

Informe final* del Proyecto V039
Evaluación de dos cactáceas mexicanas incluidas en el apéndice 1 de CITES

Responsable: Dr. Héctor Octavio Godínez Álvarez
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala
División de Investigación y Posgrado
Unidad de Biotecnología y Prototipos
Dirección: Av. de los Barrios # 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Mex, 54090 , México
Correo electrónico: hgodinez@miranda.ecologia.unam.mx
Teléfono/Fax: 5623 1228, Fax: 5623 1225
Fecha de inicio: Agosto 15, 2001
Fecha de término: Septiembre 5, 2002
Principales resultados: Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Godínez Álvarez. H. O. 2002. Evaluación de dos cactáceas mexicanas incluidas en el apéndice 1 de CITES. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. V039.** México D. F.

Resumen:

Los criterios empleados para incluir o cambiar una especie de cactácea listada en los apéndices del CITES son subjetivos dependiendo en la mayoría de los casos de la opinión de los aficionados o bien, de opiniones aisladas de gente que se dedica a su comercio. Recientemente se ha planteado la posibilidad de cambiar algunas especies de cactáceas del Apéndice I al II, liberando así su comercio internacional. Sin embargo, no existe información suficiente que apoye dicha propuesta. El presente trabajo pretende evaluar, de acuerdo con las fichas propuestas por CITES, dos especies de cactáceas mexicanas (*Strombocactus disciformis* y *Turbincarpus pseudomacrochele*) que actualmente se encuentran incluidas en el Apéndice I. Algunos de los aspectos que se estudiarán incluyen taxonomía, parámetros biológicos, usos y conservación. Se pretende que la información generada permita decidir si estas especies deben permanecer o ser excluidas del Apéndice I.

-
- * 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

‘Evaluación de dos cactáceas mexicanas incluidas en el apéndice I de CITES’ Proyecto V039

Convenio Núm. FB795/V039/01

Dr. Héctor Octavio Godínez Alvarez

Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO),
FES Iztacala, UNAM

Av. de los Barrios s/n, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla 54090,
Ap. Postal 314, Edo. de México

Teléfono: 56-23-12-28

Fax: 56-23-12-25

INTRODUCCIÓN

En el continente americano, México es el país con la mayor diversidad de cactáceas ya que se estima que posee alrededor de 48 géneros y más de 500 especies (Bravo-Hollis 1978, Hernández y Godínez 1994, Hunt 1999). Además de esta gran diversidad, en nuestro país existe un alto grado de endemismo ya que más del 70% de las especies habitan exclusivamente dentro de los límites del territorio nacional (Bravo-Hollis 1978, Hernández y Godínez 1994, Hunt 1999).

Debido a esta alta diversidad y endemismo, las cactáceas mexicanas han estado sujetas a diversos factores extrínsecos que afectan la sobrevivencia de los individuos por lo que en la actualidad existe una alta proporción de especies amenazadas. Así, la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) reporta 45 especies en el Apéndice I, mientras que las semillas y toda la familia Cactaceae están consideradas en el Apéndice II (Hunt 1999). En términos generales, los principales factores extrínsecos que afectan a las cactáceas son la expansión de la frontera agrícola, el desarrollo urbano y la recolección como plantas de ornato, entre otros. Sin embargo también existen factores intrínsecos tales como el lento crecimiento, los ciclos de vida largos, la alta especialización del hábitat y el bajo reclutamiento de nuevos individuos en las poblaciones, los cuales incrementan su vulnerabilidad a la extinción (Hernández y Godínez 1994, Godínez-Alvarez *et al.* 1999, Mandujano *et al.* 2001, Esparza-Olguín *et al.* 2002).

Las cactáceas *Turbincarpus pseudomacrochele* y *Strombocactus disciformis* actualmente están ubicadas en el Apéndice I de CITES debido a que su comercio internacional puede afectar el mantenimiento de las poblaciones en condiciones

naturales (Hunt 1999). No obstante lo anterior, Suiza propuso recientemente la revisión de estas dos especies con el fin de cambiarlas al Apéndice II. Los argumentos empleados para plantear dicha propuesta fueron que: 1) no existe comercio internacional importante de estas especies, 2) sus poblaciones no están amenazadas y 3) no existen indicios de saqueo ilegal de las mismas. Ante esta situación se decidió realizar el presente proyecto con la finalidad de obtener información sobre diversos aspectos biológicos y ecológicos de estas cactáceas que permitiera apoyar o rechazar dicha propuesta. En términos generales, la información generada en este proyecto consideró en primera instancia los diversos aspectos planteados en la propuesta de enmienda a los Apéndices de CITES. Sin embargo, también se obtuvo información sobre otros aspectos que afectan el reclutamiento de los nuevos individuos y el mantenimiento de las poblaciones. Algunos de estos aspectos fueron la probabilidad de reproducción, el número de flores producidas, los visitantes florales, la producción de frutos y semillas así como el porcentaje de germinación (Valiente-Banuet *et al.* 2002, Valiente-Banuet y Godínez-Alvarez 2002).

Para determinar el estado de conservación de las especies amenazadas es posible utilizar diversos enfoques como inventarios, censos y análisis demográficos (Palmer 1987). De todos estos enfoques, los análisis demográficos son los más completos ya que permiten conocer las etapas más críticas del ciclo de vida de una especie y cómo afectan la tasa de crecimiento poblacional (Schemske *et al.* 1994). No obstante lo anterior, este tipo de estudios es difícil de llevar a cabo debido a que consumen más tiempo, dinero y esfuerzo en comparación con los censos o inventarios (Palmer 1987). Cuando los recursos son limitados y los atributos biológicos de las especies impiden la realización de los análisis demográficos es recomendable emplear

otros enfoques para determinar el estado de conservación (Schemske *et al.* 1994). En este proyecto, debido a la limitación de tiempo los métodos empleados consideraron diversos enfoques como los inventarios y los censos periódicos así como experimentos en laboratorio. La utilización de varios enfoques junto con el conocimiento de las etapas más críticas del ciclo de vida de las cactáceas, ya sea a través de la bibliografía o la experiencia en campo, permitieron obtener información relativamente confiable de las principales amenazas que afectan las poblaciones de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis*.

En los siguientes párrafos se presentan los objetivos planteados originalmente, la descripción detallada de los métodos empleados, los resultados obtenidos y una discusión general. Finalmente, con base en toda la información recabada se presentan las conclusiones derivadas de este trabajo.

OBJETIVOS GENERALES

1. Obtener información actualizada, organizada en fichas, sobre el estado de conservación de *S. disciformis* y *T. pseudomacrochele*.
2. Con base en la información de la ficha, recomendar su permanencia en el apéndice que se encuentra, su reclasificación o su exclusión de la lista.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Obtener la ubicación taxonómica actual de las especies.
2. Determinar su distribución geográfica y abundancia en campo.
3. Determinar su patrón de distribución y estructura de tamaños.
4. Realizar observaciones sobre la floración y fructificación de ambas especies.
5. Identificar los principales factores que amenazan las poblaciones de ambas especies.
6. Obtener información sobre su utilización y comercio.
7. Obtener información sobre la conservación y gestión de las especies.

MÉTODOS

1. Taxonomía

Para determinar la ubicación taxonómica actual de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* se revisaron las revistas especializadas y los ejemplares de los principales herbarios de la Cd. de México (*i. e.*, Herbario del Instituto de Biología (MEXU), UNAM; Herbario de Botánica (ENCB), IPN y Herbario de Ciencias Forestales (CHAPA), Universidad Autónoma de Chapingo). Para cada especie, la información obtenida incluyó las siguientes categorías taxonómicas: Clase, Orden, Familia, Género, Especie y Subespecie. Asimismo, se obtuvo información sobre los autores que describieron dichas especies y el año de su publicación. Además, se obtuvieron las sinonimias y los nombres comunes.

2. Parámetros biológicos

2.1 Distribución

Para determinar la distribución actual de las especies se utilizó la información bibliográfica existente así como la información encontrada en los ejemplares de herbario. Además de lo anterior, se realizaron visitas a distintas localidades reportadas en la literatura o conocidas por los aficionados y/o especialistas del grupo para confirmar la presencia de las poblaciones. Con base en la bibliografía y las observaciones realizadas en campo se determinó el principal tipo de vegetación y suelo en el que crecen estas especies. Adicionalmente, en cada localidad visitada se determinaron las coordenadas geográficas y la altitud en la que se encontraron las poblaciones.

2.2 Hábitat disponible

El hábitat disponible para el crecimiento de las plantas de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* se determinó con base en la información encontrada en la literatura existente. Asimismo para complementar dicha información se realizó trabajo de campo en las distintas localidades en las que se encontraron poblaciones de estas especies. En cada localidad, dependiendo del área disponible, se realizaron 2-4 líneas de Canfield de 10-30 m de largo en las que se determinó la longitud ocupada por distintos tipos de hábitat. Los hábitats considerados fueron grietas en rocas, suelo desprovisto de vegetación, suelo cubierto por hierbas y suelo cubierto por arbustos. Con base en la longitud ocupada por cada hábitat y la longitud total de la línea de Canfield se calculó la proporción de hábitat disponible para las plantas. Con la proporción de hábitat disponible y el número total de plantas registradas en cada hábitat (ver sección 2.3 Situación de la población) se calculó el número de plantas que se esperaba encontrar en cada tipo de hábitat si la distribución de éstas fuera al azar. El número esperado de plantas se comparó con el número observado de plantas creciendo en cada uno de los hábitats mediante una prueba de G para determinar si existían diferencias significativas (Sokal y Rohlf 1981). La hipótesis nula consideró que no existían diferencias entre el número esperado y observado de plantas para cada uno de los distintos hábitats.

2.3 Situación de la población

La situación actual de las poblaciones de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* se determinó con base en la densidad, el tamaño de las plantas y el patrón de distribución espacial encontrado en las distintas localidades. Para esto, en cada localidad se realizaron 15-21 cuadrantes de 1 m² en los que se contó el número total de plantas existentes, el número de ramas/planta, el diámetro máximo de cada una de las

ramas y el hábitat que ocupaba cada planta (*i. e.*, grietas en rocas, suelo desprovisto de vegetación, suelo cubierto por hierbas y suelo cubierto por arbustos). La ubicación y el número de los cuadrantes se determinó con base en la extensión del área que ocupaban las plantas. En todos los casos, los cuadrantes se realizaron de manera contigua para asegurar la revisión de toda el área en la que las plantas se encontraban. Con base en el número total de plantas por cuadrante se calculó la densidad promedio para cada localidad la cual fue comparada mediante un modelo log-lineal para determinar si existían diferencias significativas. El modelo log-lineal se realizó con el paquete estadístico GLIM ver. 3.77 considerando un error Poisson y las distintas localidades como factores (Crawley 1993). En caso de que los datos estuvieran sobre-dispersos, los errores estándar fueron re-calculados multiplicándolos por un factor de corrección λ de acuerdo con lo propuesto por Crawley (1993). La comparación entre los promedios de las localidades se llevó a cabo mediante pruebas múltiples de t (Crawley 1993).

El tamaño de las plantas en las distintas localidades se estimó como la suma de los diámetros de todas las ramas que presentaba un individuo. Para determinar si existían diferencias significativas en el tamaño se realizó un análisis de la varianza de una vía utilizando el paquete estadístico GLIM ver. 3.77 en el que se consideró un error Normal y las localidades como factores (Crawley 1993). Además de lo anterior, se llevó a cabo otro análisis en el que el tamaño de las plantas se consideró como el número promedio de ramas por individuo. La comparación entre las localidades para determinar si existían diferencias significativas en el número de ramas se realizó a través de un modelo log-lineal con error Poisson y las localidades como factores. En

caso de que los datos estuvieran sobre-dispersos, los errores estándar fueron recalculados multiplicándolos por un factor de corrección λ de acuerdo con lo propuesto por Crawley (1993). El modelo anterior fue ajustado con el paquete estadístico GLIM ver. 3.77 (Crawley 1993).

El patrón de distribución espacial de las plantas se determinó con base en el Índice de Dispersión (ID) el cual se calculó como $ID = s^2 / x$ en donde x y s^2 son la media y la varianza de una muestra, respectivamente (Ludwig y Reynolds 1988). Si la muestra se distribuye de acuerdo con la distribución teórica de Poisson, el valor del ID es igual a 1.0 (*i. e.*, $s^2 = x$; Ludwig y Reynolds 1988). Para determinar si el valor del ID era diferente de 1.0 se utilizó la prueba estadística de χ^2 la cual se calculó como: $\chi^2 = ID (N-1)$ en donde, N es el número total de cuadrantes muestreados (Ludwig y Reynolds 1988). Si el valor de χ^2 calculado estaba dentro de los límites 0.975 y 0.025 de las tablas estadísticas de χ^2 , la distribución se consideró aleatoria (*i. e.*, $s^2 = x$). Por el contrario, si el valor de χ^2 era menor que el límite de 0.975 el patrón se consideró regular (*i. e.*, $s^2 < x$), mientras que si el valor de χ^2 era mayor que el límite de 0.025 el patrón se consideró agregado (*i. e.*, $s^2 > x$; Ludwig y Reynolds 1988). Para cada localidad se utilizó el número de plantas registradas en cada uno de los cuadrantes muestreados para calcular el ID y la prueba de χ^2 .

2.4 Tendencias de la población

Las tendencias de las poblaciones de ambas especies de cactáceas se determinaron con base en la estructura de tamaños la cual permite conocer la composición actual de las poblaciones y hacer inferencias con respecto al reclutamiento de nuevos individuos. Para esto, las plantas de cada localidad fueron clasificadas

según su diámetro (ver sección 2.3 Situación de la población) en distintas categorías de tamaño. Las categorías empleadas para *T. pseudomacrochele* fueron: 0-10 mm, 10-20 mm, 20-30 mm, 30-40 mm, 40-50 mm, 50-60 mm, 60-70 mm, 70-80 mm, 80-90 mm, 90-100mm, 100-150 mm, 150-200 mm, 200-250 mm y 250-300 mm. En el caso de *S. disciformis*, las categorías usadas fueron: 0-5 mm, 5-10 mm, 10-15 mm, 15-20 mm, 20-25 mm, 25-30 mm, 30-35 mm, 35-40 mm, 40-45 mm, 45-50 mm y >50 mm. En ambas especies, las categorías de tamaño fueron definidas considerando el rango de los datos así como el número de individuos por categoría. Para cada especie, las estructuras de tamaños fueron comparadas con una prueba de G para determinar si existían diferencias significativas en el número de individuos por categoría para las distintas localidades (Sokal y Rohlf 1981).

2.5 Tendencias geográficas

Las tendencias geográficas de las poblaciones de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* se determinaron principalmente con base en la información bibliográfica existente así como con la información obtenida de los ejemplares de herbario. Con base en esta información se intentó estimar las tendencias existentes.

2.6 Función de la especie en su ecosistema

Para determinar la función de las especies en el ecosistema se realizaron observaciones de la floración y fructificación de las plantas. En este sentido, para ambas especies de cactáceas se marcó un número de plantas adultas variable, según la localidad, para contar el número de flores y frutos por individuo. En el caso de *T. pseudomacrochele*, el número de plantas marcadas fue de 21-64 mientras que en *S. disciformis* fue de 58-168. Se realizaron censos de las plantas marcadas cada 2-4

semanas para determinar la variación en el número de estructuras reproductivas así como la duración de las épocas de floración y fructificación.

Durante la época de floración de ambas especies, se realizaron además observaciones para determinar los principales grupos de organismos que visitaban las flores y el número de visitas/hora. Para esto, se seleccionó un grupo de 1-4 plantas con flores las cuales fueron observadas desde ca. 1-2 m de distancia. Las observaciones iniciaron a las 1000 h y terminaron a las 1700 h. Para cada una de las localidades se realizaron observaciones únicamente durante un día. El tiempo total de observación para *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* fue de 14 horas/localidad.

A lo largo de la época de fructificación se colectaron frutos maduros de al menos 10 plantas diferentes de ambas especies de cactáceas para contar el número de semillas/fruto. En el caso de *T. pseudomacrochele*, el conteo de las semillas se realizó utilizando 16-22 frutos/localidad, mientras que en *S. disciformis* el conteo se hizo empleando solamente 10 frutos/localidad. El número promedio de semillas/fruto se comparó con un modelo log-lineal para determinar si existían diferencias significativas entre las distintas localidades. Este modelo se ajustó con el paquete estadístico GLIM ver. 3.77 considerando un error Poisson y las localidades como factores (Crawley 1993). En caso de que los datos estuvieran sobre-dispersos, los errores estándar fueron re-calculados multiplicándolos por un factor de corrección λ de acuerdo con lo propuesto por Crawley (1993).

2.7 Amenazas

Para identificar las principales amenazas de las poblaciones de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* se revisó la literatura ecológica existente y se

realizaron observaciones de los individuos en condiciones naturales. Asimismo, se llevó a cabo un experimento para determinar el porcentaje de germinación de las semillas en condiciones de laboratorio. El diseño experimental empleado para evaluar la germinación fue un factorial de una vía con tres niveles que corresponden con las distintas localidades en las que crece cada una de las especies. La unidad experimental consistió de una caja de Petri con papel filtro (Whatman No. 1) en la que se sembraron 25 semillas. Para cada tratamiento se realizaron ocho réplicas. Las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 30% durante 5 min y se lavaron con agua corriente y posteriormente con agua destilada. Las cajas fueron colocadas en una cámara ambiental (Environmental Growth Chambers, model EGC TC 2) con temperatura constante de 25°C, luz fluorescente y fotoperiodo de 12 h luz/12 h oscuridad. Las cajas se revisaron diariamente para contar el número de semillas germinadas y, en caso de ser necesario, adicionar agua para mantener condiciones constantes de humedad. Una semilla se consideró germinada cuando se observó la emergencia completa de la plántula. La proporción de semillas germinadas y la tasa de germinación se analizaron con un modelo log-lineal en el que se consideró un error Binomial, el tiempo como variable continua y las localidades como factores. Para determinar las diferencias entre los tratamientos se usaron pruebas múltiples de *t*. El paquete estadístico empleado fue GLIM ver. 3.77 (Crawley 1993).

3. Utilización y comercio

3.1 Utilización nacional

La utilización de estas especies de cactáceas en nuestro país se determinó con base en información proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos

Naturales (SEMARNAT) a través de la Dirección General de Vida Silvestre. Además para complementar la información anterior, se realizó una búsqueda en Internet para contar el número de 'páginas web' directamente relacionadas con estas dos especies de cactáceas. La búsqueda se realizó en *Yahoo!* empleando únicamente los nombres científicos de las especies. Las páginas encontradas fueron revisadas y clasificadas de acuerdo a su contenido en cinco categorías: 1) Semillas. Páginas que venden semillas y/o proporcionan información relacionada con las condiciones adecuadas para su germinación, 2) Localidades. Páginas que proporcionan información sobre la ubicación de las localidades en las que crecen las especies en condiciones naturales, 3) Fotos. Páginas con material fotográfico de plantas cultivadas y, en algunas ocasiones, descripciones morfológicas de las especies, 4) Plantas. Páginas que venden plantas de distintos tamaños, las cuales incluyen plántulas y 5) Otros. Páginas que proporcionan información sobre diversos aspectos tales como técnicas de cultivo de tejidos para propagar estas especies, alcaloides presentes en los tejidos y tipos de abono empleados para estimular el crecimiento de las plantas.

3.2 Reproducción artificial con fines comerciales (fuera del país de origen)

Para obtener información relacionada con la propagación de estas especies con fines comerciales en otros países se consultó el catálogo de cactáceas del Apéndice I de CITES (Lüthy 2001).

4. *Conservación y gestión*

Para obtener información sobre los programas existentes en los estados para la conservación y gestión de estas especies de cactáceas se realizó trabajo de gabinete y se consultó la literatura directamente relacionada con estos temas. Asimismo, se utilizó

información proporcionada por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) relacionada con los aseguramientos y repatriaciones de estas especies.

5. Información sobre especies similares

Para detectar otras especies de cactáceas que se pudieran confundir con las especies estudiadas se revisaron los ejemplares de herbario y se consultó la información publicada en la guía para la identificación de cactáceas amenazadas de México (Glass 1998). Después de detectar las especies con las cuales se podían confundir se determinaron los nombres científicos, los nombres comunes y se obtuvieron los datos para poder distinguirlos e identificarlos con certeza.

RESULTADOS

TURBINICARPUS PSEUDOMACROCHELE

1. *Taxonomía*

1.1 Clase: Angiospermae

1.2 Orden: Caryophyllales

1.3 Familia: Cactaceae

1.4 Nombre científico: ***Turbinicarpus pseudomacrole*** (Backeb.) Buxb. y Backeb., 1937.

Plantas simples o cespitosas. Tallos globosos aplanados a globosos, de 0.5-2 (-8) cm de altura y 1-3 (-4.5) cm de diámetro, de color verde pálido a verde oscuro; tubérculos cónicos con la base romboidal, de 3-7 mm de altura, 2-6 mm de ancho; aréolas ovales; espinas de un solo tipo, 4-10 (-20), de 2-30 mm de largo, setosas, flexibles, tortuosas o encorvadas, cuando jóvenes amarillentas después parduzco grisáceas a grisáceas, con la punta más oscura, caducas en las aréolas viejas. Flores apicales, infundibuliformes, de 2-3 cm de largo, y 3.5 cm de ancho; pericarpelo oval, verde; segmentos exteriores lanceolados, (8-) 10-20 mm de largo, 2-5 mm de ancho, base blanca a verdosa, línea media lila purpúrea a rojo púrpura; segmentos interiores lanceolados (8-) 10-20 mm de largo, 2-5 mm de ancho, color parecido a los segmentos exteriores; estilo blanco, amarillento o rosa; lóbulos del estigma 4-8, blancos a amarillentos. Frutos ovales, 3-6 mm de largo, 3-5 mm de ancho, amarillento, verdoso o rojo parduzco. Semillas ovales, negras, testa tuberculada (Fig. 1).

Actualmente en esta especie se reconocen cuatro subespecies (Guzmán *et al.* en prep.) cuyos nombres científicos, autores y año de su descripción son:

Turbinicarpus pseudomacrole ssp. pseudomacrole

Turbincarpus pseudomacroechele* ssp. *krainzianus (Gerhart Frank) Glass, 1997.

Turbincarpus pseudomacroechele* ssp. *lausseri (L. Diers y Gerhart Frank) Glass, 1997.

Turbincarpus pseudomacroechele* ssp. *minimus (Gerhart Frank) Luthy y A. Hofer, 1999.

1.5 Sinónimos científicos:

Turbincarpus pseudomacroechele* ssp. *pseudomacroechele

Strombocactus pseudomacroechele Backeb., 1935; *Toumeyia pseudomacroechele*

(Backeb.) Bravo y W. T. Marshall, 1956; *Neolloydia pseudomacroechele* (Backeb.) E.

F. Anderson, 1986; *Pediocactus pseudomacroechele* (Backeb.) Halda, 1998;

Kadenicarpus pseudomacroechele (Backeb.) Doweld, 1998.

Turbincarpus pseudomacroechele* ssp. *krainzianus

Toumeyia krainziana Gerhart Frank, 1960; *Turbincarpus krainzianus* (Gerhart Frank)

Backeb., 1961; *Strombocactus pseudomacroechele* Backeb. var. *krainzianus* (Gerhart

Frank) G. D. Rowley, 1974; *Toumeyia pseudomacroechele* (Backeb.) Bravo y W. T.

Marshall var. *krainziana* (Gerhart Frank) G. D. Rowley, 1974; *Turbincarpus*

pseudomacroechele (Backeb.) Buxb. y Backeb. var. *krainzianus* (Gerhart Frank)

Glass y R. A. Foster, 1977; *Neolloydia krainziana* (Gerhart Frank) A. T. Powell, 1995;

Pediocactus pseudomacroechele (Backeb.) Halda var. *krainzianus* (Gerhart Frank)

Halda, 1998.

Turbincarpus pseudomacroechele var. *sphacelatus* L. Diers y Gerhart Frank, 1993.

Pediocactus pseudomacroechele (Backeb.) Halda var. *sphacelatus* (L. Diers y Gerhart

Frank) Halda, 1998; *Kadenicarpus pseudomacroechele* (Backeb.) Doweld var.

sphacelatus (L. Diers y Gerhart Frank) Doweld, 1998

Turbinicarpus pseudomacrochele* ssp. *lausseri

Turbinicarpus pseudomacrochele (Backeb.) Buxb. y Backeb. var. *lausseri* L. Diers y Gerhart Frank, 1991; *Pediocactus pseudomacrochele* (Backeb.) Halda var. *lausseri* (L. Diers y Gerhart Frank) Halda, 1998; *Kadenicarpus pseudomacrochele* var. *lausseri* (L. Diers y Gerhart Frank) Doweld, 1998; *Turbinicarpus pseudomacrochele* (Backeb.) Buxb. y Backeb. fa. *lausseri* (L. Diers y Gerhart Frank) Panarotto, 1999; *Kadenicarpus pseudomacrochele* (Backeb.) Doweld ssp. *lausseri* (L. Diers y Gerhart Frank) Doweld, 2000.

Turbinicarpus pseudomacrochele* ssp. *minimus

Turbinicarpus krainzianus (Gerhart Frank) Backeb. fa. *minimus* Gerhart Frank, 1989; *Turbinicarpus krainzianus* (Gerhart Frank) Backeb. var. *minimus* (Gerhart Frank) L. Diers, 1990; *Turbinicarpus pseudomacrochele* (Backeb.) Buxb. y Backeb. fa. *minimus* (Gerhart Frank) Zachar, Staník, Lux y Dráb, 1996.

1.6 Nombres comunes: “biznaguita”

1.7 Categoría en CITES: Apéndice I

2. Parámetros biológicos

2.1 Distribución

Esta especie presenta una distribución limitada a los estados de Hidalgo y Querétaro (Anderson *et al.* 1994, Perndl 2001, Guzmán *et al.* en prep.). Las localidades reportadas en cada uno de los estados para esta especie, incluyendo las diferentes subespecies, varían dependiendo del tipo de material de referencia empleado. Así, con base en la información obtenida en los principales herbarios de la Cd. de México (*i. e.*, Herbario del Instituto de Biología (MEXU), UNAM; Herbario de Botánica (ENCB), IPN y Herbario de Ciencias Forestales (CHAPA), Universidad Autónoma de Chapingo) se

determinó que la única localidad existente está ubicada en la cercanía del poblado de Bernal, municipio de Ezequiel Montes, Querétaro (MEXU, Colector: Ulises Guzmán # 581 et S.A.M., Fecha: 23-VIII-86, No. Registro: 462573). Por el contrario, Perndl (2001) reporta cuatro localidades ubicadas en Bernal y Mesa de León en Querétaro así como Cardonal y Davoxtha en Hidalgo. Sin embargo, la ubicación exacta de estas localidades no es proporcionada por el autor. Actualmente, las localidades encontradas en el proyecto son Bernal en Querétaro así como Zimapán e Ixmiquilpan en Hidalgo (Tabla 1). Todas estas localidades están separadas por varios kilómetros de distancia y ubicadas en diferentes altitudes por lo que es posible asumir que la distribución de la especie no es continua. Observaciones preliminares sugieren que esta distribución discontinua no es resultado de la fragmentación del ambiente sino de características biológicas propias de la especie relacionadas con los frutos y las semillas las cuales sugieren una dispersión limitada de sus propágulos.

El tipo de vegetación en las localidades reportadas en la literatura (Anderson *et al.* 1994, Perndl 2001) así como en los ejemplares de herbario es el matorral micrófilo y el pastizal. Algunas especies de plantas asociadas con dichos tipos de vegetación son *Agave americana*, *Echinocactus platyacanthus* y *Mimosa* spp. (Anderson *et al.* 1994). En las localidades encontradas en el proyecto, los tipos de vegetación corresponden con el matorral xerófilo y el matorral rosetófilo (Tabla1) de acuerdo con lo propuesto por Rzedowski (1978).

El suelo y las rocas en los ambientes en los que crece esta especie de cactácea son de origen calcáreo (Anderson *et al.* 1994). En términos generales, el suelo puede presentar una baja cantidad de materia orgánica así como una alta proporción de arena, de varios tamaños (0-2 mm), que provee un buen drenaje (Faint 2000). El pH

varía generalmente entre 7.1 y 8.0, aunque en algunas ocasiones puede alcanzar valores mayores a 9.0. En algunas ocasiones la cantidad de materia orgánica del suelo puede incrementarse disminuyendo el pH (Faint 2000).

2.2 Hábitat disponible

T. pseudomacrochele puede crecer en distintos hábitats que varían desde laderas de cerros, en donde las plantas se desarrollan en las grietas de rocas que han acumulado suficiente suelo y/o materia orgánica, hasta áreas planas con suelos relativamente profundos (Faint 2000). Las plantas pueden crecer expuestas directamente a la radiación solar, pero también es posible encontrarlas creciendo debajo de la sombra generada por otras especies de plantas o rocas (Faint 2000).

Los resultados obtenidos en el trabajo de campo muestran que la disponibilidad de los hábitats (*i. e.*, grietas en rocas, suelo desprovisto de vegetación, suelo cubierto por hierbas y suelo cubierto por arbustos) varía entre las localidades. Así, en Bernal existe una alta proporción de suelo cubierto por hierbas y arbustos, mientras que en Zimapán e Ixmiquilpan esta proporción disminuye (Fig. 2). Las plantas de *T. pseudomacrochele* ocupan estos hábitats de manera diferencial ya que en las tres localidades existen diferencias significativas entre el número de plantas observado y el esperado (Bernal: $G = 37.4$, g. l. 3, $p < 0.001$; Zimapán: $G = 67.6$, g. l. 3, $p < 0.001$; Ixmiquilpan: $G = 20.5$, g. l. 2, $p < 0.01$). El número de plantas creciendo en suelo cubierto por hierbas o arbustos fue menor de lo que se esperaría por azar. Por el contrario, el número observado de plantas creciendo en las grietas de las rocas o en suelo desprovisto de vegetación fue mayor que el esperado (Fig. 3). En términos generales, este patrón fue similar en las tres localidades estudiadas y concuerda con lo reportado por Faint (2000).

2.3 Situación de la población

El análisis de las poblaciones de *T. pseudomacrochele* mostró que existen diferencias significativas en el tamaño (Diámetro: $F = 11.2$, g. l. 2, 151, $p = 0.00003$; No. Ramas: $\text{Chi}^2 = 32.7$, g. l. 2, $p < 0.00001$), la densidad ($\text{Chi}^2 = 15.92$, g. l. 2, $p = 0.00035$) y el patrón de distribución espacial para las tres localidades estudiadas. Con respecto al tamaño, las plantas que crecen en Bernal e Ixmiquilpan tienen un diámetro y un número de ramas menor que las plantas que se localizan en Zimapán (Tabla 2). De la misma manera, la densidad de plantas en Bernal e Ixmiquilpan fue menor en comparación con la encontrada en Zimapán (Tabla 2). En relación con el patrón de distribución, las plantas en Bernal presentaron un patrón aleatorio en tanto que en Zimapán e Ixmiquilpan el patrón fue agregado (Tabla 3). Aunque la determinación del patrón de distribución puede modificarse con el tamaño y el número de los cuadrantes muestreados, los resultados obtenidos concuerdan con las observaciones hechas sobre la dispersión limitada de las semillas (ver secciones 2.1 Distribución y 2.6 Función de la especie en su ecosistema), la cual favorece el crecimiento agregado de los individuos.

2.4 Tendencias de la población

Las estructuras de tamaños de las tres poblaciones de *T. pseudomacrochele* mostraron que existen diferencias en la proporción de individuos que las componen (Fig. 4). En este sentido, en la población de Bernal la mayor proporción de individuos (94.7%) está concentrada únicamente en las categorías 10-20 mm y 20-30 mm. El resto de la población se encuentra en la categoría 50-60 mm aunque la proporción es baja (5.3%) comparada con las categorías anteriores. Por otra parte, en la población de Ixmiquilpan la mayor proporción de individuos (73.2%) está ubicada en la categoría 10-20 mm, mientras que el resto de los individuos está en las categorías 0-10 mm (16.1%),

20-30 mm (8.9%) y 30-40 mm (1.8%). Por el contrario, en la población de Zimapán las distintas categorías de tamaño están mejor representadas. Con excepción de la primera categoría de tamaño, el número de individuos decrece conforme el tamaño incrementa. Las tres primeras categorías de tamaño concentran >60% de los individuos que componen la población.

No obstante las diferencias existentes entre las poblaciones, es importante resaltar que en todas ellas el número de individuos en la primera categoría de tamaño es bajo (Fig. 4). Lo anterior, sugiere que el reclutamiento de nuevos individuos en todas las poblaciones está limitado posiblemente por factores bióticos y abióticos que afectan negativamente la germinación de las semillas y/o la sobrevivencia de las plántulas.

2. 5 Tendencias geográficas

Debido a que no se conocen con exactitud todas las localidades en las que crece esta especie de cactácea es difícil determinar si la distribución geográfica se ha reducido a lo largo de los años. Sin embargo, a nivel local si existe información que sugiere que las poblaciones han disminuido. En este sentido, en la literatura ecológica se menciona que la localidad de Bernal en 1979 presentaba individuos de todos los tamaños, aunque éstos eran escasos (Anderson *et al.* 1994). Lo anterior contrasta con la estructura de tamaños encontrada en este trabajo en la que >90% de los individuos de la población están concentrados solamente en dos categorías de tamaño (*i. e.*, 10-20 y 20-30 mm de diámetro). La información que se desprende de esta comparación, aunque cualitativa, es relevante ya que muestra que en un periodo de 22 años la población de *T. pseudomacrolele* ha cambiado su composición de tamaños. Para evaluar los efectos de estos cambios es necesario realizar estudios ecológicos detallados sobre la dinámica poblacional de esta especie.

2.6 Función de la especie en su ecosistema

Las observaciones sobre la floración y la fructificación de *T. pseudomacroechele* mostraron que existen diferencias en el número de estructuras reproductivas entre las poblaciones. Sin embargo, estas diferencias pueden ser resultado de las distintas condiciones ambientales existentes en las localidades que crecen estas plantas. En términos generales, la época de floración y fructificación tiene una duración de ca. 6 meses iniciando a finales de diciembre y terminando a finales de junio (Fig. 5). A lo largo de este tiempo, es posible observar uno o varios máximos en la producción de flores y frutos. En la población de Bernal, el mayor número de flores se presentó a mediados de febrero (Fig. 5a), mientras que en Zimapán la máxima floración ocurrió a finales de enero y mediados de abril (Fig. 5b). La máxima floración en Ixmiquilpan se presentó en febrero y continuo hasta mediados de abril (Fig. 5c). Con respecto a los frutos, la máxima producción en las tres poblaciones se alcanzó durante las dos primeras semanas de marzo (Fig. 5a-c).

Del total de plantas adultas marcadas, la proporción de individuos que se reprodujo fue diferente en cada localidad siendo Bernal e Ixmiquilpan las poblaciones con el mayor (85.7%) y el menor valor (34.3%) respectivamente. La población de Zimapán presentó un valor intermedio con 48.4%. De acuerdo con nuestros resultados, las plantas alcanzan la madurez reproductiva a los 13-14 mm de diámetro. Durante la floración, una planta puede tener uno o varios eventos reproductivos al cabo de los cuales puede producir 1-10 frutos en total, según la población.

Las flores comienzan a abrir alrededor de las 11 de la mañana y permanecen abiertas hasta cerca de las 4 de la tarde (según horario de verano, Fig. 6). Durante todo este tiempo, diversas morfoespecies de insectos pertenecientes a distintas familias

visitan las flores. Estas morfoespecies varían entre las localidades (Tabla 4), sin embargo la frecuencia de visitas a lo largo del día es más o menos similar ya que la mayor frecuencia se registró a las 13-14 h para todas las poblaciones (Fig. 6). Observaciones preliminares sobre la eficiencia de los polinizadores sugieren que ésta es alta ya que no se detectaron flores sin polinizar. El número de semillas/fruto es variable, aunque no se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones ($\text{Chi}^2 = 3.1$, g. l. 2, $p = 0.21$; Tabla 5). Los frutos maduros son dehiscentes y no se observó la presencia de ningún insecto que pudiera potencialmente dispersar las semillas. Debido a lo anterior, es posible suponer que factores físicos como el agua, el viento o la gravedad podrían ser los principales agentes dispersores de las semillas. La dispersión a corta distancia por alguno de estos factores podría explicar el patrón de distribución espacial encontrado en las poblaciones (ver sección 2.3 Situación de la población).

2.7 Amenazas

Con base en la literatura y las observaciones en campo es posible afirmar que las principales amenazas que afectan esta especie son antropogénicas. En este sentido, la extracción ilegal realizada por aficionados puede ser considerada como la principal amenaza. Anderson *et al.* (1994) mencionan que en el año de 1979 dos europeos fueron encontrados colectando plantas en Bernal. Desafortunadamente, en la actualidad esta actividad aún continúa pues el responsable del proyecto y un colaborador se encontraron con un grupo de 7 ciudadanos alemanes mientras trabajaban en Ixmiquilpan. Al frente de este grupo venía el Sr. Alfonso Lausser, quien al parecer conoce perfectamente la biología de las plantas de este género así como las localidades en las que crecen. Prueba de ello es el hecho de que el grupo apareció en dos de las tres localidades de estudio justo en los meses que corresponden con la

floración de las plantas. Asimismo, el Sr. Lausser proporcionó información sobre otras localidades en las que crece esta especie. Dicho grupo de alemanes permaneció en nuestro país por un periodo de *ca.* 2 meses ya que durante todo este tiempo se encontraron evidencias de sus actividades tanto en Bernal como en Ixmiquilpan. Un hecho importante que es necesario destacar por sus efectos negativos para las poblaciones, es el relacionado con la colecta de semillas. En este sentido, durante su permanencia en nuestro país este grupo se dedicó a ubicar plantas con flores para marcarlas y revisarlas con el fin de colectar frutos maduros. Desgraciadamente, muchos de estos frutos no alcanzaron la madurez antes de que el grupo partiera por lo que colectaron el ápice de las plantas junto con los frutos en desarrollo para así tratar de obtener semillas maduras. Las plantas sin ápice no sobreviven ya que no presentan ninguna aréola que les permita producir nuevas ramas. Las observaciones realizadas en campo permitieron encontrar dos plantas sin ápice en la población de Bernal, mientras que en Ixmiquilpan se encontraron cinco.

Además de la extracción ilegal, en la población de Bernal existen otras amenazas como la presencia de asentamientos humanos cerca del lugar en donde crecen las plantas, la extracción de materiales para la construcción y el pastoreo de ganado caprino. No obstante lo anterior, la importancia relativa de estas amenazas es menor en comparación con la extracción ilegal. En el caso de la población de Ixmiquilpan el pastoreo de ganado caprino también podría considerarse como una amenaza para la población. De todas las localidades estudiadas, Zimapán es la menos amenazada debido a que aún no es conocida por los aficionados.

Las amenazas relacionadas con las interacciones negativas que se establecen con otros organismos no tienen un efecto significativo sobre las poblaciones. En este

sentido, se observó que las flores y los frutos pueden ser depredados por larvas y adultos de insectos. Sin embargo, la proporción de estructuras reproductivas encontradas con este tipo de daño fue baja. Asimismo, a lo largo de siete meses de trabajo de campo la tasa de mortalidad de las plantas adultas fue prácticamente de cero.

Los resultados sobre germinación mostraron que además de las amenazas, existen otras características propias de la especie que pueden afectar la permanencia de las poblaciones ya que limitan el reclutamiento de nuevos individuos. En este sentido, el experimento de laboratorio mostró que existen diferencias significativas en el porcentaje de germinación para las distintas poblaciones analizadas ($\text{Chi}^2 = 16.1$, g. l. 2, $p = 0.00032$). Las semillas de Zimapán presentaron la mayor proporción de germinación (66%), la cual fue significativamente diferente de la obtenida con semillas de Bernal (49%). Por otra parte, las semillas de Ixmiquilpan tuvieron la proporción de germinación más baja (38%), sin embargo no fueron significativamente diferentes de las otras dos localidades. Con respecto a la tasa de germinación, el análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas en el número de semillas germinadas/día entre las poblaciones ($\text{Chi}^2 = 32.37$, g. l. 2, $p < 0.00001$, Fig. 7). Las semillas de Zimapán presentaron la mayor tasa de germinación (0.172 ± 0.012) difiriendo significativamente de las tasas obtenidas para Bernal (0.121 ± 0.008) e Ixmiquilpan (0.107 ± 0.012). Entre estas dos últimas poblaciones no existieron diferencias significativas. En términos generales, los resultados anteriores sugieren que el proceso de germinación de *T. pseudomacrochele* es un proceso lento que requiere >15 días para alcanzar porcentajes de germinación de alrededor del 50% (Fig. 7). En este sentido, la

permanencia prolongada de las semillas en el suelo incrementa el riesgo de depredación de las semillas y/o plántulas por diversos grupos de organismos como insectos, mamíferos y patógenos. Lo anterior, afecta negativamente la probabilidad de establecimiento de nuevos individuos en las poblaciones. De la misma manera, es importante considerar que el experimento de germinación se realizó en condiciones constantes de luz, temperatura y humedad por lo que es posible esperar que la proporción de semillas germinadas así como la tasa de germinación sean menores en condiciones de campo.

3. Utilización y comercio

3.1 Utilización nacional

Las plantas de esta especie de cactácea son usadas principalmente como plantas de ornato por aficionados y coleccionistas profesionales. Debido a lo anterior, existe una gran demanda de estas plantas tanto a nivel nacional como internacional. A nivel nacional, de acuerdo con la información proporcionada por la Dirección General de Vida Silvestre, existen 5 viveros que se dedican a la propagación de esta especie (Apéndice 1).

A nivel internacional, los resultados de la búsqueda en Internet mostraron un total de 106 'páginas web' con información relacionada con *T. pseudomacrochele* (Apéndice 2). El número de países al que pertenecen estas páginas es de ca. 15 entre los que se encuentran Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Italia, Japón y República de Checoslovaquia, entre otros. Del total de páginas encontradas, 61 fueron clasificadas de acuerdo con las categorías propuestas (*i. e.*, Fotos, Localidades, Semillas, Plantas y Otros), mientras que las restantes 45 no pudieron clasificarse debido a que no aportaban información relevante o bien, estaban escritas en idiomas como el ruso,

japonés o checoslovaco. La mayoría de las páginas contenía fotos de plantas pertenecientes a colecciones particulares (44.3%) así como información para la venta de plantas (27.9%) y semillas (16.4%). Solamente se encontró una página que proporcionaba información sobre las localidades en las que crecen las plantas en nuestro país (Fig. 8).

3.2 Reproducción artificial con fines comerciales (fuera del país de origen)

De acuerdo con Lüthy (2001), la propagación de esta especie de cactácea con fines comerciales se lleva a cabo en invernaderos de otros países tales como Alemania, España, República de Checoslovaquia y Suiza.

4. Conservación y gestión

No se encontró información relacionada con la existencia de programas, a nivel estatal o federal, para la conservación de esta especie ni tampoco para la protección de su hábitat. Sin embargo, en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey (ITESM) *campus* Querétaro se realizó un proyecto de propagación de esta especie empleando técnicas de cultivo de tejidos con fines de conservación y comercialización. La única información encontrada con respecto a los resultados obtenidos fue la descripción de la técnica más exitosa para la propagación de esta especie. Se desconocen otros avances y/o resultados de este proyecto.

Con relación al movimiento nacional e internacional de los especímenes del género *Turbincarpus*, la información proporcionada por PROFEPA muestra que en distintos años han sido asegurados cargamentos con plantas en diferentes estados de la república mexicana así como en otros países (Tabla 6).

5. Información sobre especies similares

Las especies de cactáceas con las cuales es posible confundir a *T. pseudomacrolele* son todas aquellas que pertenecen al mismo género. En este sentido, existe la posibilidad de que una persona inexperta sea capaz de distinguir esta especie, sin embargo es importante considerar que todos los taxa del género *Turbinicarpus* están listados en el Apéndice I de CITES. La guía para la identificación de cactáceas amenazadas elaborada por Glass (1998) proporciona información básica para distinguir a esta planta de las otras especies del género.

6. Observaciones complementarias

7. Referencias

En esta sección se presentan además de las referencias mencionadas en la ficha, otras existentes en la literatura en las cuales se puede encontrar información relacionada con diversos aspectos de la biología de la especie estudiada.

Anderson, E. F. 1986. A revisión of the genus *Neolloydia* Britton y Rose (Cactaceae).

Bradleya 4:1-28.

Anderson, E. F., Arias, S. y Taylor, N. P. 1994. *Threatened cacti of Mexico*. Royal Botanic Gardens, Kew. England.

Bravo-Hollis, H. y Sánchez-Mejorada, H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. 1.

Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Bravo-Hollis, H. y Sánchez-Mejorada, H. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol. 2.

Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Cote, D. 1981. *Turbinicarpus*: Growing tiny plants for a large reward. *Cactus and Succulent Journal* (55):244-245.

Faint, M. 2000. *Turbinicarpus* Information Exchange – Information on Cacti of Genus

Turbinicarpus. <http://www.mfaint.demon.co.uk/cactus/turbo/>

Glass, C. E. 1998. *Guía para la identificación de cactáceas amenazadas de México*.

Vol. 1. CONABIO. Ediciones Cante. México.

Guzmán, U., Arias, S., y Dávila, P. en prep. *Catálogo de cactáceas mexicanas*.

Hunt, D. 1992. *CITES. Cactaceae Checklist*. Royal Botanic Gardens & IOS. Kew.

England.

Lüthy, J. M. 2001. *The cacti of CITES. Appendix I*. CITES, Berna.

Perndl, H. 2001. *Turbinicarpus pseudomacrochele* und seine infraspezifischen Taxa –

Teil II. *Turbi-Now* No. 10:3-9.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México.

Sedesol. 1994. *Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL-94*. Diario Oficial de la

Federación No. 488. México.

Tabla 1. Características generales de las localidades en las que se encontró creciendo a *Turbnicarpus pseudomacrochele*.

Localidad	Coordenadas Geográficas	Altitud (msnm)	Tipo Vegetación	Suelo
Querétaro				
Bernal	20° 45' 14.2" N 99° 55' 34.9" W	2091	Matorral xerófilo	Derivado de roca caliza
Hidalgo				
Zimapán	20° 40' 24.3" N 99° 30' 12.0" W	1845	Matorral rosetófilo	Derivado de roca caliza
Ixmiquilpan	20° 36' 31.5" N 99° 06' 09.5" W	2077	Matorral xerófilo	Derivado de roca caliza

Tabla 2. Densidad (plantas/m²), diámetro (mm) y número de ramas de *Turbinicarpus pseudomacrole* creciendo en distintas localidades de los estados de Querétaro e Hidalgo. Para cada columna los valores con las mismas letras no difieren significativamente entre sí. E. E. = 1 error estándar.

Localidad	Densidad (E. E.)	N	Diámetro (E. E.)	Ramas (E. E.)	N
Querétaro					
Bernal	1.6 a (0.3)	12	21.3 a (2.1)	1.3 a (0.2)	19
Hidalgo					
Zimapán	5.3 b (1.1)	15	46.4 b (6.2)	4.7 b (0.8)	79
Ixmiquilpan	2.7 a (0.5)	21	14.2 a (0.8)	1.04 a (0.02)	56

Tabla 3. Patrón de distribución espacial de *Turbinicarpus pseudomacrochele* en tres localidades de los estados de Querétaro e Hidalgo.

Localidad	Índice de Dispersión	N	Chi- cuadrada	Valores Críticos 0.975 – 0.025	Patrón de Distribución
Querétaro					
Bernal	0.63	12	6.9	3.8 – 21.9	Aleatorio
Hidalgo					
Zimapán	3.19	15	44.7	5.6 – 26.1	Agregado
Ixmiquilpan	1.78	21	35.6	9.6 – 34.2	Agregado

Tabla 4. Visitantes florales de *Turbinicarpus pseudomacroechele* en tres localidades de los estados de Querétaro e Hidalgo.

Orden	Familia	Especie	Localidad		
			Bernal	Zimapán	Ixmiquilpan
Coleoptera	Buprestidae	Morfoespecie 1		X	
	Nitidulidae	Morfoespecie 1			X
Hymenoptera	Andrenidae	Morfoespecie 1		X	
		Morfoespecie 2	X		
	Formicidae	<i>Paratrechina</i> sp.	X		
	Halictidae	Morfoespecie 1	X		
		Morfoespecie 2	X		X
	Megachilidae	Morfoespecie 1		X	
		Morfoespecie 2	X		X

Tabla 5. Número de semillas por fruto para tres poblaciones de *Turbinicarpus pseudomacrochele* creciendo en distintas localidades de los estados de Querétaro e Hidalgo. Los valores con las mismas letras no difieren significativamente entre sí. E. E. = 1 error estándar.

Localidad	Promedio \pm E. E.	N
Bernal	31.1 \pm 3.8 a	17
Zimapán	25.8 \pm 1.9 a	22
Ixmiquilpan	33.2 \pm 4.3 a	16

Tabla 6. Aseguramientos y repatriaciones de *Turbinicarpus* spp. según datos proporcionados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Año	No. Plantas	Estado
1996	4	Nuevo León
1997	6	Morelos
2000	118	Holanda, Checoslovaquia
2001	279	Nuevo León
Total	204	

Apéndice 1. Lista de viveros en los que se propaga la cactácea *T. pseudomacroechele* según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Dirección General de Vida Silvestre.

1. Vivero "Cactus" MX/VIV-CO-017-JAL. Carr. Ajijic-San Juan Cosola, Km. 60.5, 45920, Ajijic, Jal.

2. Quinta Fernando Schmoll MX/VIV-CO-006-QRO, Calzada de La Quinta S/N, Cadereyta, C.P. 76500, Querétaro.

3. Cultivadores de Cactus de México S.A. de C.V. MX/VIV-CO-009-PUE. Km. 4 San Bernardino, Tlaxcalancingo, Entre Av. Independencia y Periférico, Puebla, Cholula, Puebla / Av. Independencia 1607, Col. Santa Maria Texmanitla, C.P. 72820, Tlaxcalancingo. Puebla.

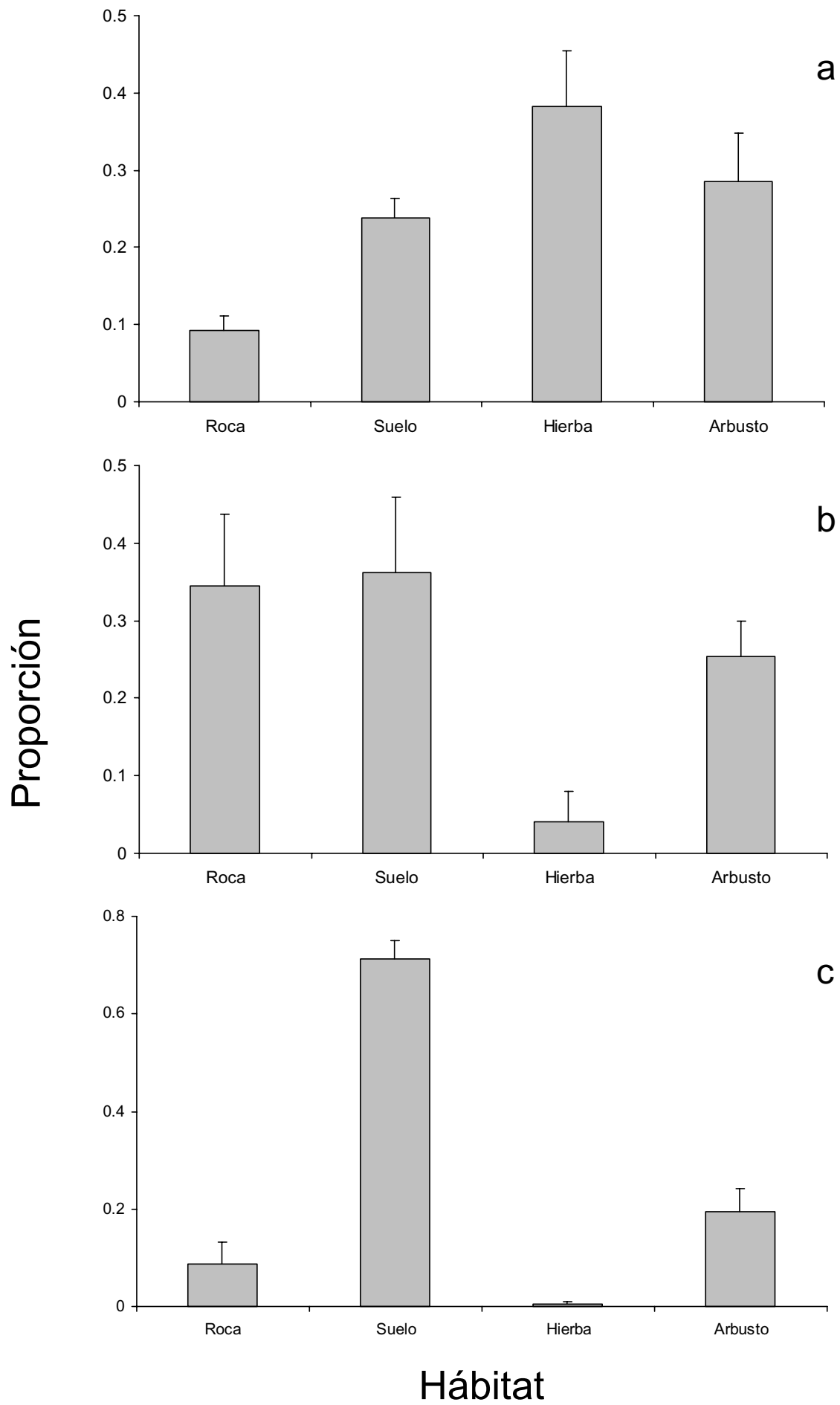
4. Mic. Cactu MX/VIV-CO-014-QRO. Av. San José L.8 Mz. VII, Col. Granjas Residenciales de Tequisquiapan, Tequisquiapan, Qro.

5. El Charco del Ingenio MX/VIV-CO-209-GTO Jesús 32, Centro, C. P. 37700, San Miguel de Allende, Gto.

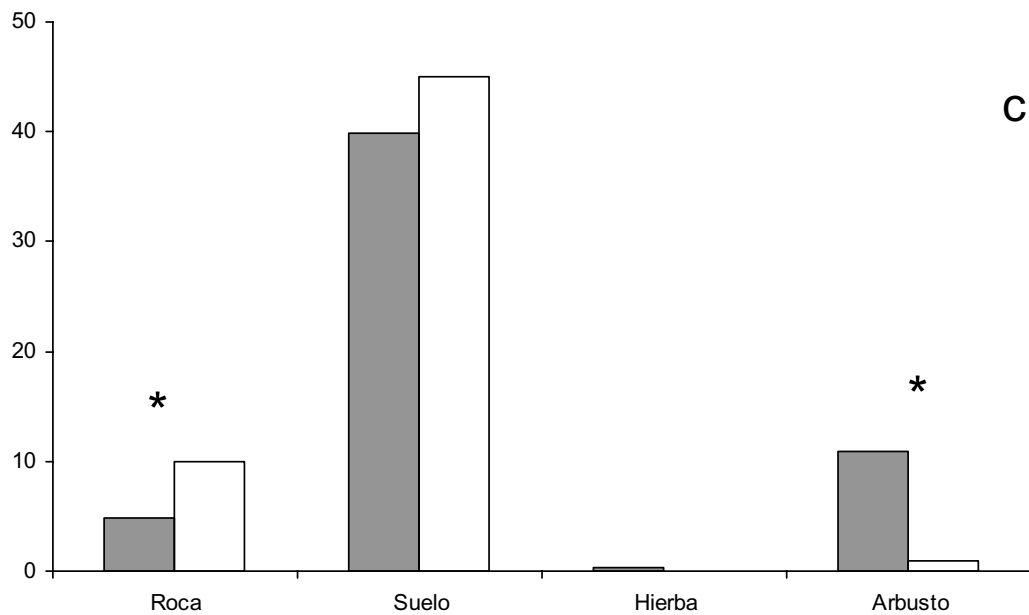
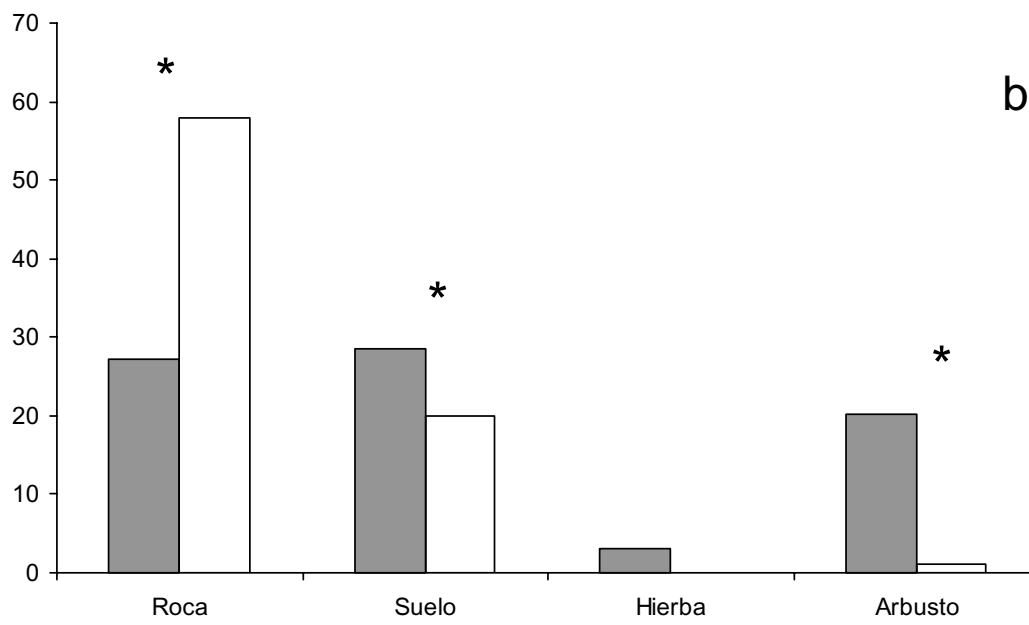
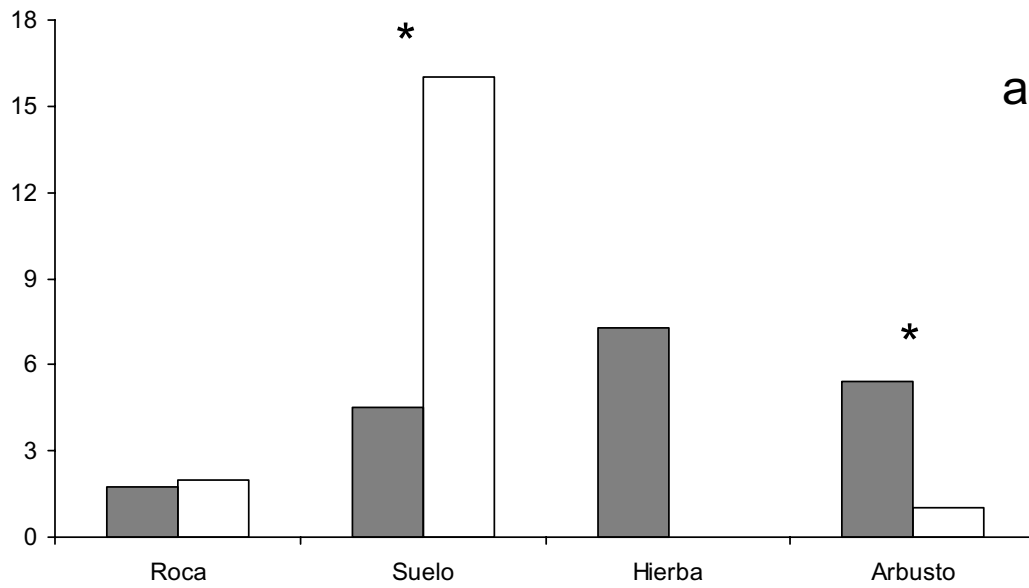
Apéndice 2. Páginas encontradas en Internet con información sobre diversos aspectos de *T. pseudomacrochele*.

1. <http://www.cactusandsucculent.org>
2. <http://mitglied.lycos.de>
3. <http://www.cactopathe.com>
4. <http://www.desert-tropicals.com>
5. <http://members.lycos.co.uk>
6. <http://www.cactuscollection.net>
7. <http://www.mfaint.demon.co.uk>
8. <http://www.biotox.cz>
9. <http://www.chilternhillscacti.freemove.co.uk>
10. <http://www.paul.enders.claranet.de>
11. <http://www.geocities.com>
12. <http://www.boku.ac.at>
13. <http://j.hueser.bei.t-online.de>
14. <http://cactus.at>
15. <http://digilander.iol.it>
16. <http://home.pages.at>
17. <http://www.geocities.co.jp>
18. <http://www.jtr.de>
19. <http://www.cactustn.com>
20. <http://www.oldmancactus.com>
21. <http://space.tin.it>
22. <http://www.gnosticgarden.com>
23. <http://www.cactus-co.com>
24. <http://www.kaktuseklubi.org.ee>
25. <http://www.bcsl-liverpool.pwp.blueyonder.co.uk>
26. <http://www.jp29.org>
27. <http://www.cactusland.com>
28. <http://www.drovandi.it>
29. <http://www.vzlotin.boom.ru>
30. <http://www.suculentas.com>
31. <http://website.lineone.net>
32. <http://www.kaktusy.nets.pl>
33. <http://www.desertsong.com>
34. <http://members.aon.at>
35. <http://www.seedsearch.demon.co.uk>
36. <https://www.burleehost.com>
37. <http://www.gro.itesm.mx>
38. <http://www1.vc-net.ne.jp>
39. <http://www.shaboten.com>
40. <http://www.pungilandia.com>
41. <http://www.psiconautica.org>
42. <http://www.xenopharmacophilia.com>

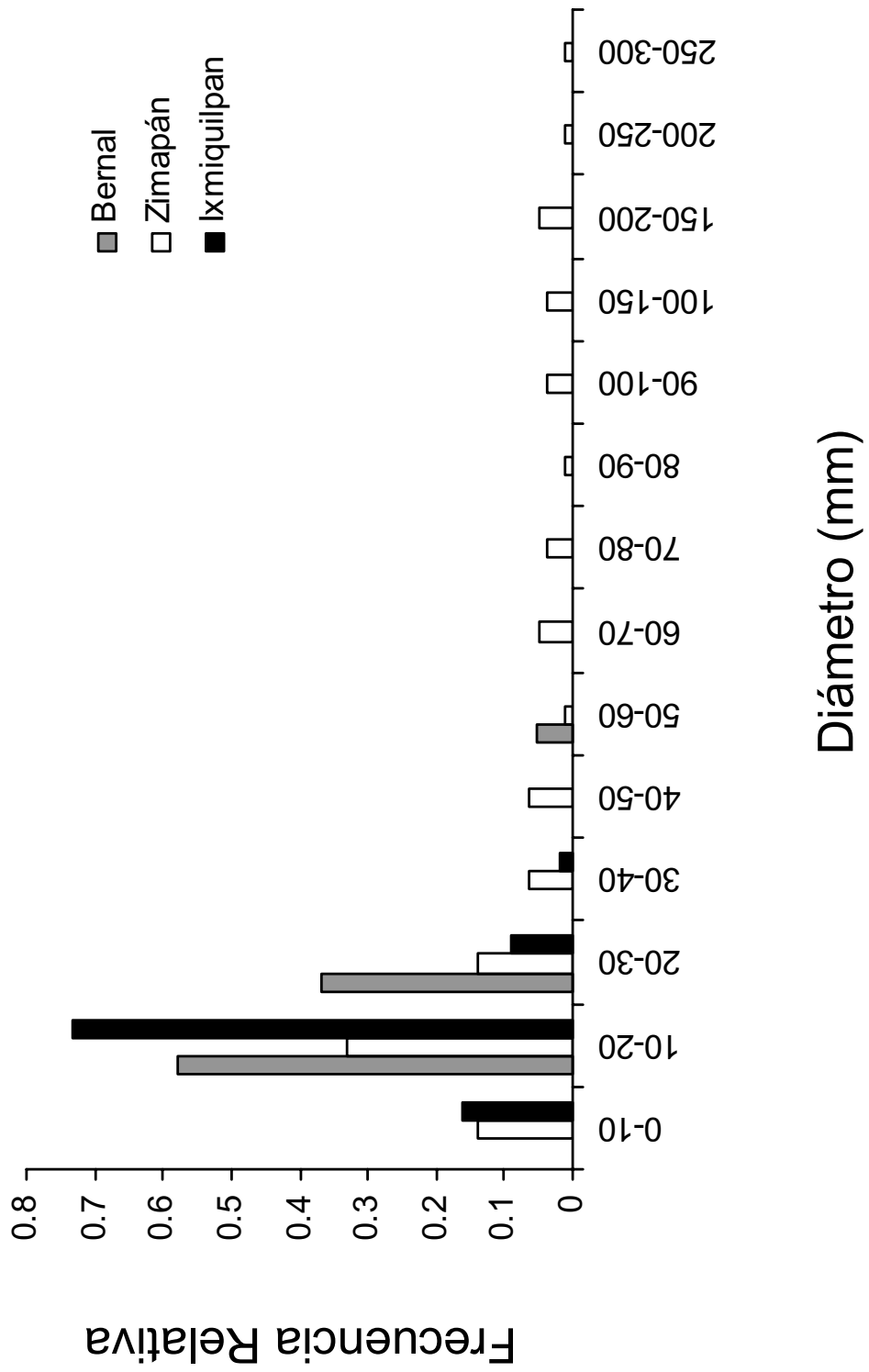
43. <http://www.cactus-mall.com>
44. <http://www.seedsonline.com>
45. <http://www.cactusspecialties.com>
46. <http://www.panarottocactus.com>
47. <http://www.lithops.net>
48. <http://www.miles2go.com>
49. <http://www.uhlig-kakteen.com>
50. <http://home.t-online.de>
51. <http://www.aiaps.org>
52. <http://www.croston-cactus.co.uk>
53. <http://www.sinix.net>
54. <http://www.sunrisenursery.com>
55. <http://www.cactus-co.org>
56. <http://www.mesagarden.com>
57. <http://lecactusurbain.free.fr>
58. <http://www.thater.net>
59. <http://www.fhnavajo.com>
60. <http://www.agbina.ru>
61. <http://www.b-and-t-world-seeds.com>



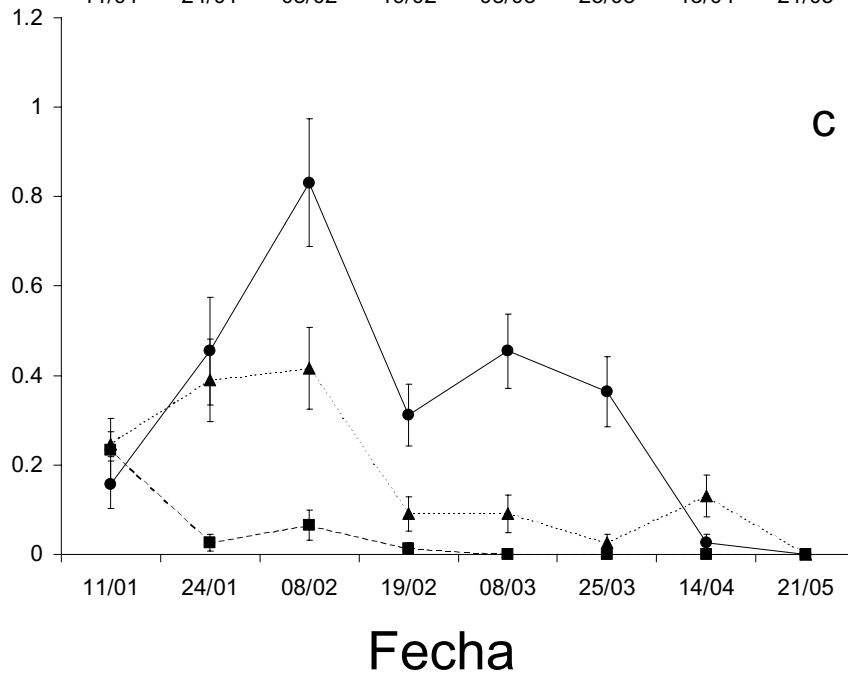
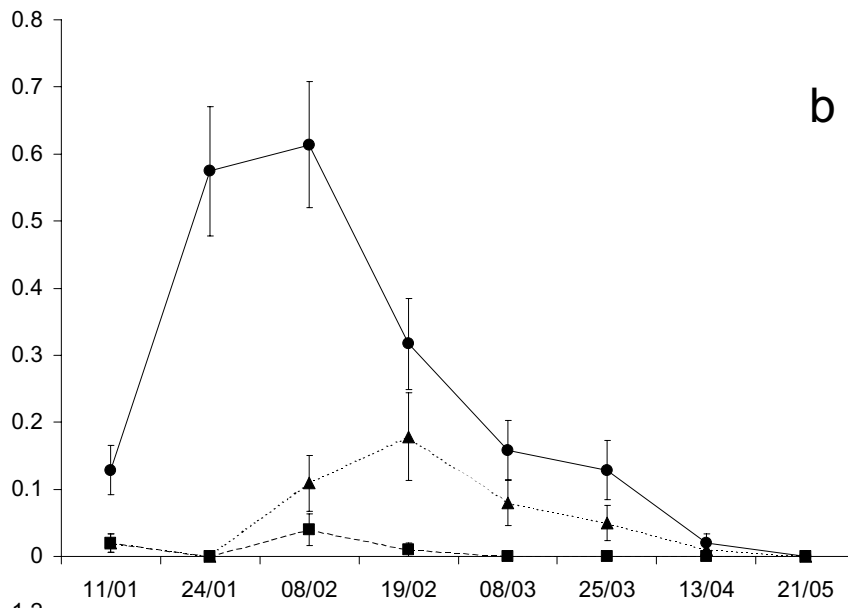
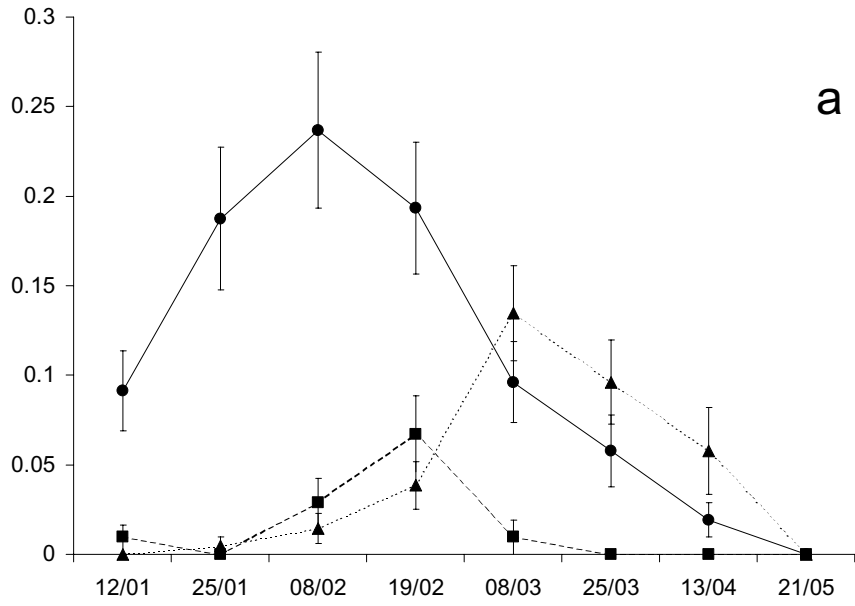
Número de Plantas



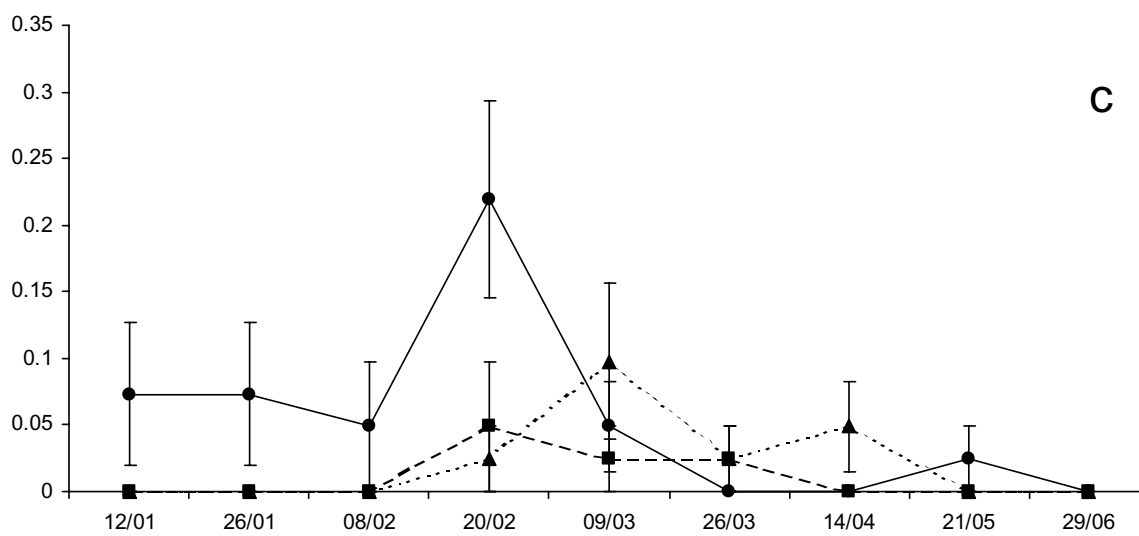
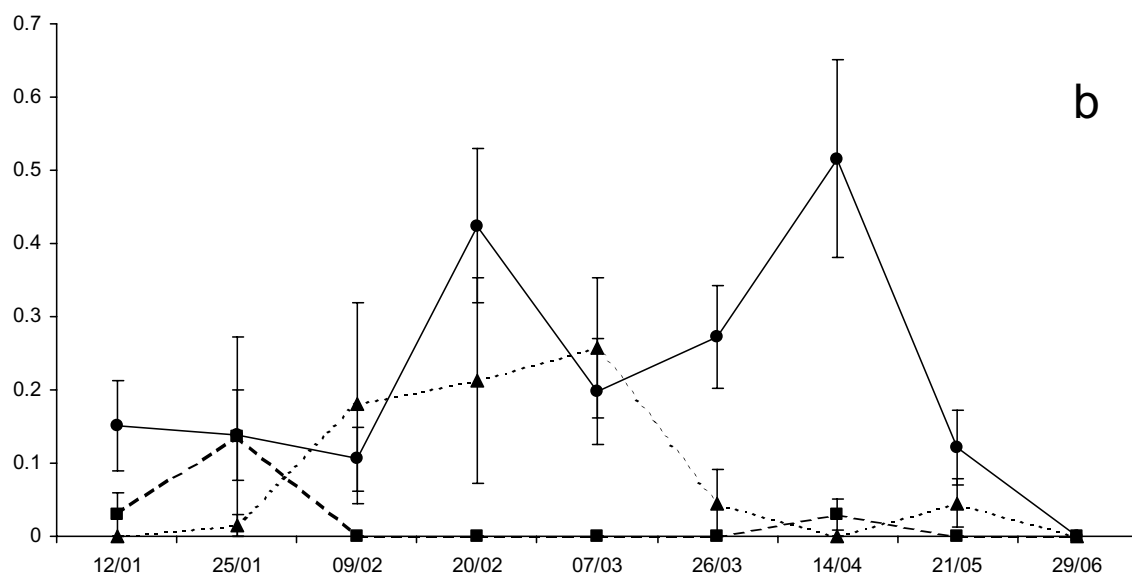
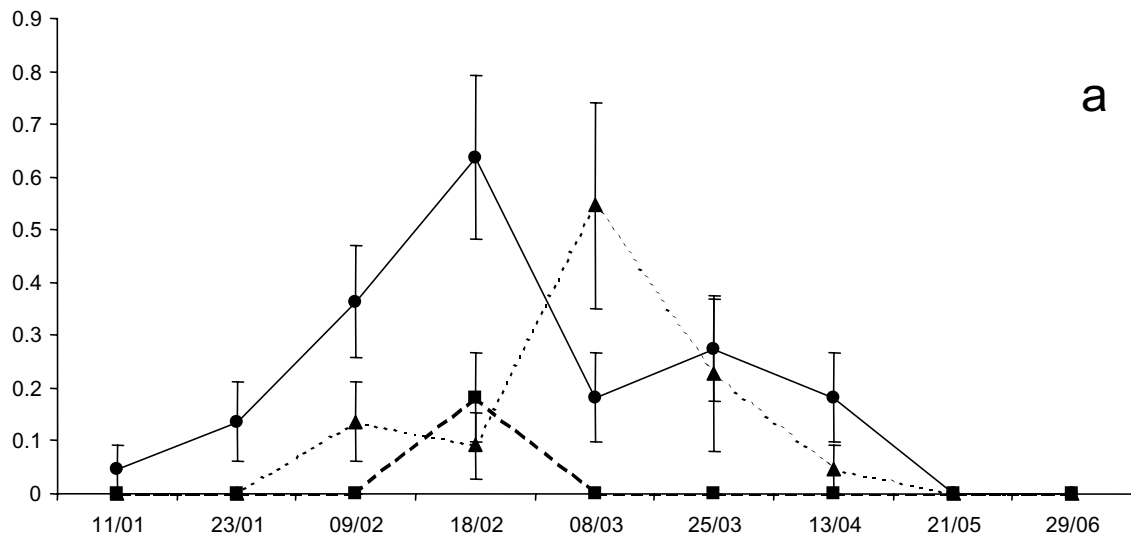
Hábitat



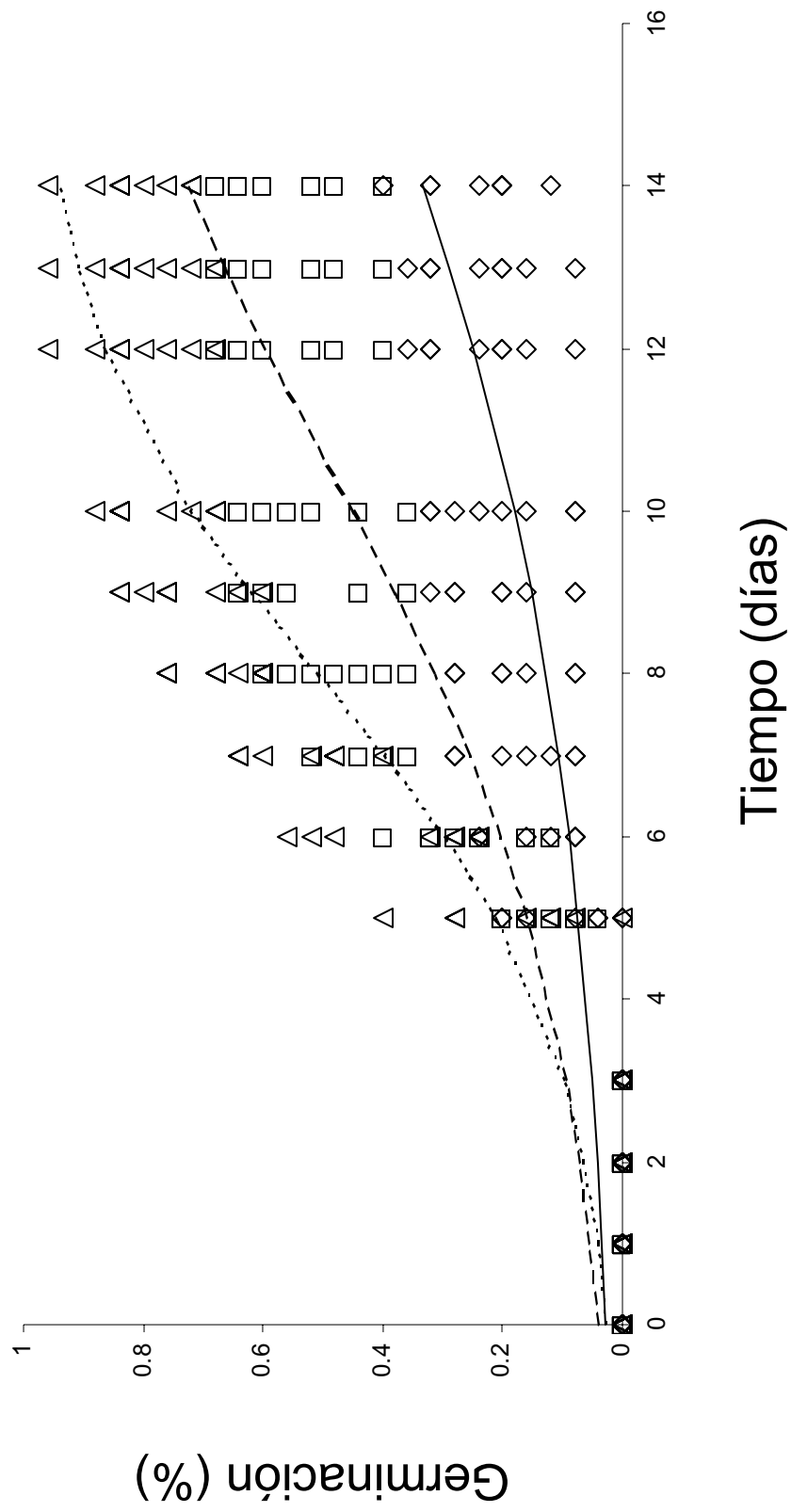
No. Estructuras Reproductivas / Planta

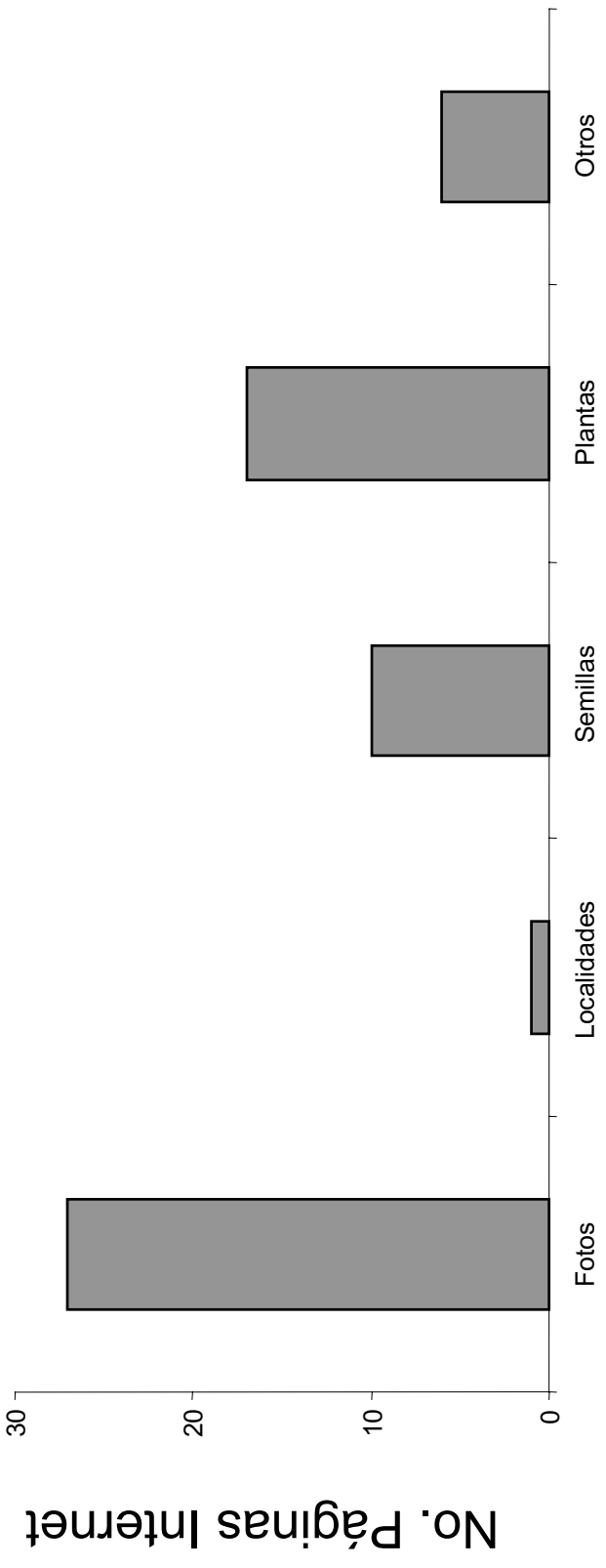


No. Estructuras Reproductivas / Planta

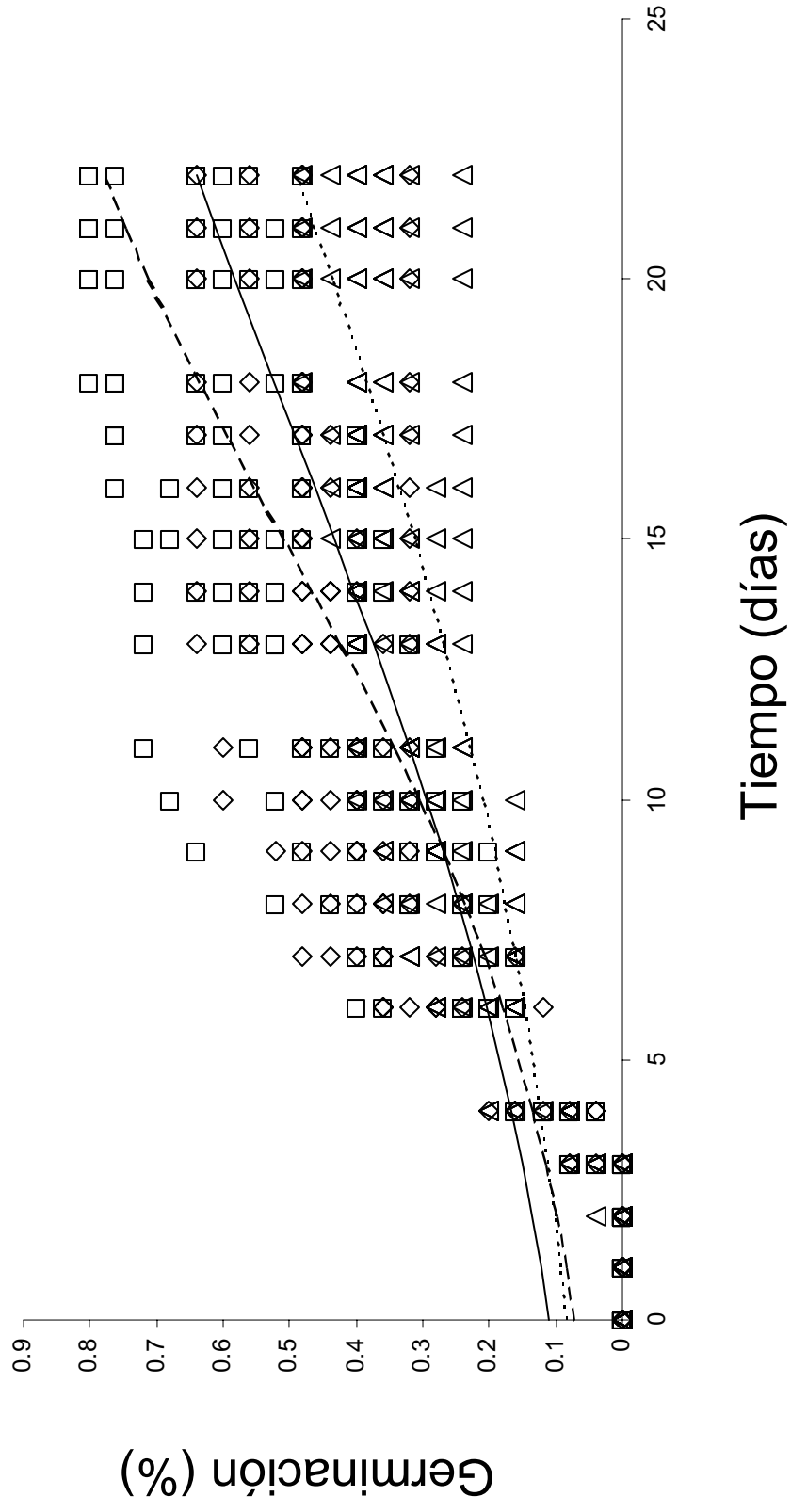


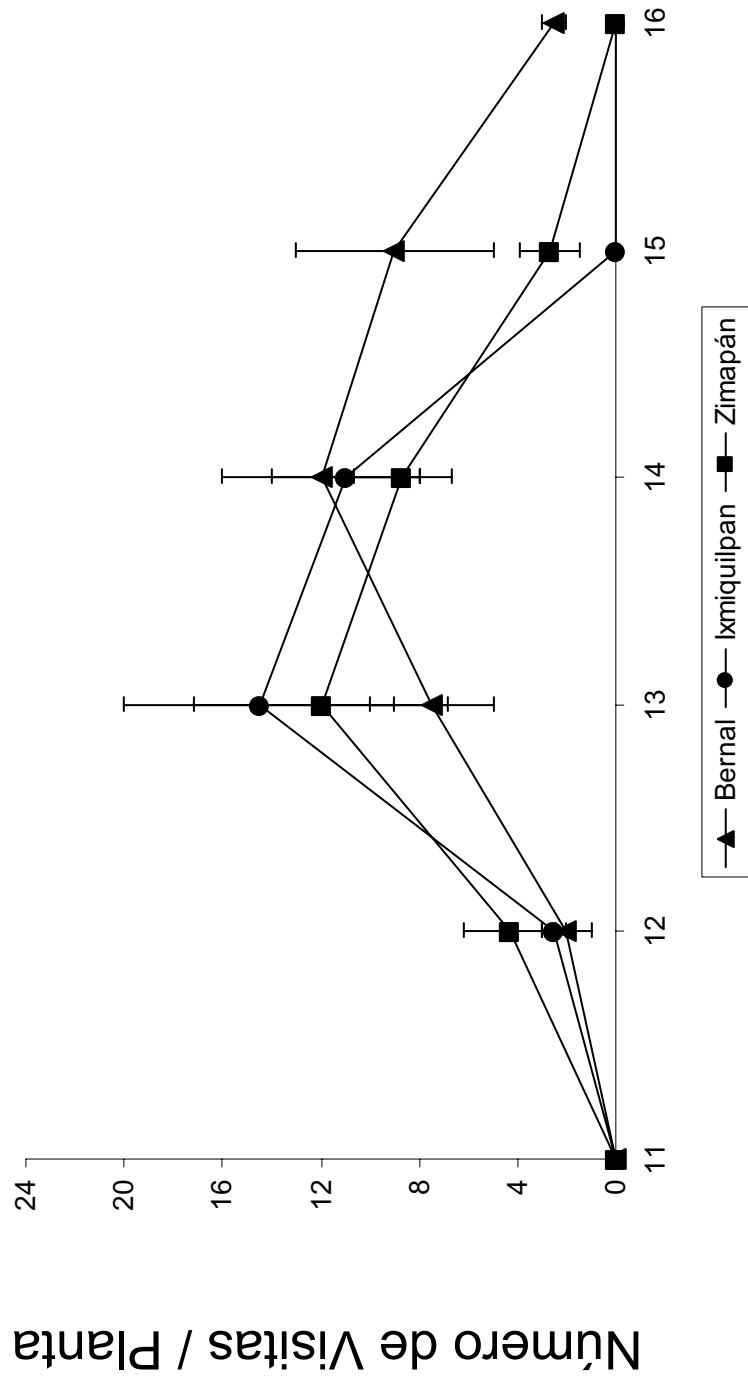
Fecha



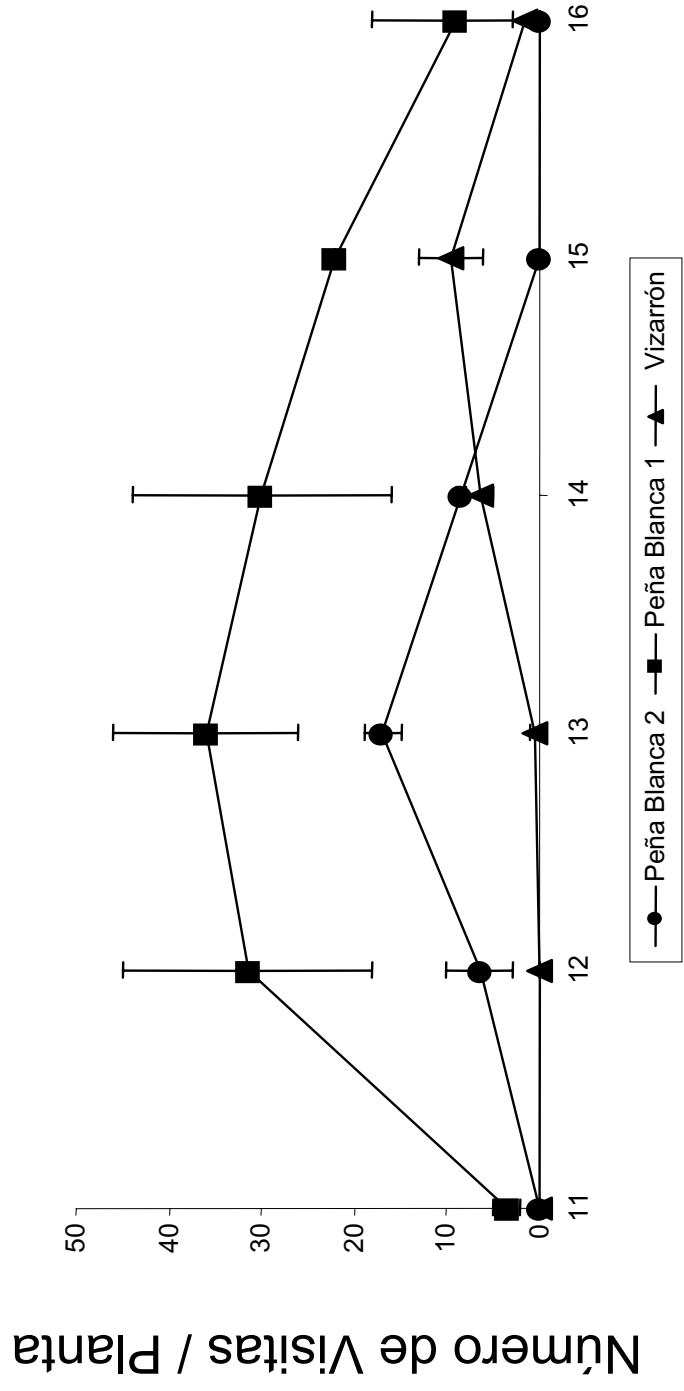


Categorías





Hora del Día



Hora del Día

Leyendas de las Figuras

Figura 1. *Turbinicarpus pseudomacrochele* creciendo en Zimapán, Hidalgo.

Figura 2. Proporción de hábitat disponible para el crecimiento de *T. pseudomacrochele* en Bernal (a), Zimapán (b) e Ixmiquilpan (c).

Figura 3. Número de plantas de *T. pseudomacrochele* observado (barras blancas) y esperado (barras grises) en distintos hábitats de Bernal (a), Zimapán (b) e Ixmiquilpan (c). Los asteriscos indican diferencias significativas entre los valores observados y los esperados.

Figura 4. Estructuras de tamaños de *T. pseudomacrochele* en tres localidades de los estados de Querétaro e Hidalgo.

Figura 5. Fenología reproductiva de *T. pseudomacrochele* en Bernal (a), Zimapán (b) e Ixmiquilpan (c). Botones florales: línea continua y círculo, Flores: línea discontinua y cuadros, Frutos: línea punteada y triángulos.

Figura 6. Frecuencia de visitas a las flores de *T. pseudomacrochele* en tres localidades de los estados de Querétaro e Hidalgo.

Figura 7. Germinación de semillas de *T. pseudomacrochele* obtenidas de diferentes localidades de los estados de Hidalgo y Querétaro. Los símbolos y las líneas se refieren a los datos observados y la regresión logística ajustada, respectivamente. Bernal: rombos y línea continua, Zimapán: cuadros y línea discontinua, Ixmiquilpan: triángulos y línea punteada.

Figura 8. Número de 'páginas web' con información sobre distintos aspectos de *T. pseudomacrochele*.

STROMBOCACTUS DISCIFORMIS

1. Taxonomía

1.1 Clase: Angiospermae

1.2 Orden: Caryophyllales

1.3 Familia: Cactaceae

1.4 Nombre científico: ***Strombocactus disciformis*** (DC.) Britton y Rose, 1922.

Plantas simples o cespitosas; tallos globosos aplanados, globosos o cilíndricos, de 1 a 15 cm de altura y de 1.5 a 12 cm de diámetro, verde glauco a verde grisáceo; tubérculos romboidales a piramidales, de 7 a 15 mm de altura, duros; aréolas circulares a elípticas, de ca. 2 mm de largo. Espinas de un solo tipo, 1-5 de 1.3-2.3 cm de largo, rectas o encorvadas, blanco grisáceas, con la edad caducas. Flores apicales, infundibuliformes, de 2 a 3.5 cm de largo, blanquecinas a rojo purpúreas; pericarpelo con pequeñas brácteas; fruto ovoide, de 6-12 mm de largo, dehiscente, semiseco, con pequeñas brácteas; semillas globosas, de 0.3 a 0.5 mm de diámetro, con estrofiolo, pardas; testa tuberculada (Fig. 1).

Actualmente en esta especie se reconocen dos subespecies cuyos nombres científicos, autores y año de su descripción son:

Strombocactus disciformis* ssp. *disciformis

Strombocactus disciformis* ssp. *esperanzae Glass y S. Arias, 1996.

1.5 Sinónimos científicos:

Strombocactus disciformis* ssp. *disciformis

Mammillaria disciformis DC., 1828; *Echinocactus disciformis* (DC.) K. Schum. in Engl. y

Prantl, 1894; *Ariocarpus disciformis* (DC.) W. T. Marshall, 1946; *Pediocactus*

disciformis (DC.) Halda, 1998; *Echinocactus turbiniformis* Pfeiff., 1838;

Strombocactus turbiniformis (Pfeiff.) ND; *Strombocactus turbiniformis* (Pfeiff.) ND var. *seidelii* Fric, ND; *S. disciformis* (DC.) Britton y Rose var. *seidelii* (Fric) Crkal, 1983; *Strombocactus jarmilae* Halda, 1996; *Ariocarpus disciformis* (DC.) W. T. Marshall ssp. *jarmilae* (Halda) Halda, 1998; *Strombocactus disciformis* (DC.) Britton y Rose ssp. *jarmilae* (Halda) Halda, 1997; *Pediocactus jarmilae* (Halda) Halda, 1998; *Strombocactus disciformis* (DC.) Britton y Rose fa. *minimus* Don Pedro y Riha, 1997.

Strombocactus disciformis* ssp. *esperanzae

Strombocactus disciformis (DC.) Britton y Rose var. *esperanzae* (Glass y S. Arias) Don Pedro y Riha, 1997

Strombocactus pulcherrimus Halda, 1996; *Ariocarpus pulcherrimus* (Halda) Halda, 1998; *Pediocactus pulcherrimus* (Halda) Halda, 1998.

1.6 Nombres comunes: “peyote”

1.7 Categoría en CITES: Apéndice I

2. *Parámetros biológicos*

2.1 Distribución

S. disciformis se distribuye en los estados de Guanajuato, Hidalgo y Querétaro. En particular, la subespecie *disciformis* se localiza en Hidalgo y Querétaro, en cañones de los afluentes de la cuenca del río Moctezuma (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada 1978, Anderson *et al.* 1994, Guzmán *et al.* en prep.), mientras que la subespecie *esperanzae* ha sido reportada solamente en el estado de Guanajuato (Glass y Arias 1996, Guzmán *et al.* en prep.). La única localidad encontrada considerando la información obtenida en los principales herbarios de la Cd. de México (*i. e.*, Herbario del Instituto de Biología (MEXU), UNAM; Herbario de Botánica (ENCB), IPN y Herbario de Ciencias Forestales (CHAPA), Universidad Autónoma de Chapingo) está en el camino a

Peña Blanca, a la derecha de Río Seco a una altitud de 1410 msnm, en el municipio de Cadereyta, Querétaro (ENCB, Colector: L. Scheinvar y col., Fecha: 28-VII-1979, No. Registro 2374). Anderson *et al.* (1994) mencionan que el rango total de distribución de esta especie nunca ha sido determinado. Sin embargo, estos autores estiman que el rango de distribución puede ser de cerca de 250 km². Asimismo, estos autores (Anderson *et al.* 1994) mencionan que diversas localidades en el estado de Querétaro han sido estudiadas pero no proporcionan ningún tipo de referencia. Actualmente, las localidades encontradas en el proyecto son tres, una localizada al norte de Vizarrón y dos al sur de Peña Blanca, en el estado de Querétaro (Tabla 1). Con la información existente hasta el momento no es posible determinar si la distribución de esta especie es continua o no. Sin embargo, es posible suponer que no lo es ya que las localidades conocidas están separadas por varios kilómetros de distancia y ubicadas en diferentes altitudes. De la misma manera, las características de las semillas sugieren que la dispersión es realizada por hormigas por lo que el transporte de las mismas podría ser limitado (Bregman 1988).

El tipo de vegetación en el que se encuentra esta planta es el matorral xerófilo (Anderson *et al.* 1994). Algunas especies de plantas presentes en este tipo de vegetación son *Larrea tridentata*, *Prosopis glandulosa*, *Hechtia glomerata*, *Jatropha dioica*, *Echinocactus platyacanthus*, *Thelocactus leucacanthus*, *Astrophytum ornatum*, *Lophophora diffusa*, *Coryphantha erecta*, *Fouquieria splendens*, *Opuntia microdasys*, *O. imbricata*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Stenocereus* spp. (Anderson *et al.* 1994). En las localidades encontradas en el proyecto (Tabla 1) el tipo de vegetación corresponde con el matorral xerófilo de acuerdo con lo propuesto por Rzedowski (1978).

2.2 Hábitat disponible

S. disciformis crece en paredes de lajas de origen calcáreo, con pendientes pronunciadas, a lo largo de los lechos de ríos o bien, en paredes de cañones o acantilados (Anderson *et al.* 1994). Los resultados obtenidos en campo muestran que los hábitats disponibles (*i. e.*, grietas en rocas, suelo desprovisto de vegetación, suelo cubierto por hierbas y suelo cubierto por arbustos) para las plantas son similares entre las distintas localidades estudiadas (Fig. 2). En todas las localidades, la cobertura vegetal es baja debido a que como se mencionó anteriormente *S. disciformis* crece en paredes con pendientes pronunciadas. De la misma manera, la proporción de rocas también es baja. Las diferencias observadas entre la distribución observada y esperada de las plantas de acuerdo con el hábitat disponible son significativas en las tres localidades (Vizarrón: $G = 537.6$, g. l. 3, $p < 0.001$; Peña Bernal 1: $G = 236.3$, g. l. 2, $p < 0.00001$; Peña Bernal 2: $G = 90.6$, g. l. 2, $p < 0.00001$) ya que las plantas crecen solamente en suelo desprovisto de vegetación. Lo anterior, sugiere que para la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas no es necesaria la presencia de árboles y arbustos que modifiquen el microambiente (Fig. 3).

2.3 Situación de la población

La situación actual de las poblaciones de *S. disciformis* varía según la localidad que se trate ya que se encontraron diferencias significativas en la densidad ($\text{Chi}^2 = 6.4$, g. l. 2, $p = 0.04175$) y el tamaño (Diámetro: $F = 43.9$, g. l. 2, 939, $p < 0.00001$) de las plantas. Con respecto a la densidad, las poblaciones de Vizarrón y Peña Blanca 1 presentaron el mayor y el menor número de individuos/m² respectivamente, mientras que la población de Peña Blanca 2 tuvo valores intermedios (Tabla 2). Sin embargo, las plantas de la población de Vizarrón son las de menor diámetro en comparación con las

de Peña Blanca 1 y 2. En todas las localidades las plantas son poco ramificadas (Tabla 2).

Los individuos en todas las poblaciones analizadas crecen agregados debido quizás a la dispersión limitada de las semillas (Tabla 3). Es importante mencionar que la determinación del patrón de distribución espacial puede variar con el tamaño y el número de los cuadrantes muestreados, sin embargo los resultados obtenidos concuerdan con las observaciones hechas sobre la dispersión de las semillas (ver secciones 2.1 Distribución y 2.6 Función de la especie en su ecosistema).

2.4 Tendencias de la población

Las estructuras de tamaños mostraron que todas las poblaciones de *S. disciformis* están compuestas por individuos de las diferentes categorías de tamaño (Fig. 4). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre las distribuciones de frecuencias ($G = 70.3$, g. l. 16, $p < 0.00001$). Así, en la población de Vizarrón las categorías de 5-10 mm, 10-15 mm, 15-20 mm y 20-25 mm concentraron >85% de los individuos. Por otra parte, el 76% de las plantas que conforman la población de Peña Blanca 1 estuvieron comprendidas entre las categorías de 5-10 mm y 25-30 mm. Esta situación contrasta con la encontrada en la población de Peña Blanca 2, en donde las categorías que presentaron la mayor proporción de individuos fueron 5-10 mm, 10-15 mm y 15-20 mm con el 61.4% y >50 mm con el 13.5%. No obstante las diferencias anteriores, es posible afirmar que el número de individuos disminuye conforme el tamaño incrementa, con excepción de la primera categoría de tamaño (Fig. 4).

La baja proporción de plantas en la categoría de 0-5 mm sugiere que el reclutamiento de nuevos individuos en todas las poblaciones está limitado por diversos

factores bióticos y abióticos que afectan la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas.

2.5 Tendencias geográficas

Debido a que *S. disciformis* ocupa hábitats muy particulares localizados en sitios inaccesibles, no se conocen todas las localidades en las que crece esta especie. Como consecuencia de lo anterior, es prácticamente imposible determinar si el área de distribución ha disminuido con el tiempo. Anderson *et al.* (1994) mencionan que en distintas localidades de Querétaro encontraron poblaciones con un alto número de individuos de todas las categorías de edad. Esta situación es similar a la encontrada en las poblaciones analizadas en las que las distintas categorías de tamaño presentaron individuos. Sin duda alguna, la especificidad del hábitat que ocupa esta especie y la inaccesibilidad de muchas de las localidades han permitido que las poblaciones de *S. disciformis* se mantengan en relativamente buenas condiciones.

2.6 Función de la especie en su ecosistema

Las observaciones sobre la época reproductiva de *S. disciformis* mostraron que hubo diferencias en el inicio y término de la floración y la fructificación entre las distintas poblaciones (Fig. 5). Lo anterior, puede deberse a las diferencias microclimáticas existentes entre los sitios analizados. En términos generales, la duración de la época reproductiva fue de ca. 5 meses, iniciando a finales de diciembre y terminando a finales de mayo (Fig. 5a-c). Durante este tiempo, solamente se observó un máximo en la producción de flores y frutos en cada una de las localidades. Así, en las poblaciones de Vizarrón y Peña Blanca 1 el mayor número de flores se presentó en la primera mitad de febrero (Fig. 5a y b), mientras que en Peña Blanca 2 la máxima floración ocurrió en la segunda mitad de enero (Fig. 5c). Con respecto a los frutos, la máxima producción en

Vizarrón y Peña Blanca 1 se alcanzó a finales de febrero y principios de marzo (Fig. 5a y b). Por otra parte, en Peña Blanca 2 la mayor fructificación se presentó a finales de enero y principios de febrero (Fig. 5c).

La proporción de individuos que se reprodujo respecto del total de plantas marcadas fue diferente en cada localidad siendo Vizarrón y Peña Blanca 2 las poblaciones con el menor (32.1%) y el mayor valor (82.8%) respectivamente. La población de Peña Blanca 1 presentó un valor intermedio con 58.3%. De acuerdo con nuestros resultados, las plantas alcanzan la madurez reproductiva a los 17-18 mm de diámetro. Durante la floración, una planta puede tener uno o varios eventos reproductivos al cabo de los cuales puede producir 1-10 frutos en total, según la población.

Las flores comienzan a abrir alrededor de las 11 de la mañana y permanecen abiertas hasta cerca de las 5 de la tarde (según horario de verano, Fig. 6). Durante todo este tiempo, las flores son visitadas por diversas morfoespecies de insectos de distintas familias las cuales varían entre las localidades (Tabla 4). El microclima afecta la frecuencia de visitas ya que en Vizarrón la mayor frecuencia se registró a las 15 h, en Peña Blanca 1 a las 12-14 h y en Peña Blanca 2 a las 13 h (Fig. 6). Observaciones preliminares sobre la eficiencia de los polinizadores sugieren que ésta es alta ya que no se detectaron flores sin polinizar. El número de semillas/fruto difiere entre las localidades siendo menor en Vizarrón en comparación con Peña Blanca 1 y 2 ($\chi^2 = 9.5$, g. l. 2, $p = 0.00855$; Tabla 5). Los frutos maduros son dehiscentes y no se detectó la presencia de ningún insecto que pudiera potencialmente dispersar las semillas. Debido a lo anterior, es posible suponer que factores abióticos como agua, viento o gravedad son los agentes dispersores. Esta suposición contrasta con la idea, basada

en características morfológicas de las semillas, de que las hormigas son los principales dispersores (Bregman 1988). La dispersión por gravedad podría explicar el patrón de distribución espacial encontrado en las poblaciones (ver sección 2.3 Situación de la población).

2.7 Amenazas

Las observaciones realizadas en campo mostraron que las condiciones particulares en las que crece *S. disciformis* determinan que las posibles amenazas para las poblaciones sean pocas. Así por ejemplo, la gran inclinación del terreno impide que la agricultura pudiera afectar la sobrevivencia de los individuos. De la misma manera, no existen asentamientos humanos cerca de las poblaciones estudiadas ni tampoco se lleva a cabo ninguna actividad de extracción de materiales para la construcción. Por el contrario, el pastoreo de ganado caprino sí puede ser una amenaza ya que la gran movilidad de estos animales les permite acceder fácilmente a los sitios en los que se encuentran las plantas (Anderson *et al.* 1994). En nuestro caso, Vizarrón fue la única población en la que se observaron hatos de chivos, sin embargo éstos se localizaban en sitios al otro lado de la carretera. Además del ganado caprino, la extracción ilegal de las plantas puede ser otra amenaza ya que esta especie es popular entre los aficionados (Anderson *et al.* 1994).

Las posibles amenazas derivadas de las interacciones negativas establecidas con otros organismos también son escasas. En este sentido, las observaciones en campo mostraron que algunos insectos pueden depredar las flores y los frutos, sin embargo la proporción es baja por lo que no afecta negativamente las poblaciones. De la misma manera, la proporción de plantas adultas muertas ha sido baja en siete meses de trabajo de campo por lo que no es posible considerarla como una amenaza.

La información anterior sugiere que existen pocas amenazas serias para *S. disciformis*, sin embargo los resultados sobre germinación sugieren que otras características propias de la especie pueden afectar la permanencia de las poblaciones. En este sentido, el experimento de laboratorio mostró que hay diferencias significativas en el porcentaje de germinación para las distintas poblaciones analizadas ($\text{Chi}^2 = 63.3$, g. l. 2, $p < 0.00001$). Las semillas de Peña Blanca 2 presentaron la mayor proporción de germinación (82%), seguidas por las semillas de Peña Blanca 1 (56%) y Vizarrón (25%). En todos los casos, las diferencias observadas entre las poblaciones fueron estadísticamente significativas. Con respecto a la tasa de germinación, el análisis estadístico mostró que existen diferencias en el número de semillas germinadas/día entre las poblaciones ($\text{Chi}^2 = 55.23$, g. l. 2, $p < 0.00001$, Fig. 7). Las semillas de Peña Blanca 2 y Vizarrón presentaron la mayor (0.452 ± 0.035) y la menor tasa de germinación (0.203 ± 0.024), respectivamente. Por el contrario, la población de Peña Blanca 1 tuvo una tasa de germinación intermedia (0.293 ± 0.031). Las diferencias entre las tres poblaciones fueron significativas. Los resultados anteriores sugieren que la germinación de las semillas de *S. disciformis* ocurre de manera diferente en las distintas poblaciones (Fig. 7). Estas diferencias pueden estar relacionadas con factores ecológicos y genéticos como la existencia de condiciones microambientales distintas o bien, diferencias en las características del sistema reproductivo. Sin embargo, es necesario realizar más trabajo de campo para evaluar las ideas anteriores. Finalmente, es importante considerar que la alta especialización del hábitat de *S. disciformis* incrementa su vulnerabilidad ya que los individuos son incapaces de establecerse en otros ambientes.

3. Utilización y comercio

3.1 Utilización nacional

Las plantas de esta especie de cactácea son usadas principalmente como plantas de ornato. Debido a lo anterior, existe una gran demanda de estas plantas tanto a nivel nacional como internacional. A nivel nacional, de acuerdo con la información proporcionada por la Dirección General de Vida Silvestre, existen 5 viveros que se dedican a la propagación de esta especie (Apéndice 1).

A nivel internacional, los resultados de la búsqueda en Internet mostraron un total de 161 'páginas web' con información relacionada con *S. disciformis* (Apéndice 2). El número de países al que pertenecen estas páginas es de *ca.* 15 entre los que se encuentran Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Italia, Japón y República de Checoslovaquia, entre otros. Del total de páginas encontradas, 77 fueron clasificadas de acuerdo con las categorías propuestas (*i. e.*, Fotos, Localidades, Semillas, Plantas y Otros), mientras que las restantes 84 no pudieron clasificarse debido a que no aportaban información relevante o bien, estaban escritas en idiomas como el ruso, japonés o checoslovaco. La mayoría de las páginas contenía fotos de plantas pertenecientes a colecciones particulares (51.9%) así como información para la venta de plantas (16.9%) y semillas (16.9%). Solamente se encontraron dos páginas que proporcionaban información sobre las localidades en las que crecen las plantas en nuestro país (Fig. 8).

3.2 Reproducción artificial con fines comerciales (fuera del país de origen)

De acuerdo con Lüthy (2001), la propagación de esta especie de cactácea con fines comerciales se lleva a cabo en invernaderos de otros países tales como Alemania, República de Checoslovaquia y Suiza.

4. Conservación y gestión

No se encontró información relacionada con la existencia de programas, a nivel estatal o federal, para la conservación de esta especie ni tampoco para la protección de su hábitat. Sin embargo, en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey (ITESM) *campus* Querétaro y en la Universidad de Guadalajara (U de G), se realizaron proyectos de propagación de esta especie empleando técnicas de cultivo de tejidos. En el caso de ITESM, la única información encontrada con respecto a los resultados obtenidos fue la descripción de la técnica más exitosa para la propagación de esta especie. Con respecto a la U de G se desconocen los avances y/o resultados del proyecto.

Con relación al movimiento nacional e internacional de los especímenes de *S. disciformis*, la información proporcionada por PROFEPA muestra que en distintos años han sido asegurados cargamentos con plantas en diferentes estados de la república mexicana así como en otros países (Tabla 6).

5. Información sobre especies similares

Las características del hábitat que ocupa *S. disciformis* favorecen que esta especie pueda confundirse con *Aztekium ritterii* ya que ambas plantas crecen en paredes con pendientes pronunciadas. No obstante lo anterior, estudios morfológicos detallados han mostrado que *Strombocactus* presenta tubérculos mientras que *Aztekium* presenta costillas (Anderson y Skillman 1984). La guía elaborada por Glass (1998) proporciona información básica para distinguir a *S. disciformis* de cualquier otra especie de cactácea.

6. Observaciones complementarias

7. Referencias

En esta sección se presentan además de las referencias mencionadas en la ficha, otras existentes en la literatura en las cuales se puede encontrar información relacionada con diversos aspectos de la biología de la especie estudiada.

Anderson, E. F. y S. M. Skillman. 1984. A comparison of *Aztekium* and *Strombocactus* (Cactaceae). *Systematic Botany* 9:42-49.

Anderson, E. F., Arias, S. y Taylor, N. P. 1994. *Threatened cacti of Mexico*. Royal Botanic Gardens, Kew. England.

Bravo-Hollis, H. y Sánchez-Mejorada, H. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol. 2. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Bregman, R. 1988. Forms of seed dispersal in Cactaceae. *Acta Botanica Neerlandica* 37:395-402.

Glass, C. E. 1998. *Guía para la identificación de cactáceas amenazadas de México*. Vol. 1. CONABIO. Ediciones Cante. México.

Glass, C. E. y Arias, S. 1996. A new subspecies from the Sierra Gorda in the Northeastern portion of the State of Guanajuato, Mexico. *British Cactus and Succulent Journal* 14(4): 200-204.

Guzmán, U., Arias, S., y Dávila, P. en prep. *Catálogo de cactáceas mexicanas*.

Hunt, D. 1992. *CITES. Cactaceae Checklist*. Royal Botanic Gardens & IOS. Kew. England.

Lüthy, J. M. 2001. *The cacti of CITES. Appendix I*. CITES, Berna.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México.

Sánchez-Mejorada, H. 1955. Resultado de 10 años de exploraciones cactológicas a lo largo del camino Pachuca–Meztitlán. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 1(1): 9-24.

Scheinvar, L. 1993. Datos preliminares sobre la flora cactológica del estado de Hidalgo. En: Villavicencio, M. A., Marmolejo Santillán, Y. y Pérez Escandón, B. E. (Eds.). *Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México*. Universidad Autónoma de Hidalgo, Centro de Investigaciones Biológicas. Hidalgo, México.

Sedesol. 1994. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL-94. Diario Oficial de la Federación No. 488. México.

Tabla 2. Densidad (plantas/m²), diámetro (mm) y número de ramas de *Strombocactus disciformis* creciendo en distintas localidades del estado de Querétaro. Para cada columna los valores con las mismas letras no difieren significativamente entre sí. E. E. = 1 error estándar.

Localidad	Densidad (E. E.)	N	Diámetro (E. E.)	Ramas (E. E.)	N
Vizarrón	39.8 a (14.8)	15	14.0 a (0.3)	1.0 -	597
Peña Blanca 1	13.0 b (3.1)	14	22.1 b (1.3)	1.14 (0.05)	182
Peña Blanca 2	16.3 ab (3.7)	10	22.7 b (1.6)	1.07 (0.02)	163

Tabla 1. Características generales de las localidades en las que se encontró creciendo a *Strombocactus disciformis*.

Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud (msnm)	Tipo Vegetación	Suelo
Vizarrón	20° 53' 39.5" N 99° 42' 31.3" W	1897	Matorral xerófilo	Derivado de roca caliza
Peña Blanca 1	20° 57' 58.2" N 99° 44' 42.1" W	1432	Matorral xerófilo	Derivado de roca caliza
Peña Blanca 2	20° 57' 47.8" N 99° 45' 05.7" W	1429	Matorral xerófilo	Derivado de roca caliza

Tabla 3. Patrón de distribución de *Strombocactus disciformis* en tres localidades del estado de Querétaro.

Localidad	Índice de Dispersión	N	Chi- cuadrada	Valores Críticos 0.975 – 0.025	Patrón de Distribución
Vizarrón	82.9	15	1160.6	5.6 – 26.1	Agregado
Peña Blanca 1	10.5	14	136.5	5.0 – 24.8	Agregado
Peña Blanca 2	8.6	10	77.4	2.7 – 19.0	Agregado

Tabla 4. Visitantes florales de *Strombocactus disciformis* en tres localidades del estado de Querétaro.

Orden	Familia	Especie	Localidad		
			Vizarrón	Peña Blanca 1	Peña Blanca 2
Coleoptera	Anobiidae	Morfoespecie 1	X		
	Leiodidae	Morfoespecie 1	X		
Diptera	-	Morfoespecie 1		X	
Hemiptera	Reduviidae	Morfoespecie 1		X	
Hymenoptera	Andrenidae	Morfoespecie 1	X	X	X
		Morfoespecie 2			X
	Formicidae	<i>Forelius</i> sp.	X	X	
		<i>Paratrechina</i> sp.	X		
	Halictidae	Morfoespecie 1			X
		Morfoespecie 2		X	
		Morfoespecie 3		X	
	Megachilidae	Morfoespecie 1			X

Tabla 5. Número de semillas por fruto para tres poblaciones de *Strombocactus disciformis* creciendo en distintas localidades del estado de Querétaro. Los valores con las mismas letras no difieren significativamente entre sí. E. E. = 1 error estándar.

Localidad	Promedio \pm E. E.	N
Vizarrón	624.1 \pm 62.3 a	10
Peña Blanca 1	990.3 \pm 119.6 b	10
Peña Blanca 2	857.3 \pm 74.1 b	10

Tabla 6. Aseguramientos y repatriaciones de *Strombocactus disciformis* según datos proporcionados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Año	No. Plantas	Estado
1997	1	Morelos
2000	70	Holanda
2001	9	Nuevo León
Total	80	

Apéndice 1. Lista de viveros en los que se propaga la cactácea *S. disciformis* según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Dirección General de Vida Silvestre.

1. Vivero "Cactus" MX/VIV-CO-017-JAL. Carr. Ajijic-San Juan Cosola, Km. 60.5, 45920, Ajijic, Jal.

2. Quinta Fernando Schmoll MX/VIV-CO-006-QRO, Calzada de La Quinta S/N, Cadereyta, C.P. 76500, Querétaro.

3. Cultivadores de Cactus de México S.A. de C.V. MX/VIV-CO-009-PUE. Km. 4 San Bernardino, Tlaxcalancingo, Entre Av. Independencia y Periférico, Puebla, Cholula, Puebla / Av. Independencia 1607, Col. Santa Maria Texmanitla, C.P. 72820, Tlaxcalancingo. Puebla.

4. Mic. Cactu MX/VIV-CO-014-QRO. Av. San José L.8 Mz. VII, Col. Granjas Residenciales de Tequisquiapan, Tequisquiapan, Qro.

5. El Charco del Ingenio MX/VIV-CO-209-GTO Jesús 32, Centro, C. P. 37700, San Miguel de Allende, Gto.

Apéndice 2. Páginas encontradas en Internet con información sobre diversos aspectos de *S. disciformis*.

1. <http://www.cactuscollection.net>
2. <http://www.viridis.net>
3. <http://www.astrobase.de>
4. <http://www.desert-tropicals.com>
5. <http://www.delsstudio.freemove.co.uk>
6. <http://www.chilternhillscacti.freemove.co.uk>
7. <http://www.cactuspro.com>
8. <http://www.cactopathe.com>
9. <http://space.tin.it>
10. <http://www.aristocacti.co.uk>
11. <http://www.limax.co.uk>
12. <http://studwww.rug.ac.be>
13. <http://digilander.iol.it>
14. <http://www.cactus-co.com>
15. <http://cactus.at>
16. <http://www.bobsmoleys.com>
17. <http://www.mfaint.demon.co.uk>
18. <http://www.cacti.co.il>
19. <http://www.contagious-cacti.com>
20. <http://home.freeuk.com>
21. <http://leda.lycaem.org>
22. <http://members.lycos.co.uk>
23. <http://shop.auctionwatch.com>
24. <http://ftp.dcs.glasgow.ac.uk>
25. <http://go.163.com>
26. <http://www.geocities.com>
27. <http://groups.yahoo.com>
28. <http://www.fundacionbc.org>
29. <http://www.gnosticgarden.com>
30. <http://www.miles2go.com>
31. <http://rico3rico3.tripod.com>
32. <http://greenfield.fortunecity.com>
33. <http://www.kaktuseklubi.org.ee>
34. <http://www.cactusgarden.net>
35. <http://www.jp29.org>
36. <http://www.banana-tree.com>
37. <http://lapsyserre.free.fr>
38. <http://www.herbal-shaman.com>
39. <http://www.eisa.net.au>
40. <http://www.gro.itesm.mx>
41. <http://www.pungilandia.com>
42. <http://www.cucba.udg.mx>

43. <http://home.t-online.de>
44. <http://www.biotox.cz>
45. <http://ecactusurbain.com>
46. <http://www.shaboten.com>
47. <http://www.cssainc.org>
48. <http://www.psiconautica.org>
49. <http://www.cactustn.com>
50. <http://hot.ee>
51. <http://www.xenopharmacophilia.com>
52. <http://www.cactusandsucculent.org>
53. <http://www.cactus-mall.com>
54. <http://mypage.bluewin.ch>
55. <http://cactus.bendery.md>
56. <http://fossil.szif.hu>
57. <http://members.aol.com>
58. <http://www.vzlotin.boom.ru>
59. <http://www.sinix.net>
60. <http://www.aridlands.com>
61. <http://home.eunet.no>
62. <http://users.lycaeum.org>
63. <http://www.cactusspecialties.com>
64. <http://www.seedsearch.demon.co.uk>
65. <http://www.uhlig-kakteen.com>
66. <http://www.cactus-svante.nu>
67. <http://www.psiconautas.com>
68. <http://www.seedonline.com>
69. <http://www.panarottocactus.com>
70. <http://deawcactus.tripod.com>
71. <http://www.fhnavajo.com>
72. <http://www.mesagarden.com>
73. <http://www.agbina.ru>
74. <http://www.succseed.com>
75. <http://www.vdb-davies.freemove.co.uk>
76. <http://alri.chat.ru>
77. <http://www.kiffer.idv.tw>

Leyendas de las Figuras

Figura 1. *Strombocactus disciformis* creciendo en Vizarrón, Querétaro.

Figura 2. Proporción de hábitat disponible para el crecimiento de *S. disciformis* en Vizarrón (a), Peña Blanca 1 (b) y Peña Blanca 2 (b).

Figura 3. Número de plantas de *S. disciformis* observado (barras blancas) y esperado (barras grises) en distintos hábitats de Vizarrón (a), Peña Blanca 1 (b) y Peña Blanca 2 (b). Los asteriscos indican diferencias significativas entre los valores observados y los esperados.

Figura 4. Estructuras de tamaños de *S. disciformis* en tres localidades del estado de Querétaro.

Figura 5. Fenología reproductiva de *S. disciformis* en Vizarrón (a), Peña Blanca 1 (b) y Peña Blanca 2 (c). Botones florales: línea continua y círculo, Flores: línea discontinua y cuadros, Frutos: línea punteada y triángulos.

Figura 6. Frecuencia de visitas a las flores de *S. disciformis* en tres localidades del estado de Querétaro.

Figura 7. Germinación de semillas de *S. disciformis* obtenidas de diferentes localidades del estado de Querétaro. Los símbolos y las líneas se refieren a los datos observados y la regresión logística ajustada, respectivamente. Vizarrón: rombos y línea continua, Peña Blanca 1: cuadros y línea discontinua, Peña Blanca 2: triángulos y línea punteada.

Figura 8. Número de 'páginas web' con información sobre distintos aspectos de *S. disciformis*.

DISCUSIÓN

La finalidad del presente trabajo fue obtener información sobre diversos aspectos biológicos y ecológicos de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* que permitieran apoyar o rechazar la propuesta de cambiar estas especies del Apéndice I al Apéndice II de CITES. En este sentido, la información obtenida proporciona evidencia relacionada con la situación actual de las poblaciones de estas dos especies de cactáceas así como sobre su comercio internacional y el saqueo ilegal de las mismas.

Con respecto a la situación actual de las poblaciones y las principales amenazas que afectan su permanencia, los resultados obtenidos muestran que ambas especies presentan características más o menos similares ya que tienen áreas de distribución restringidas a 2-3 estados de la república mexicana. Dentro de su área de distribución, *T. pseudomacrochele* está presente en solamente algunas localidades, mientras que *S. disciformis* ocupa un número mayor. Además, no existen problemas de disponibilidad del hábitat ya que ambas especies pueden crecer en las grietas de las rocas o en el suelo desprovisto de vegetación. En el caso particular de *S. disciformis*, la alta especificidad del hábitat no afecta su disponibilidad debido a la inaccesibilidad de los sitios en los que crece esta especie.

Asimismo, las poblaciones de las dos especies presentan un patrón de distribución espacial agregado debido probablemente a la dispersión limitada de las semillas. Este patrón concuerda con el reportado para otras especies de cactáceas amenazadas como *Ariocarpus trigonus* (Martínez *et al.* 1993) y *Turbinicarpus pseudopectinatus* (Martínez *et al.* 1994). De la misma manera, la densidad poblacional encontrada para *T. pseudomacrochele* (1-5 plantas/m²) es parecida a la reportada para otras cactáceas amenazadas con hábitos de crecimiento similares tales como

Ariocarpus trigonus (Martínez *et al.* 1993), *T. pseudopectinatus* (Martínez *et al.* 1994) y *Mammillaria pectinifera* (Contreras y Valverde 2002), en las que las densidades variaron entre 0.5 y 5 plantas/m². Por el contrario, *S. disciformis* presentó densidades altas con >13 plantas/m².

No obstante lo anterior, las estructuras de tamaños observadas en el campo muestran que todas las poblaciones de ambas especies tienen problemas para mantenerse y/o crecer ya que el número de individuos en la primera categoría de tamaño es bajo en comparación con el resto de las categorías. En particular, estos problemas son mayores en *T. pseudomacrolele* ya que las poblaciones de esta especie están compuestas por pocos individuos. Además, su composición ha cambiado a lo largo del tiempo incrementándose la proporción de individuos de mayor tamaño. La información anterior sugiere que la etapa más crítica del ciclo de vida que afecta la permanencia de las poblaciones de estas dos especies de cactáceas es el reclutamiento de los nuevos individuos. Aunque esta situación ha sido reportada también para otras especies de cactáceas con formas de crecimiento similares (Contreras y Valverde 2002) o diferentes (Steenbergh y Lowe 1969, Godínez-Alvarez *et al.* 1999, Mandujano *et al.* 2001, Esparza-Olguín *et al.* 2002), en el caso de las especies amenazadas las consecuencias son mayores ya que otras características como una baja abundancia y/o potencial reproductivo disminuyen la capacidad de recuperación de las poblaciones.

Los factores que afectan el reclutamiento de los nuevos individuos y, por lo tanto, amenazan las poblaciones de *T. pseudomacrolele* y *S. disciformis* pueden ser variados ya que esta fase del ciclo de vida incluye distintas etapas como la producción de flores, la polinización, la producción de frutos, la dispersión de las semillas, la

germinación y la sobrevivencia de las plántulas (Jordano y Herrera 1995). En este sentido, los resultados obtenidos muestran que aparentemente no existen factores que afecten la producción de flores y su polinización en ninguna de las especies analizadas. Lo anterior se debe a que en todas las poblaciones se registraron visitantes florales y la proporción de flores depredadas por insectos fue baja. Asimismo, es posible que tampoco existan problemas para la fructificación ya que en todas las poblaciones se encontraron frutos con bajos niveles de depredación por insectos. De la misma manera, no existen factores que limiten la dispersión de las semillas ya que ésta es realizada por agentes físicos y la disponibilidad de sitios para la depositación de las semillas es alta.

Por el contrario, se encontró que la germinación de las semillas puede ser afectada por diversos factores intrínsecos y extrínsecos. Entre los principales factores intrínsecos están la velocidad de germinación y la proporción de semillas germinadas. En este sentido, el tiempo requerido para alcanzar el 50% de germinación fue 15-18 días para *T. pseudomacrochele* y 8-12 días para *S. disciformis*. Asimismo, la proporción de semillas germinadas en *T. pseudomacrochele* fue 38-66%, mientras que en *S. disciformis* fue 25-82%. En general, estos resultados son inferiores a los reportados para otras especies de cactáceas (Godínez-Alvarez y Valiente-Banuet 1998). Si bien la respuesta germinativa de las especies puede variar con las condiciones ambientales, es importante considerar que la germinación de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* ocurrió en condiciones controladas de luz y temperatura. Debido a lo anterior, es posible suponer que en condiciones naturales la tasa y el porcentaje de germinación serán aún más bajos.

Además de los anteriores, existen otros factores intrínsecos como la probabilidad de reproducción de los individuos y el número de semillas/fruto los cuales también

afectan la germinación. Del total de individuos que conforman una población solamente una fracción es capaz de reproducirse y dejar descendencia. En nuestro caso, la probabilidad de reproducción en ambas especies fue similar (ca. 30-80%), sin embargo existen diferencias marcadas en el número de semillas/fruto (*i. e.*, 25-33 en *T. pseudomacrochele* vs. 624-990 en *S. disciformis*). En las poblaciones de *T. pseudomacrochele* la combinación de una baja probabilidad de reproducción y un bajo número de semillas/fruto resulta en una baja fecundidad la cual disminuye la probabilidad de reclutamiento de los nuevos individuos. En este sentido, es importante mencionar que el saqueo ilegal de frutos encontrado en este trabajo tiene consecuencias negativas para las poblaciones ya que disminuye el número de semillas producido por planta. Asimismo, la mortalidad de las plantas causada por la colecta de los frutos también afecta las poblaciones ya que reduce la probabilidad de reproducción de los individuos adultos.

Entre los principales factores extrínsecos que afectan la germinación están las condiciones ambientales como el suelo y la precipitación (Hernández y Godínez 1994, Valiente-Banuet *et al.* 2002, Valiente-Banuet y Godínez-Alvarez 2002). En el caso de *S. disciformis*, el suelo juega un papel relevante ya que esta especie habita en lugares con características edáficas muy particulares. La alta especificidad del hábitat de esta especie incrementa su vulnerabilidad a perturbaciones del ecosistema tales como la presencia de ganado caprino, el cambio en el uso del suelo, la erosión y la recolección.

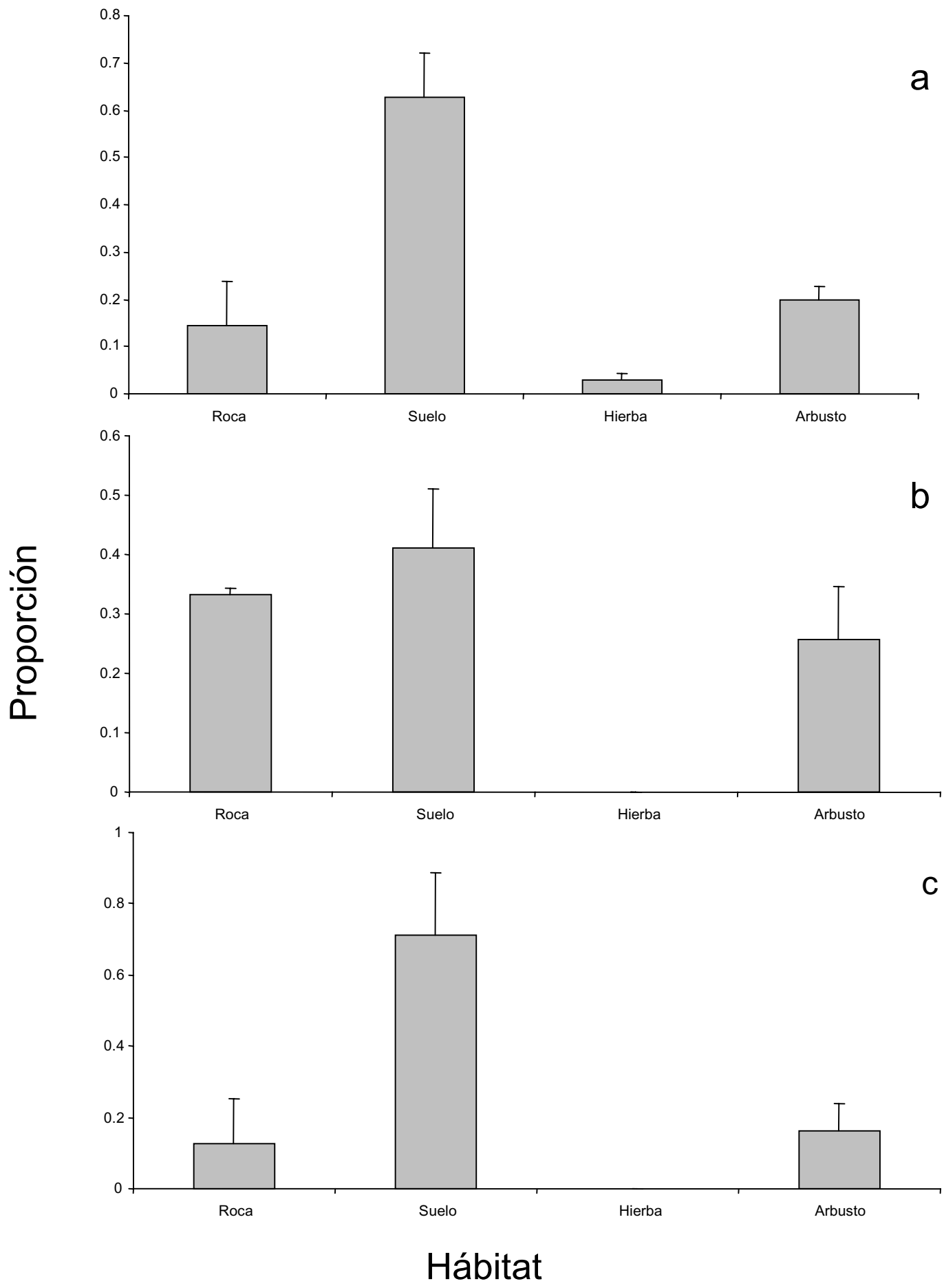
Aunque en este trabajo no se evaluó la sobrevivencia de las plántulas de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis*, existen diversos factores intrínsecos y extrínsecos que también afectan esta etapa del reclutamiento. La información bibliográfica existente para otras especies de cactáceas indica que la herbivoría, la radiación y la humedad

disponible en el suelo son algunos de estos factores (Steenbergh y Lowe 1969, Godínez-Alvarez y Valiente-Banuet 1998, Mandujano *et al.* 2001, Esparza-Olguín *et al.* 2002). En el caso particular de *S. disciformis*, es importante mencionar que la probabilidad de sobrevivencia de las plántulas podría ser extremadamente baja debido a su tamaño microscópico (Lüthy 2001).

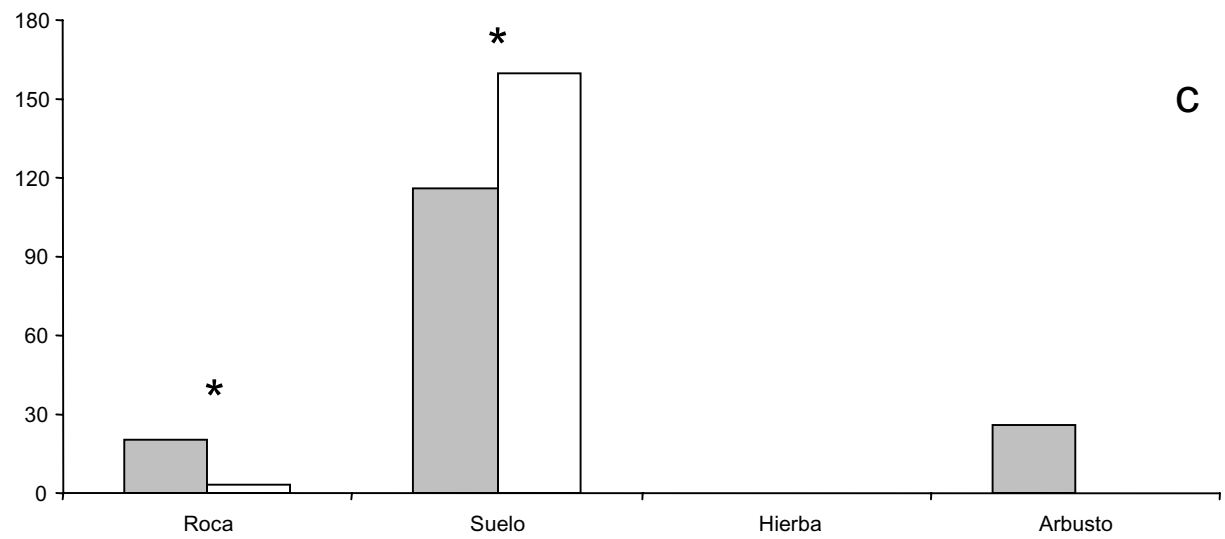
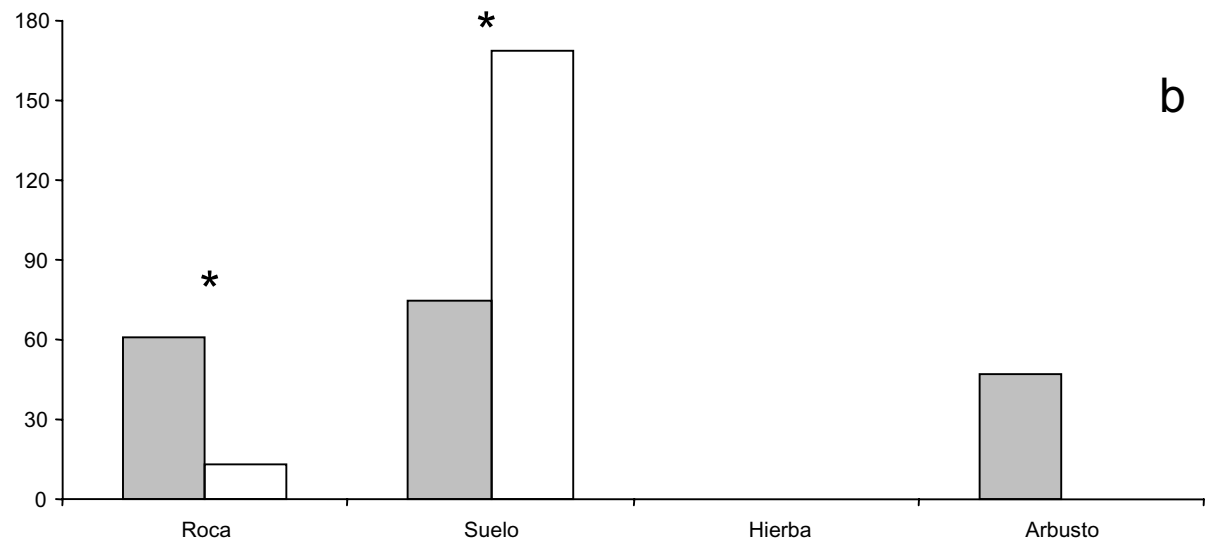
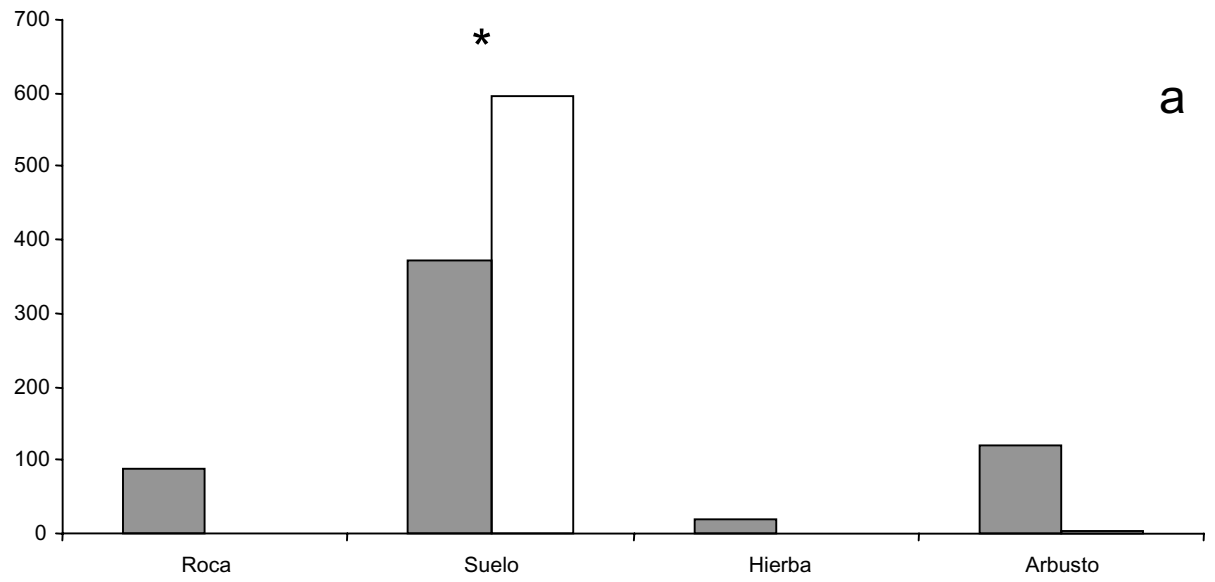
En relación con el comercio internacional y el saqueo ilegal de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis*, los resultados obtenidos en este trabajo muestran que en la actualidad existe un amplio mercado para la compra y la venta de estas plantas. Lo anterior se debe a que los establecimientos comerciales dedicados a esta actividad utilizan Internet para proporcionar información sobre las plantas y las semillas, permitiéndoles acceder a un número mayor de clientes potenciales. Si bien muchos de estos establecimientos mencionan que las plantas y las semillas son propagadas en invernadero, es posible suponer que la extracción ilegal de estas especies aún continúa en nuestro país. En este sentido, la presencia del grupo de alemanes reportada en este trabajo así como los decomisos y las repatriaciones de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* realizados en los últimos años apoyan dicha suposición. De la misma manera, en Internet es posible obtener información sobre la ubicación exacta de las localidades en las que crecen estas especies lo que promueve y facilita su recolección. Finalmente, es bien sabido que las plantas colectadas en su localidad original o bien, cultivadas a partir de semillas silvestres tienen un valor adicional para los coleccionistas profesionales en comparación con aquellas propagadas en viveros.

En resumen, la información obtenida en este trabajo proporciona evidencia que apoya la idea de que las poblaciones de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* están amenazadas. Además, demuestra que existe un elevado comercio internacional de

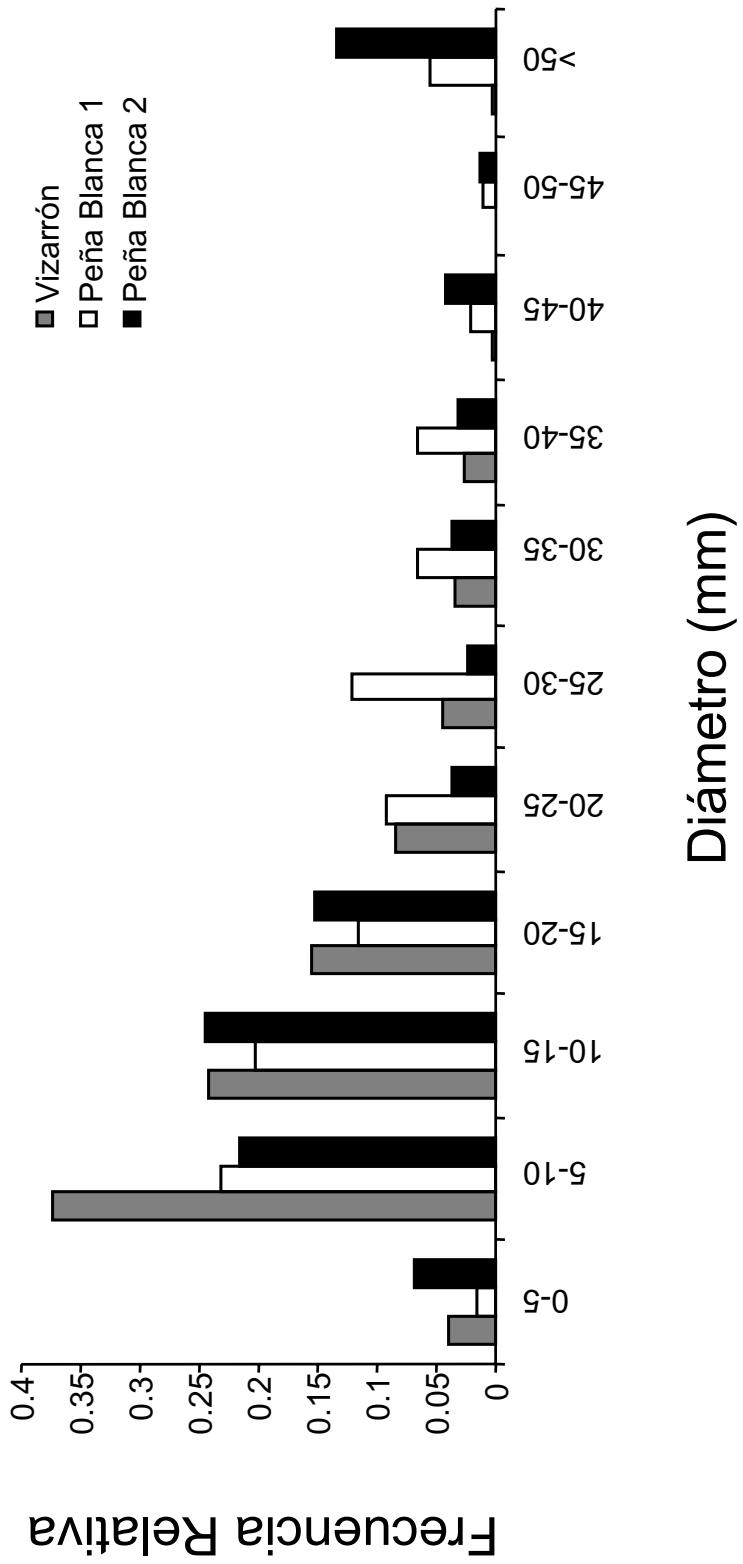
estas especies y que el saqueo ilegal de las plantas y/o semillas de nuestro país continúa en la actualidad. Debido a lo anterior, es necesario mantener estas especies en el Apéndice I de CITES para así tratar de regular estrictamente su comercio y evitar los efectos negativos sobre las poblaciones.

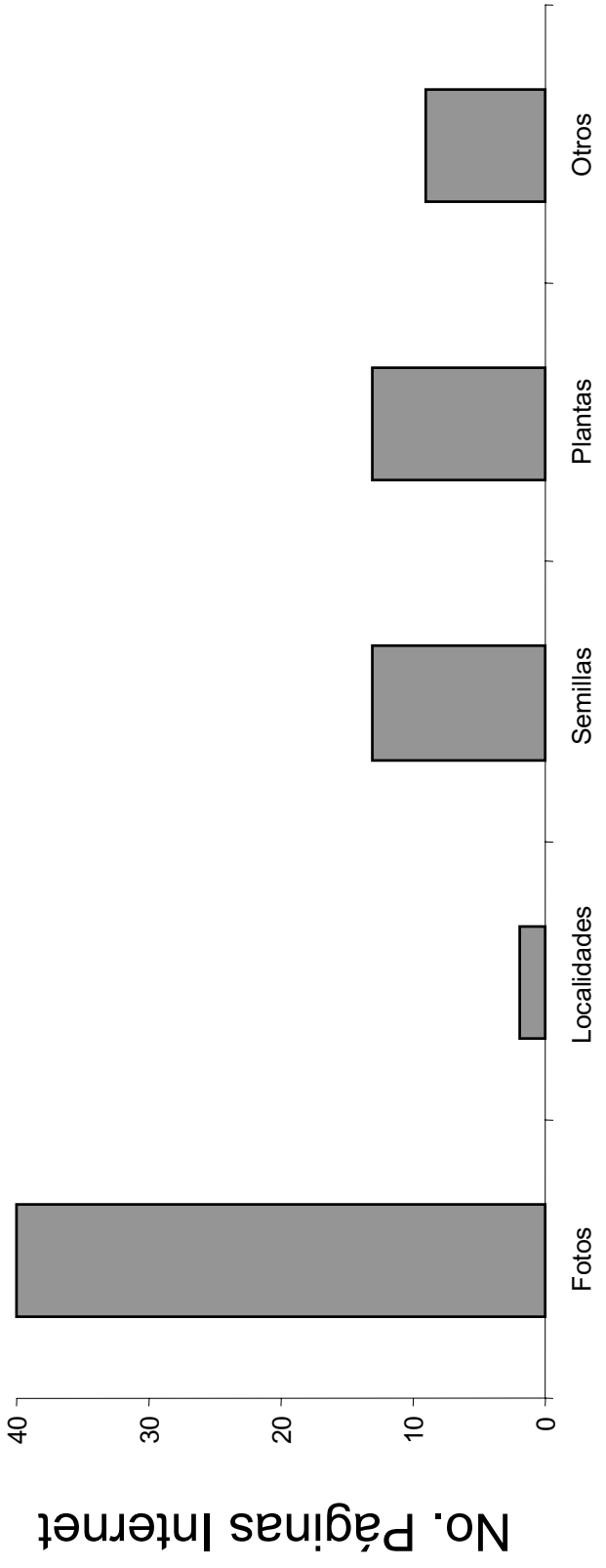


Número de Plantas



Hábitat





Categorías

CONCLUSIONES

1. *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* presentan una situación biológica similar en cuanto a su área de distribución, patrón de distribución espacial y disponibilidad del hábitat. Sin embargo, existen diferencias en las densidades poblacionales.
2. Las estructuras de tamaños de ambas especies sugieren que el reclutamiento es la etapa del ciclo de vida que afecta el mantenimiento y/o crecimiento de las poblaciones.
3. La germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas son afectadas por factores intrínsecos (probabilidad de reproducción, número de semillas/fruto, viabilidad de las semillas, tamaño de las plántulas) y extrínsecos (suelo, saqueo ilegal de plantas y/o semillas).
4. En el caso de *T. pseudomacrochele*, la extracción ilegal de frutos y la mortalidad de las plantas causada por esta actividad son las principales amenazas, mientras que la alta especificidad del hábitat y el tamaño microscópico de las plántulas de *S. disciformis* incrementa su vulnerabilidad a perturbaciones del ecosistema.
5. Considerando la información sobre la biología y la ecología de estas especies así como sobre las amenazas y el comercio nacional e internacional existentes, se recomienda la permanencia de *T. pseudomacrochele* y *S. disciformis* en el Apéndice I de CITES.

REFERENCIAS

- Bravo-Hollis, H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Contreras, C. y Valverde, T. 2002. Evaluation of the conservation status of a rare cactus (*Mammillaria crucigera*) through the analysis of its population dynamics. *Journal of Arid Environments* 51:89-102.
- Crawley, M. J. 1993. *GLIM for Ecologists*. Blackwell Science, Cambridge.
- Esparza-Olguin, L., Valverde, T. y Vilchis-Anaya, E. 2002. Demographic analysis of a rare columnar cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, Mexico. *Biological Conservation* 103:349-359.
- Glass, C. E. 1998. *Guía para la identificación de cactáceas amenazadas de México*. Vol. 1. CONABIO. Ediciones Cante. México.
- Godínez-Alvarez, H. y Valiente-Banuet, A. 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments* 39:21-31.
- Godínez-Alvarez, H., Valiente-Banuet, A. y Banuet, L. V. 1999. Biotic interactions and the population dynamics of the long-lived columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Canadian Journal of Botany* 77:203-208.
- Hernández, H. M. y Godínez A. H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26:33-52.
- Hunt, D. 1999. *CITES. Cactaceae checklist*. Royal Botanic Gardens & IOS, Kew. England.

- Jordano, P. y Herrera, C. M. 1995. Shuffling the offspring: Uncoupling and spatial discordance of multiple stages in vertebrate seed dispersal. *Écoscience* 2:230-237.
- Ludwig, J. A. y Reynold, J. F. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons. New York.
- Lüthy, J. M. 2001. *The cacti of CITES. Appendix I*. CITES, Berna.
- Mandujano, M. C., Montaña, C., Franco, M., Golubov, J. y Flores-Martínez, A. 2001. Integration of demographic annual variability in a clonal desert cactus. *Ecology* 82:344-359.
- Martínez, A. J. G., Suzan, A. H. y Salazar, O. C. A. 1993. Aspectos ecológicos y demográficos de *Ariocarpus trigonus* (Weber) Schumann. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* XXXVIII:30-38.
- Martínez, A. J. G., Suzan, A. H. y Salazar, O. C. A. 1994. Aspectos ecológicos y demográficos de *Neolloydia pseudopectinata* (Backeberg) E. F. Anderson. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* XXXIX:27-33.
- Palmer, M. E. 1987. A critical look at rare plant monitoring in the United States. *Biological Conservation* 39:113-127.
- Schemske, D. W., Husband, B. C., Ruckelshaus, M. H., Goodwillie, C., Parker, I. M. y Bishop, J. G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* 75:584-606.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1981. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Steenbergh, W. F. y Lowe, C. H. 1969. Critical factors during the first years of life of the Saguaro (*Cereus giganteus*) at Saguaro National Monument, Arizona. *Ecology* 50:823-834.

- Valiente-Banuet, A., Arizmendi, C., Rojas-Martínez, A., Casas, A., Godínez-Alvarez, H., Silva, C. y Dávila, P. 2002. Biotic interactions in columnar cactus forests of Mexico. En: Fleming, T. H. y Valiente-Banuet, A. (Eds.). *Evolution, Ecology and Conservation of Columnar Cacti and their Mutualists*. Arizona University Press.
- Valiente-Banuet, A. y Godínez-Alvarez, H. 2002. Population and community ecology. En: Nobel, P. S. (Ed.). *Cacti: Biology and Uses*. University of California Press.