.174) + 49.20(0.153) - 1.03(6.83) + 41.01(0.026) + 0.12(0) + 24.17(1.6) + 8.98(0) + 8.98(0.1) - 0.49(1) + 26.94(0.272) + 17.97(0) + 26.97(0) + 0.2 = 52.31$$

Cuadro 17.4. Sustitución de valores y valor de disturbio en la localidad de El Detzaní, Zimapán, Hgo.

$$D = 3.41(0) - 1.37(0) + 27.62(0) + 49.20(0) - 1.03(1) + 41.01(0.013) + 0.12(0) + 24.17(1) + 8.98(0) + 8.98(0.010) - 0.49(0) + 26.94(0.566) + 17.97(0) + 26.97(0) + 0.2 = 39.21$$

La evaluación de del impacto por agente de disturbio (ganadería, actividades humanas y deterioro del hábitat) muestra que para la localidad de Rancho Quemado, las actividades humanas aportan el 55% del disturbio crónico y el deterioro del hábitat aportan el 45% (Cuadro 17.5). La ganadería presenta un índice negativo (-1.34), por lo que para calcular los porcentajes de disturbio por agente, se excluyó este valor, por lo que la ganadería no aporta disturbio en esta localidad. En la localidad de Xichú, de los tres agentes de disturbio, las actividades humanas aportan el 76.77% del disturbio crónico, el deterioro del hábitat aporta el 14.40% y la ganadería aporta el 8.83% del disturbio de la localidad (Cuadro 17.6). En la localidad de El Detzaní, las actividades humanas aportan el 61.62% del disturbio crónico y el deterioro del hábitat aporta el 38.38% (Cuadro 17.7) y finalmente la cría de ganado que parece estar ausente en el sitio. Los valores fueron calculados a partir de los índices y estimados de manera porcentual.

Cuadro 17.5. Contribución a la perturbación por agente de disturbio en Rancho Quemado, Cadereyta, Qro. Índice y porcentajes

	Ganadería	Actividades humanas	Deterioro del hábitat
Índice	-1.34	27.67	22.65
Porcentaje	0%	55%	45%

Cuadro 17.6. Contribución a la perturbación por agente de disturbio en Xichú, Xichú. Gto. Índice y porcentajes

	Ganadería	Actividades humanas	Deterioro del hábitat
Índice	4.62	40.16	7.53
Porcentaje	8.83%	76.77%	14.40%

Cuadro 9. Contribución a la perturbación por agente de disturbio en Xichú, Xichú. Gto. Índice y porcentajes

	Ganadería	Actividades humanas	Deterioro del hábitat
Índice	-1.030	24.792	15.448
Porcentaje	0%	61.62%	38.38%

IV. Discusión.

Los valores finales obtenidos a través de la fórmula del disturbímetro, nos permite conocer que en la localidad de Rancho Quemado, Cadereyta, Qro. (48.98) y en El Detzaní (39.21), el hábitat de *Y. queretaroensis* se encuentra en un punto de disturbio intermedio, pues se ubica en el intervalo de 25-50. Mientras que para la localidad de Xichú, Xichú, Gto. (52.31) el hábitat se considera gravemente afectado, debido a que se ubica en el intervalo de 50-100. De las tres localidades evaluadas con el método propuesto por Martorell y Peters (2005), dos localidades presentaron niveles intermedios de disturbio (El Detzaní, Zimapán, Hgo. y Rancho Quemado, Cadereyta, Qro.) y sólo Xichú, presentó valores altos de disturbio. Aunque, cabe señalar que el valor de 52.31 de Xichú, se encuentra más cerca de un nivel intermedio de disturbio, en el intervalo de 50-100. Estos resultados difieren, de forma general, a los de Hernández *et al.* (2006) quien obtuvo medidas globales de disturbio relativamente altas en el hábitat de once poblaciones de *Echinocereus schmolli* donde todos los

valores rebasaron los niveles intermedios de disturbio (>50), inclusive superando en dos casos la escala de 100, denotando perturbación excesiva en el hábitat.

En cuanto a la contribución de los agentes de disturbio, Hernández *et al.* (2006) señaló mayor impacto de las actividades humanas, seguido por la ganadería y la degradación del suelo. Nuestro estudio también sitúa las actividades del hombre como la principal causa de perturbación del hábitat, pero la ganadería es un factor inexistente en dos localidades y sólo se presenta con un porcentaje relativamente bajo en la localidad de Xichú. En las tres localidades estudiadas, el deterioro del hábitat es el agente de disturbio que ocupa el segundo lugar de importancia, después de las actividades humanas. Por lo que los resultados de la evaluación de disturbio del hábitat de *Y. queretaroensis* difieren notablemente de las poblaciones de *Echinocereus schmollii*, tanto en el nivel de disturbio como en la contribución de los agentes de disturbio.

Las tres localidades evaluadas presentan vegetación de matorral submontano, pero difieren en composición florística, estado de conservación y cobertura. A pesar de ser Xichú, la localidad con mayor índice de disturbio (52.31), es al mismo tiempo el sitio que presenta mayor densidad de población de *Y. queretaroensis*. Por lo que es probable que no exista relación directa entre el nivel de disturbio del hábitat y la densidad de la población. Posiblemente, la densidad de la población de *Y. queretaroensis* en Xichú se encuentra relacionada con las características del hábitat, que incluyen una mayor cobertura de la vegetación y menor pendiente (30°) en relación a Rancho Quemado y otros sitios de distribución de la especie. Estos resultados difieren de los presentados por Martorell y Peters (2005), quienes mencionan que el deterioro del hábitat siempre tuvo un impacto negativo en la densidad de *Mammillaria pectinifera*.

V. Conclusiones

- Rancho Quemado y El Detzaní, presentan niveles de disturbio intermedios.
- Xichú, presenta nivel de disturbio alto.
- En las tres localidades evaluadas, las actividades humanas presentan mayor contribución al nivel de disturbio.
- No se observa relación entre el nivel de disturbio y la densidad poblacional de la especie.

VI. Literatura citada.

- Hernández, J., R. Chávez y E. Sánchez, 2006. Efecto del disturbio crónico en *Echinocereus schmollii* (Weing.) N. P. Taylor, una Cactácea en peligro de extinción en el Semidesierto Queretano, México. *Zonas Áridas* **10**:59-73.
- Martorell, C., 2004. Evaluación del estado de perturbación del hábitat de poblaciones de cactáceas. Facultad de Ciencias UNAM. Sin publicar.
- Martorell, C. y E. M. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* **124**: 199-207.
- Martorell, C. y E. Peters. 2008. Disturbance-Response Analysis: a Method for Rapid Assessment of the Threat to Species in Disturbed Areas. *Conservation Biology* **23**(2):377-387.

Objetivo 18

Evaluar el riesgo de extinción de *Yucca queretaroensis* con base en los criterios establecidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Producto.

Análisis y resultado de la aplicación del MER para *Yucca queretaroensis*.

Evaluación del riesgo de extinción* de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae)**.

*Con base en resultados del informe final del proyecto JE005 (CONABIO). Junio, 2013.

**Método de evaluación del riesgo de extinción de plantas en México (MER).

1. Introducción.

Se presenta la evaluación del riesgo de extinción de *Yucca queretaroensis* Piña, de acuerdo a los criterios establecidos en el Método de evaluación de riesgo de plantas en México (MER), el cual forma parte de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) en su anexo normativo II. La evaluación se basa en la información presentada en el informe final de 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”, (Financiado por la CONABIO). La evaluación se presenta siguiendo el orden establecido en el anexo II normativo (SEMARNAT, 2010), indicando para cada calificación los comentarios con respecto a los métodos y/o justificación llevados a cabo para asignarla.

2. Evaluación de riesgo de extinción de *Yucca queretaroensis* Piña.

I. INDICE DE RAREZA

CRITERIO A. Características de la distribución geográfica.

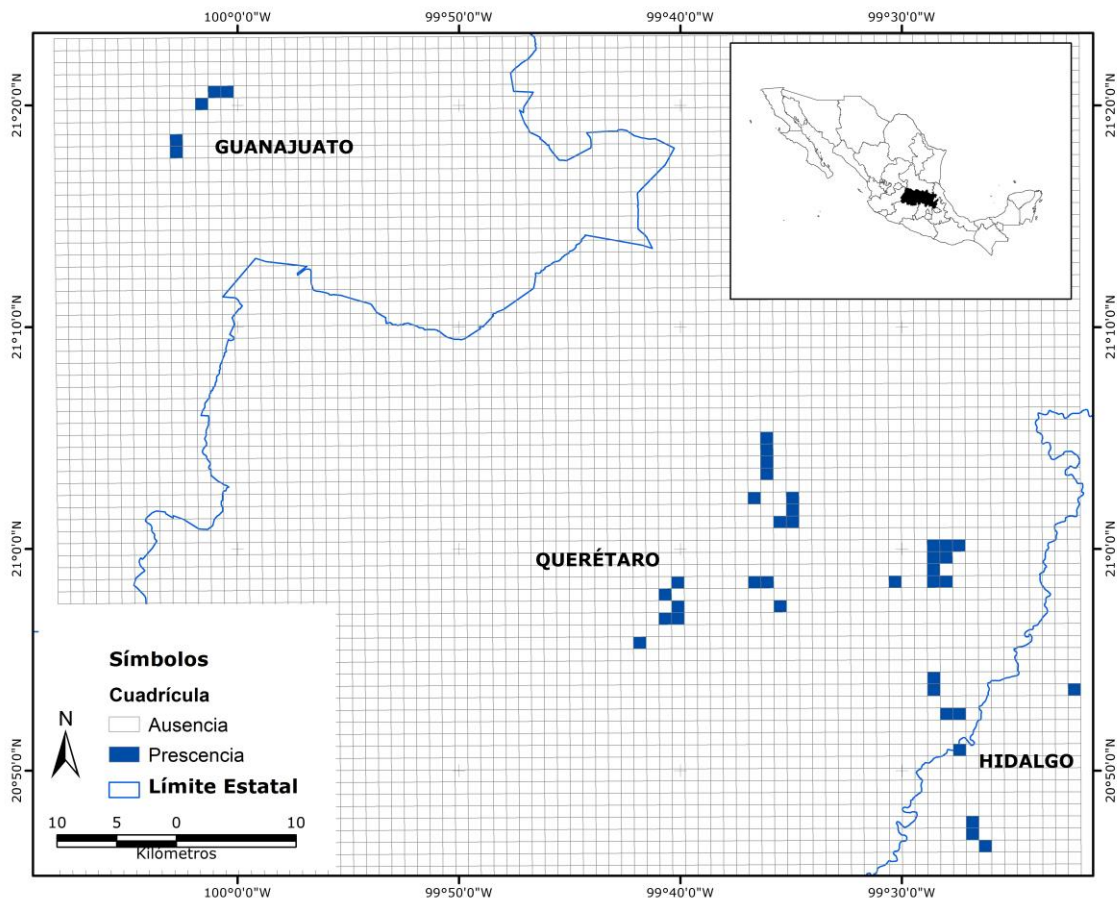
1) Extensión de la distribución = 3

El área de distribución de *Yucca queretaroensis* ocupa más de 1 km² y menos 1% del Territorio Nacional.

Comentarios: Los cálculos de área de ocupación (AO) y extensión de área de ocupación (EAO), así como los mapas correspondientes se llevaron a cabo usando el programa ArcGIS versión 10 (ESRI, 2011), siguiendo los criterios establecidos por el MER (SEMARNAT, 2010) y la IUCN (2001) y usando como referencia los cálculos hechos por Feria-Arroyo *et al.* (2010). Se utilizó un sistema de referencia en UTM con *datum* WGS84. Para calcular el AO de *Yucca queretaroensis*, que se refiere a el área de presencia de la especie, se superpuso una cuadrícula de 1 x 1 Km en su área de distribución (Figura 18.1), observando que la especie ocupa 41 cuadrículas (AO=41 km²) (Cuadro 18.1). La EAO se calculó obteniendo el polígono mínimo convexo (Figura 18.2) que incluyera a

todos los sitios de distribución conocidos de la especie (EAO=1,314.75 km²) (Cuadro 18.1). Finalmente, considerando la distribución discontinua de *Yucca queretaroensis* en dos fragmentos y las características de su hábitat, se llevó a cabo un segundo calculo de EAO, obteniendo dos polígonos (Figura 18.3) que incluyeran a todos los sitios de distribución conocidos de la especie (EAO¹=607.64 km²) (Cuadro 18.1). Para las tres áreas calculadas se obtuvo el porcentaje en el territorio mexicano con base en la superficie de 1,964,375 Km² (www.inegi.org.mx) (Cuadro 18.1).

Figura 18.1. Área de ocupación (AO) de *Yucca queretaroensis*, considerando cuadrantes de 1 x 1 Km.



EAO¹: Extensión del área de ocupación considerando dos polígonos.

Figura 18.2. Extensión de área de ocupación (EAO) de *Yucca queretaroensis*, considerando un polígono continuo.

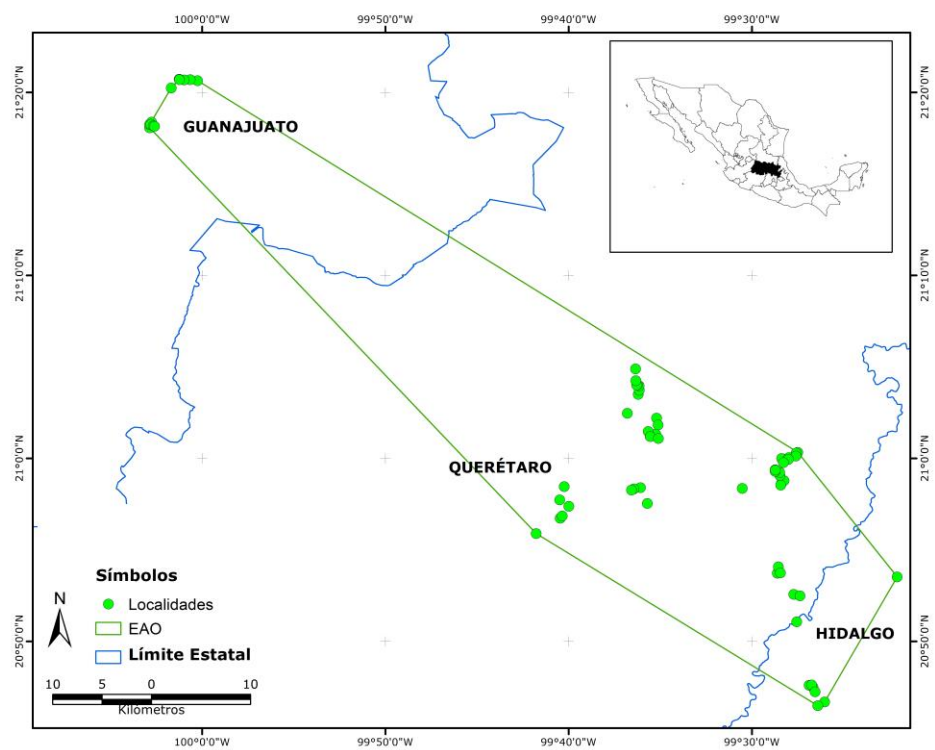
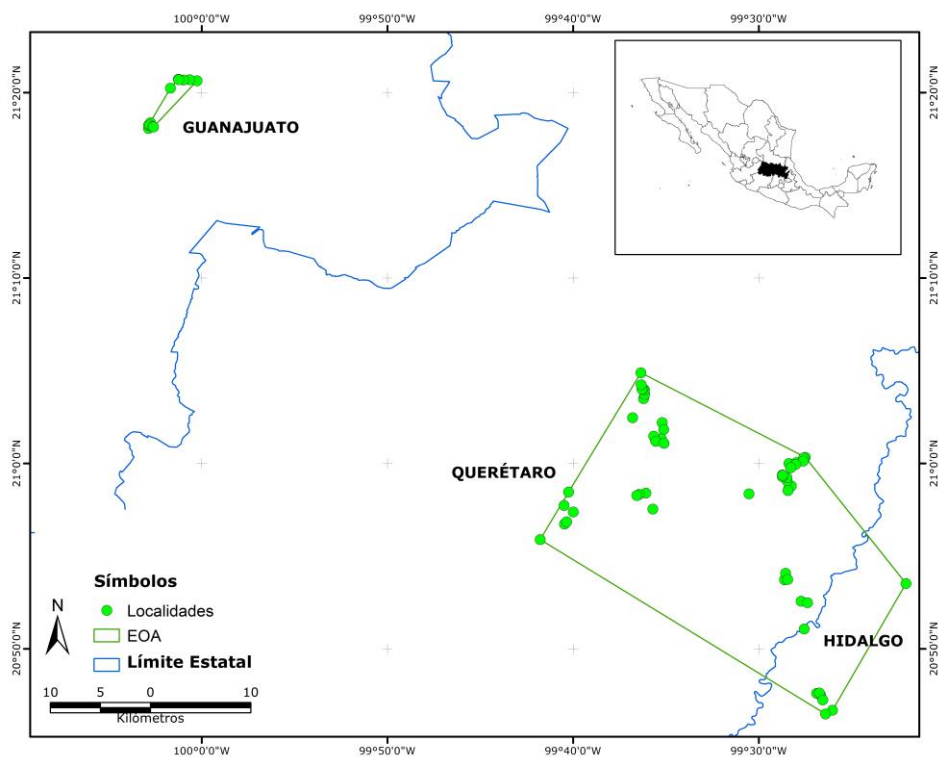


Figura 18.3. Extensión de área de ocupación (EAO¹) de *Yucca queretaroensis*, considerando un dos polígonos.



Cuadro 18.1. Cálculos de área de ocupación (AO) y extensión de área de ocupación (EAO y EAO¹) para *Yucca queretaroensis*.

Especie	AO (Km ²)	AO (%)	EAO (Km ²)	EAO (%)	EAO ¹ (Km ²)	EAO ¹ (%)
<i>Yucca queretaroensis</i>	41	0.0020	1,314.75	0.0669	607.64	0.0309
AO= Área de ocupación EAO= Extensión de área de ocupación (1 polígono). EAO ¹ = Extensión de área de ocupación (2 polígonos). Territorio mexicano= 1,964,375 Km ² .						

Se observa que en las tres estimaciones llevadas a cabo (AO, EAO y EAO¹), *Yucca queretaroensis* ocupa más de 1 Km² y menos del 1% del territorio nacional.

2) Número de poblaciones o localidades conocidas existentes = 1

Se observan 15 localidades discernibles en un mapa de México escala 1: 4 000 000.

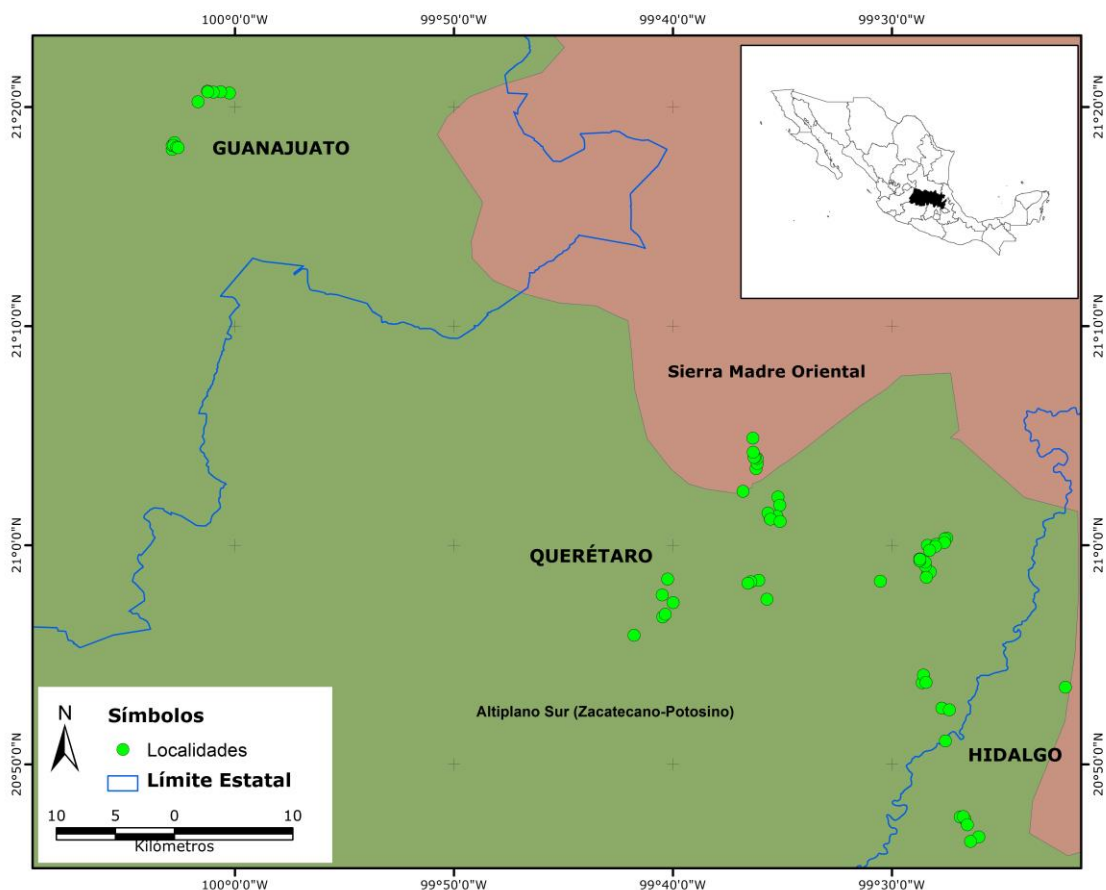
Comentarios: Para elaborar el mapa se usó el programa ArcGIS versión 10 (ESRI, 2011) siguiendo los criterios establecidos por el MER (SEMARNAT, 2010) y la IUCN (2001). Al introducir las 66 localidades de registro de *Yucca queretaroensis* en un mapa de México escala 1: 4 000 000 con puntos de 3 mm de diámetro, únicamente se observan 15 localidades o subpoblaciones de la especie.

3) Número de provincias biogeográficas = 3

Yucca queretaroensis se ubica principalmente en una provincia biogeográfica.

Comentarios: Para elaborar el mapa se usó el programa ArcGIS versión 10 (ESRI, 2011), siguiendo los criterios establecidos por el MER (SEMARNAT, 2010) y teniendo como base el mapa de provincias biogeográficas de México, escala 1:4 000 000 (CONABIO, 1997). De acuerdo al mapa de provincias biogeográficas de México (CONABIO, 1997), se observa que *Y. queretaroensis* se encuentra principalmente en la provincia denominada “Altiplano Sur (Zacatecano-potosino)” y en los límites de la provincia “Sierra Madre Oriental” (Figura 18.4). Sin embargo, consideramos que esta apreciación se debe a la escala del mapa, ya que la información de campo recopilada y las características de los ecosistemas en los que se encuentra la especie indican que se ubica principalmente en la provincia de la Sierra Madre Oriental (CONABIO, 1997).

Figura 18.4. Provincias biogeográficas en las que se encuentra *Yucca queretaroensis* (CONABIO, 1997). Escala 1: 400 000.



4) Representatividad de la distribución del taxón en el Territorio Mexicano = 0

La distribución de *Yucca queretaroensis* no es periférica o extralimital.

Comentarios: *Yucca queretaroensis* es una especie endémica del centro de México; incluso podría considerarse como microendémica (Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2012) ya que se calcula que tiene una superficie real de ocupación de 2.01 km²; esta superficie se estimó usando la información sobre la distribución potencial de la especie con el algoritmo MAXENT y análisis preliminares de su densidad poblacional (Magallán *et al.*, 2012b).

CRITERIO B. Características del hábitat.

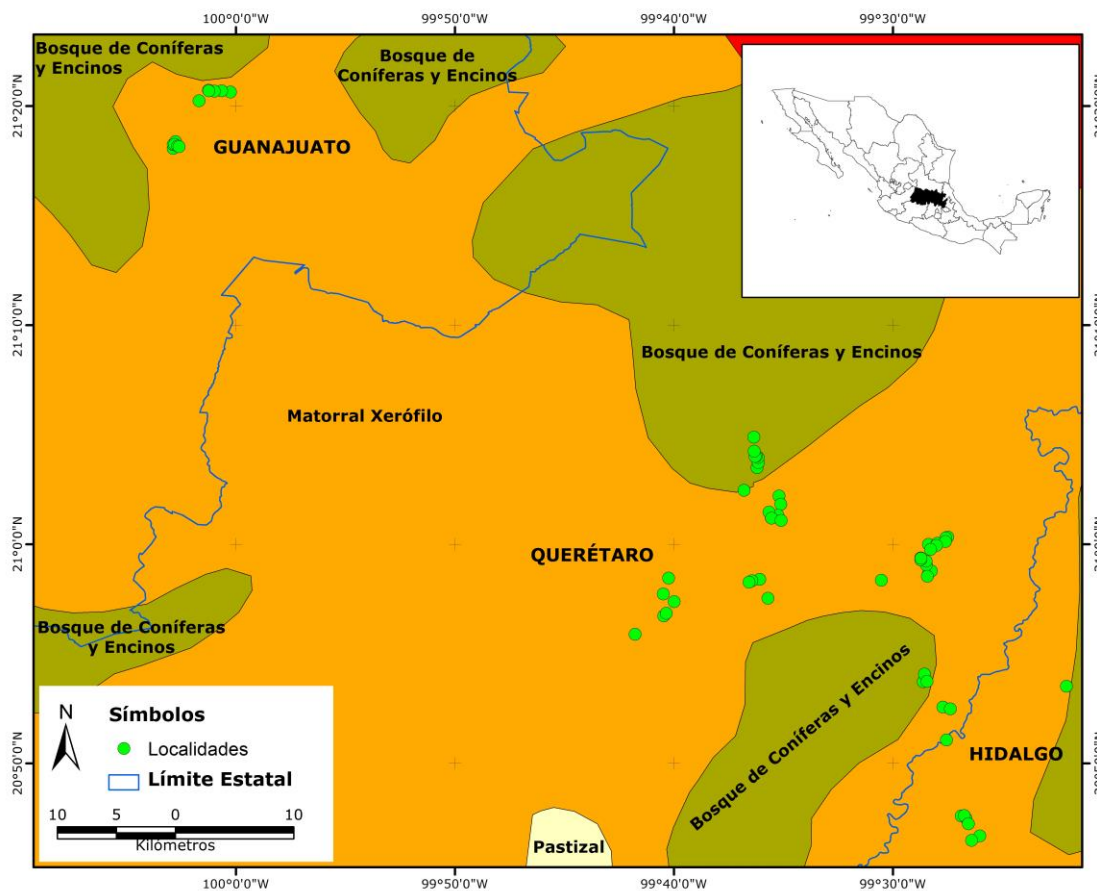
1) ¿En cuántos tipos de vegetación se presenta? = 3

Yucca queretaroensis únicamente se encuentra en matorral xerófilo.

Comentarios: Para elaborar el mapa se usó el programa ArcGIS versión 10 (ESRI, 2011), siguiendo los criterios establecidos por el MER (SEMARNAT, 2010) y teniendo como base el mapa Vegetación Potencial de Rzedowski (1990) escala 1:4 000 000. De acuerdo a el mapa de vegetación potencial (Rzedowski, 1990) *Yucca queretaroensis* se encuentra en vegetación de Matorral xerófilo y en bosque de coníferas y encinos (Figura 18.5). Sin embargo, consideramos que esta apreciación se debe a la escala del mapa, ya que la información de campo muestra claramente que la especie

únicamente se encuentra en vegetación de matorral xerófilo, específicamente en matorral submontano.

Figura 18.5. Vegetación en la que se encuentra *Yucca queretaroensis* (Rzedowski, 1990). Escala 1: 400 000.



2) ¿El taxón tiene un hábitat especializado? = 1

Yucca queretaroensis sí presenta un hábitat especializado.

Comentarios: La especie sólo se encuentra en laderas de cañones, fuertemente asociada a escurrimientos de agua temporales o permanentes; en rocas del mesozoico de tipo caliza-lutita, preferentemente en altitudes de 1000-1340 msnm y vegetación de matorral submontano (Zamudio *et al.*, 1992). Se ubica preferentemente en terrenos con orientación NW, pendientes de 40-70°, suelos arenosos y poco profundos, con pedregosidad media, cobertura vegetal baja y en terrenos en forma de terrazas o con inclinación uniforme.

3) ¿La permanencia de la población es dependiente de un hábitat primario? = 0

Yucca queretaroensis se encuentra en hábitats con niveles intermedios de disturbio.

Comentarios: Los resultados cuantitativos del nivel de disturbio en tres localidades estudiadas, con el método de Martorell y Peters (2005) muestra que *Y. queretaroensis* se encuentra generalmente en hábitats con disturbio intermedio.

4) ¿La permanencia de la población requiere de regímenes de perturbación particulares o está asociada a etapas transitorias en la sucesión? = 0

No se ha observado alguna asociación de este tipo para *Yucca queretaroensis*.

Comentarios: Los resultados finales de la investigación no indican que *Y. queretaroensis* requiera de algún régimen de perturbación o esté asociada a alguna etapa de sucesión.

5) Amplitud del intervalo altitudinal que ocupa el taxón = 2

El intervalo altitudinal de *Yucca queretaroensis* es de 200 m - <500 m

Comentarios: El 82% de los sitios de distribución de *Yucca queretaroensis* se ubican entre los 1,014 y 1,505 msnm, por lo que el intervalo altitudinal es de 491 m.

CRITERIO C. Vulnerabilidad biológica intrínseca.

C-1. Demografía.

1) Número total de individuos = 1

Se estima que la población de *Yucca queretaroensis* es de 36,180 genets. *Y. queretaroensis* es una especie de naturaleza clonal, cuyos individuos, se definen en esta evaluación como “genets”, se componen de un conjunto de tallos -“ramets”- que tienen la capacidad de sobrevivir por sí mismos cuando se separan unos de otros. El término genet se usa para diferenciar a los individuos fisiológicos, y se emplea en forma laxa, dado que no es posible determinar si los ramets, que se encuentran separados, en realidad forman parte de un mismo genet.

Comentarios: Los análisis finales de densidad poblacional, el modelo de distribución potencial MAXENT y el tamaño de pixeles, se calcula que existen aproximadamente 36,180 genets en su hábitat natural.

2) Reclutamiento = 4

Hay observaciones de la ausencia de reclutamiento en todas las poblaciones.

Comentarios: Los resultados de la evaluación poblacional indican que no existe reclutamiento, resultado de dos años de estudio.

a) ¿Hay evidencia de densodependencia en la reproducción? = 0

No existe evidencia.

Comentarios: La información de campo recopilada a través de dos años de estudio no permite tener alguna evidencia en este sentido.

b) ¿Hay clonalidad? = 0

Si hay clonalidad.

Comentarios: Se considera que existe clonalidad cuando las plantas producen “ramets” que son unidades potencialmente independientes y genéticamente idénticas a la planta progenitora (Carrillo-Angeles y Mandujano, 2011). De acuerdo a este concepto, *Yucca queretaroensis* es una especie clonal.

c) ¿Hay evidencia de decrecimiento de las poblaciones en el país? = 0

No existe evidencia.

Comentarios: Los resultados finales del proyecto, no dan evidencia en este sentido.

d) ¿Hay evidencia de una varianza muy grande en la fecundidad? = 0

No existe evidencia.

Comentarios: La especie presenta baja fecundidad, pero no se sabe el nivel de variabilidad de la misma.

e) ¿El taxón es dioico, los individuos son dicógamos o autoincompatibles? = 0

La especie es dicógama.

Comentarios: Las características florales morfológicas y fisiológicas, indican que se trata de una especie en la que se favorece la reproducción cruzada. Cabe mencionar que su floración no es anual y requiere de un polinizador específico, por lo que presenta un bajo éxito reproductivo.

f) ¿La floración es sincrónica o gregaria? = 1

La floración es sincrónica.

Comentarios: en las poblaciones naturales de la especie, la floración es sincrónica y frecuentemente se pueden observar dos ramets (rosetas) de un mismo individuo floreciendo al mismo tiempo, si los polinizadores transportan polen entre las inflorescencias de estos ramets, también puede existir geitonogamia.

g) ¿El taxón produce pocos propágulos? = 1

Sí produce pocos propágulos.

Comentarios: Los resultados de los muestreos poblacionales de *Yucca queretaroensis* muestran la presencia de ramets en el 40% de los individuos con un promedio de 2.29 ramets por planta progenitora (no se tienen referencias de esta información para otros miembros de su linaje).

C-2. Genética

1) Variación molecular (heterocigosis) = No se evaluó.

2) Estructura genética molecular = No se evaluó.

3) Cantidad de variación genética = No se evaluó.

4) Nivel de diferenciación entre poblaciones = 1

Alta

Comentarios: No se cuenta con estudios de marcadores moleculares que muestren el nivel de diferenciación genética entre poblaciones de *Yucca queretaroensis*. Sin embargo, la teoría de genética de poblaciones indica que probablemente exista alta diferenciación genética entre poblaciones. Las bases teóricas de genética de poblaciones sugieren que especies con distribución restringida y poblaciones fragmentadas, así como reproducción clonal, entre otras características, presentan niveles altos de diferenciación genética, en relación con aquellas especies con características opuestas (Hedrick, 2000). Por otro lado, sí se observó variación morfológica en las hojas de la especie entre las poblaciones estudiadas, aunque no se llevaron a cabo pruebas estadísticas para comprobarla.

C-3. Interacciones bióticas especializadas.

1) ¿El taxón requiere una “nodriza” para su establecimiento? = 0

No

Comentarios: No se ha observado que las plántulas clonales requieran de nodriza para su establecimiento, aunque sí necesitan de la sombra y nutrientes que la misma planta madre les provee. No se observaron plántulas provenientes de semilla en campo.

2) ¿El taxón requiere un hospedero o forofito específico? = 0

No

Comentarios: No presenta este tipo de interacción.

3) ¿El taxón requiere un polinizador específico? = 1

Sí.

Comentarios: La determinación taxonómica del polinizador de *Y. queretaroensis*, indica que se trata de una especie del género *Tegeticula* (Familia Prodoxidae). A pesar de que se conoce que las

palomillas de este género son las principales polinizadoras de las yucas, también se ha registrado que existen polinizadores de otros géneros (*Parategeticula* y *Prodoxus*), por lo que la determinación del género de las palomillas colectadas en *Y. queretaroensis* constituye un avance notable en los estudios de polinización de la especie.

4) ¿El taxón tiene un dispersor específico? = 1

Las observaciones en campo indican que sí necesita un dispersor específico.

Comentarios: Aunque no se tienen estudios específicos sobre su dispersor, si se ha observado que los frutos caen en la base de las plantas madres y debido a que son indehiscentes, seguramente necesitan un dispersor específico. Para otras especies de *Yucca*, se sabe que sus principales dispersores son roedores de los que almacenan en sus madrigueras (Vander Wall *et al.*, 2006).

5) ¿El taxón presenta mirmecofilia obligada? = 0

No presenta mirmecofilia.

Comentarios: No presenta este tipo de interacción.

6) ¿El taxón presenta dependencia estricta de la micorriza? = 0

No existe evidencia.

Comentarios: No se obtuvo esta información en el proyecto.

7) ¿El taxón sufre una afectación importante por depredadores, patógenos? = 0

No existe evidencia.

Comentarios: La información final no permite tener alguna evidencia al respecto.

II. INDICE DE IMPACTO ANTROPOGENICO.

CRITERIO D. Impacto de la actividad humana.

1) ¿Cómo afecta al taxón la alteración antrópica del hábitat? = 0

No le afecta o no se sabe.

Comentarios: Se observó que es posible que la especie sobreviva en hábitats con nivel intermedio de disturbio.

2) ¿Cuál es el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón? = 1

El impacto es moderado y sólo afecta algunas poblaciones

Comentarios: El hábitat de *Yucca queretaroensis* se encuentra en general en nivel intermedio de conservación. Debido a que se trata de un hábitat con pendientes muy pronunciadas, no existe tendencia hacia la urbanización y por encontrarse en zonas con poca densidad de población humana, no existen tendencias de transformación drástica del mismo. De manera natural, es un hábitat susceptible de erosión por las características del suelo y de la pendiente y la tendencia a erosionarse se incrementa por la actividad pecuaria caprina.

3) ¿Existe evidencia que indique un deterioro en la calidad o extensión del hábitat como efecto de cambios globales o se prevé un cambio drástico en el uso del suelo? = 0

No existe evidencia

Comentarios: No existe evidencia en este sentido y debido a las características propias del hábitat no se prevé un cambio drástico en el uso de suelo.

4) ¿Cuál es el impacto del uso sobre el taxón? = 2

El impacto de uso es fuerte en algunas o moderado en todas las poblaciones.

Comentarios: El principal impacto del uso de *Yucca queretaroensis* a nivel local, es el uso de sus flores para la elaboración de comida regional. El 10% de los encuestados indican haber usado la especie con este fin; aunque podría considerarse un porcentaje bajo, es necesario tomar en cuenta que se trata de una especie con baja incidencia de floración. A nivel internacional, existe evidencia de que individuos maduros de la especie se están ofertando en algunos viveros de Norteamérica y Europa como planta ornamental. La extracción de plantas maduras de sus poblaciones silvestres, podría reduciendo el contingente reproductor de una especie que se estima es biológicamente rara.

5) ¿Es cultivado o propagado ex situ? = 0

No.

Comentarios: No existe en México reproducción artificial controlada para esta especie. Algunos jardines botánicos del centro del país han realizado intentos para su propagación. El Jardín Botánico Regional de Cadereyta inició, a partir del 2011, ha llevado a cabo esfuerzos para consolidar protocolos de propagación por vía sexual, semilla e in vitro. A nivel internacional existen algunos viveros que en los últimos años (2008-2009), reproducen *Yucca queretaroensis* por medio de semilla, y uno de ellos emplea la micropropagación, sin embargo ninguno de ellos ha explicado el origen de su material ni sus métodos de reproducción. Los viveros que han propagado la especie por medio de semilla son: Plant Delights Nursery (EUA), T & J Palms and Yucca's (Países Bajos), Kraut & Ruam (Alemania) y Peckerwood Garden (EUA). El vivero que emplea la propagación *in vitro* es Succulent Tissue Culture (Países Bajos).

3. Resumen de la evaluación preliminar de riesgo de extinción de *Yucca queretaroensis* Piña.

Se presenta un resumen (Cuadro 18.2) de la evaluación final de *Yucca queretaroensis* de acuerdo a los criterios establecidos en el Método de evaluación de riesgo de plantas en México (MER). Asimismo, se presentan la sumatoria y subtotales de cada criterio para reconocer la categoría de riesgo de la especie (Cuadro 18.3).

Cuadro 18.2. Resumen de la evaluación preliminar de riesgo de plantas en México (MER) para *Yucca queretaroensis*.

I. INDICE DE RAREZA	Evaluación
CRITERIO A. Características de la distribución geográfica.	
1) Extensión de la distribución	3
2) Número de poblaciones o localidades conocidas existentes	1
3) Número de provincias biogeográficas	3
4) Representatividad de la distribución del taxón en el Territorio Mexicano	0
Σ	7
CRITERIO B. Características del hábitat.	
1) ¿En cuántos tipos de vegetación se presenta?	3
2) ¿El taxón tiene un hábitat especializado?	1
3) ¿La permanencia de la población es dependiente de un hábitat primario?	0
4) ¿La permanencia de la población requiere de regímenes de perturbación particulares o está asociada a etapas transitorias en la sucesión?	0
5) Amplitud del intervalo altitudinal que ocupa el taxón	2
Σ	6
Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca.	
C-1. Demografía.	
1) Número total de individuos	1
2) Reclutamiento	4
a) ¿Hay evidencia de densodependencia en la reproducción?	0
b) ¿Hay clonalidad?	0
c) ¿Hay evidencia de decrecimiento de las poblaciones en el país?	0
d) ¿Hay evidencia de una varianza muy grande en la fecundidad?	0
e) ¿El taxón es dioico, los individuos son dicógamos o autoincompatibles?	0
f) ¿La floración es sincrónica o gregaria?	1
g) ¿El taxón produce pocos propágulos ?	1
C-2. Genética	
1) Variación molecular (heterocigosis).	No se evaluó.
2) Estructura genética molecular.	No se evaluó.
3) Cantidad de variación genética.	No se evaluó.
4) Nivel de diferenciación entre poblaciones.	1
C-3. Interacciones bióticas especializadas.	
1) ¿El taxón requiere una “nodriza” para su establecimiento?	0
2) ¿El taxón requiere un hospedero o forofito específico?	0
3) ¿El taxón requiere un polinizador específico?	1
4) ¿El taxón tiene un dispersor específico?	1
5) ¿El taxón presenta mirmecofilia obligada?	0

6) ¿El taxón presenta dependencia estricta de la micorriza?	0
7) ¿El taxón sufre una afectación importante por depredadores, patógenos?	0
Σ	10
II. INDICE DE IMPACTO ANTROPOGENICO	
Criterio D. Impacto de la actividad humana	
1) ¿Cómo afecta al taxón la alteración antrópica del hábitat?	0
2) ¿Cuál es el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón?	1
3) ¿Existe evidencia que indique un deterioro en la calidad o extensión del hábitat como efecto de cambios globales o se prevé un cambio drástico en el uso del suelo?	0
4) ¿Cuál es el impacto del uso sobre el taxón?	2
5) ¿El es cultivado o propagado ex situ?	0
Σ	3

Cuadro 18.3. Subtotales y puntaje final obtenido en la evaluación preliminar de riesgo de plantas en México (MER) para *Yucca queretaroensis*.

CRITERIOS MER	Σ Puntos	Subtotal
CRITERIO A. Características de la distribución geográfica.	7/11	0.6363
CRITERIO B. Características del hábitat.	6/9	0.6666
CRITERIO C. Vulnerabilidad biológica intrínseca.	10/23	0.4347
CRITERIO D. Impacto de la actividad humana	3/10	0.3000
Σ		2.0376

La evaluación preliminar de riesgo de *Yucca queretaroensis* indica un puntaje de 2.0376 que muestra que se trata de una especie en peligro de extinción (P).

4. Cometarios finales.

La presente evaluación del riesgo de extinción a través del MER (SEMARNAT, 2010) propone cambiar el *estatus* de riesgo de *Yucca queretaroensis* de “sujeta a protección especial” (Pr) a “en peligro de extinción” (P). Se recomienda también añadir al estatus de esta especie su naturaleza endémica. Fue posible llevar a cabo esta evaluación debido a que el conocimiento de la especie aumentó considerablemente por el desarrollo del proyecto “Evaluación del estado de conservación, uso y amenazas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae) y la pertinencia de incluirla en los Apéndices de la CITES”, financiado por la CONABIO (JE005). Cabe notar el hueco de información en referencia a la genética de la planta, dispersión y germinación en campo, misma que podrá suplirse a través de estudios adicionales en esta materia.

5. Referencias.

Carrillo-Angeles, I. y M. Mandujano. 2011. Patrones de distribución espacial en plantas clonales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 89: 1-18.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1997. Catálogo de metadatos geográficos. Mapa de Provincias biogeográficas de México, escala 1:4 000 000, México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rbiog4mgw.xml>

Environmental Systems Research Institute (ESRI). 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA.

Feria-Arroyo, T., E. Solano y A. García-Mendoza. 2010. Reevaluación del riesgo de extinción de cinco especies del género *Polianthes* L. (Agavaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 92: 11-28.

Hedrick, P. 2000. Genetics of Populations. Jones & Barlett Publ. Sudbury MA.

Hernández, H. y C. Gómez-Hinostrosa. 2012. What phytogeography can tell us about conservation of Mexican Cacti. En: Programa y resúmenes del 32° Congreso de la Organización Internacional para el Estudio de las Plantas Suculentas. La Habana, Cuba.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación* (DOF), 30-12-2010.

Rzedowski, J. 1990. Vegetación Potencial IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
<http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/vpr4mgw.xml>

Pellmyr O., L. Massey, J. Hamrick y M. Feist. 1997. Genetic consequences of specialization: yucca moth behavior and self-pollination in yuccas. *Oecologia*, 109:273-278.

Pellmyr, O. M. Balcázar-Lara, K. Segraves, D. Althoff y R. Littlefield. 2008. Phylogeny of the pollinating yucca moths, with revision of Mexican species (*Tegeticula* and *Parategeticula*; Lepidoptera, Prodoxidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 152: 297–314.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN). 2001. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. ii + 33 pp.

Vander Wall, S., T. Esque, D. Haines, M. Garnett y B. Waitman. 2006. Joshua tree (*Yucca brevifolia*) seeds are dispersed by seed-caching rodents. *Écoscience*, 13 (4): 539-543.

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