

Informe final* del Proyecto KE003
Evaluación de la situación de *Tillandsia mauryana* en el Apéndice II de la CITES, según su estado de conservación y comercio

Responsable: Dra. Ma. Teresa Valverde Valdés
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Dirección: Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F., 04510, México
Correo electrónico: teresa.valverde@ciencias.unam.mx
Teléfono, fax Tel: 5622 4912 Fax: 5622 4828
Fecha de inicio: Mayo 15, 2012
Fecha de término: Noviembre 5, 2013
Principales resultados: Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Valverde Valdés M.T., Gutiérrez Paredes C.C, Hernández Apolinar M. y V. Petrone Mendoza. 2013. Evaluación de la situación de *Tillandsia mauryana* en el Apéndice II de la CITES, según su estado de conservación y comercio. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto KE003. México, D. F.

Resumen:

La especie *Tillandsia mauryana* (renombrada como *Viridantha mauryana* en 2002) pertenece a la familia Bromeliaceae y se distribuye en los estados de Hidalgo, Jalisco, Oaxaca y Zacatecas. Desde el año de 1992 se encuentra enlistada en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). El presente estudio evaluará si *Tillandsia mauryana* se encuentra ubicada en el Apéndice adecuado, en vista de que las especies enlistadas en los Apéndices de la CITES se deben someter a un proceso de revisión periódica 10 años después de su inclusión en los mismos.

Con relación a la información biológica de la que se dispone sobre *T. mauryana*, aún no se cuenta con una evaluación que permita conocer el estado de conservación de sus poblaciones, por lo que se plantea realizar un diagnóstico general de sus poblaciones conocidas y un seguimiento más detallado de dos de ellas, una en Hidalgo y otra en Oaxaca. A partir del seguimiento de los individuos a lo largo de un año en estas dos poblaciones, se obtendrán matrices de proyección poblacional y se llevará a cabo un análisis de elasticidad. Esto permitirá conocer la tasa potencial de crecimiento de las poblaciones en estudio e identificar los estadios o procesos demográficos que contribuyen en mayor medida a la dinámica poblacional. El diagnóstico general de las demás poblaciones, se realizará una evaluación de su abundancia a nivel local, su estructura poblacional y las características de su hábitat, basado en una sola visita al campo. Se espera que esta información contribuya a valorar el estado actual de sus poblaciones, así como los riesgos que enfrentan.

Finalmente se compilará y revisará información comercial, de gestión y uso de la especie, a fin de evaluar su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en la CITES, y hacer las recomendaciones pertinentes.

-
- * 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 la situación de *Tillandsia mauryana* en el Apéndice II de la CITES, según su estado de conservación y comercio

(KE003)

Presentado por

Dra. María Teresa Valverde Valdés (Facultad de Ciencias, UNAM) (**Responsable**)

M. en C. Claudia Citlali Gutiérrez Paredes (Facultad de Ciencias, UNAM)

Dra. Mariana Hernández Apolinar (Facultad de Ciencias, UNAM)

Pas. de Biól. Valeria Petrone Mendoza (Facultad de Ciencias, UNAM)

México D.F. a 17 de junio de 2013.

Índice

Créditos a los participantes.....	2
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Antecedentes.....	4
Objetivos del Proyecto.....	7
Métodos.....	8
1. Investigación bibliográfica	
2. Taxonomía	
3. Características de la especie	
4. Información sobre especies similares	
5. Distribución geográfica	
6. Estudio de campo de <i>Tillandsia mauryana</i>	
7. Información poblacional de <i>Tillandsia mauryana</i>	
8. Aspectos del hábitat	
9. Amenazas	
10. Aprovechamiento y comercio	
11. Conservación	
12. Evaluación de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y CITES	
13. Conclusiones y recomendaciones	
Resultados y Discusión.....	20
1. Investigación bibliográfica	
2. Taxonomía	
3. Características de la especie	
4. Información sobre especies similares	
5. Distribución geográfica	
6. Estudio de campo de <i>Tillandsia mauryana</i>	
7. Información poblacional de <i>Tillandsia mauryana</i>	
8. Aspectos del hábitat	
9. Amenazas	
10. Aprovechamiento y comercio	
11. Conservación	
12. Evaluación de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y CITES	
13. Conclusiones y recomendaciones	
Literatura citada.....	48
Anexos.....	50

Créditos a los participantes

Este estudio fue posible gracias a la participación de la **Pas. de Biol. Valeria Petrone Mendoza**, quien estuvo a cargo del trabajo de campo y el análisis de la información correspondiente a las secciones 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 y 12, las cuales formaron parte de su trabajo de tesis de licenciatura en Biología [que se titula “Demografía y estado de conservación de *Tillandsia mauryana* (Bromeliaceae) en la región de Metztlán, Hidalgo”], por concluirse en fechas próximas.

A su vez, la **M. en C. Claudia Citlati Gutierrez Paredes** llevó a cabo los análisis de la sección 5, con el apoyo de personal de la CONABIO.

La **Dra. Mariana Hernández Apolinar** participó activamente en las secciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, y además tuvo a su cargo la sección 10.

Recibimos el apoyo del Dr. Adolfo Espejo Serna en la identificación de ejemplares y en la orientación sobre los sitios de distribución de *T. mauryana*, así como en la discusión sobre el material herborizado.

Contamos con el apoyo del Dr. Pedro Mendoza Hernández y del Pas. de Biol. Emilio Petrone Mendoza durante el trabajo de campo.

El equipo de estudiantes asociados a la Dra. Demetria Mondragón Chaparro se involucró en la búsqueda de ejemplares de *T. mauryana* en las localidades que habían sido reportadas en el estado de Oaxaca. En vista de que la especie de interés no se encontró en esas localidades, ya no se continuó con el trabajo que originalmente se había planeado en dicho estado.

Resumen

La especie *Tillandsia mauryana* (sinónimo: *Viridantha mauryana*) pertenece a la familia Bromeliaceae y es endémica de México. Su distribución reportada incluye los estados de Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Oaxaca y Zacatecas. Esta especie está enlistada, desde 1992, en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Este estudio tuvo por objeto evaluar la ubicación de *Tillandsia mauryana* en el Apéndice II de la CITES, en vista de que las especies enlistadas se deben someter a un proceso de revisión 10 años después de su inclusión en los mismos.

Con relación a la información biológica sobre *T. mauryana*, no se contaba con una evaluación de su estado de conservación, por lo que en este estudio se planteó realizar un diagnóstico general de sus poblaciones conocidas y un seguimiento más detallado de una de ellas en la región de Metztlán, Hidalgo. A partir del seguimiento de los individuos a lo largo de un año en esta población, se obtuvo una matriz de proyección poblacional (de tipo Lefkovitch, con dimensiones 6×6) y se llevó a cabo un análisis de elasticidad. Esto permitió proyectar la tasa potencial de crecimiento de la población de estudio ($\lambda = 0.98$) e identificar los estadios o procesos demográficos más relevantes para a la dinámica poblacional, que en este caso fueron la supervivencia y crecimiento de los adultos de tamaños intermedios. Además, se estudió la densidad poblacional y abundancia en otras nueve poblaciones en esa misma región. La densidad varió entre 0.086 y 4.14 ind/m², y la abundancia (tamaño aproximado de las poblaciones locales) entre 3 y 356 individuos. En cada población local se realizó un diagnóstico del estado de conservación del hábitat, que incluyó la evaluación de las siguientes variables: extracción de roca, accesibilidad, agricultura, ganadería y desarrollo urbano. La extracción de roca fue el tipo de disturbio que más afectó a las poblaciones de *T. mauryana*. Sin embargo, las densidades fueron máximas en sitios con un nivel de disturbio intermedio. Estos datos se utilizaron para llevar a cabo un análisis de evaluación de riesgo (MER), que sugiere que *T. mauryana* se debe clasificar como “sujeta a protección especial” en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se visitaron todas las localidades donde está reportada la presencia de *T. mauryana* en el país, pero sólo se comprobó su presencia en los sitios del estado de Hidalgo (Metztlán, Zimapán y Tolantongo; 31 sitios en total). Con estos datos se llevó a cabo un análisis de su distribución geográfica actual y potencia con el programa MaxEnt y se obtuvieron altas probabilidades de encontrar a esta especie en algunas localidades de la Sierra Madre Oriental, y en los Valles Centrales de Oaxaca. Por último, se analizó el nivel de comercio que existe sobre esta especie. Se encontró que diversos centros e instituciones fuera del país venden individuos cultivados de *T. mauryana*. Sin embargo, los registros de su comercio lícito e ilícito en México son muy limitados. Con base en todo lo anterior, se sugiere que *T. mauryana* permanezca en el Apéndice II de la CITES.

Introducción

Tillandsia mauryana L.B. Sm. (Bromeliaceae) se enlistó en el Apéndice II de CITES en el año de 1992 en vista de que se suponía que era una especie sujeta a extracción, particularmente por parte de coleccionistas y aficionados. A 20 años de su inclusión en los Apéndices no se han llevado a cabo estudios sobre el estado comercial y de conservación de esta especie que permitan confirmar si es pertinente mantenerla en el Apéndice II, modificar su estatus o eliminarla de los Apéndices. El presente proyecto es para dar cumplimiento a la revisión periódica de *T. mauryana*, que México se comprometió a realizar a partir de una recomendación realizada por el Comité de Flora de la CITES (PC19, Ginebra 2011).

Además de estar enlistada el Apéndice II de CITES, *T. mauryana* no se ha incluido bajo ninguna categoría de riesgo en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN), ni en la Norma Oficial Mexicana de especies en peligro (NOM-059-SEMARNAT-2010), principalmente debido a la falta de información sobre su biología y sobre el estado de conservación de sus poblaciones. Por lo tanto, surge la necesidad de llevar a cabo estudios que brinden bases para llevar a cabo esta evaluación. El presente trabajo de investigación consiste en un análisis de la densidad poblacional y abundancia de *T. mauryana*, así como de la demografía de una de sus poblaciones en el estado de Hidalgo; se incluye también un estudio de su distribución geográfica y de su comercio.

Antecedentes

La especie *Tillandsia mauryana* L.B. Sm. (Bromeliaceae) se encuentra enlistada actualmente en el Apéndice II de CITES. Las especies incluidas en este Apéndice se describen como sigue:

- a) todas las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, podrían llegar a esa situación a menos que el comercio en especímenes de dichas especies esté sujeto a una reglamentación estricta a fin de evitar utilización incompatible con su supervivencia;
- b) aquellas otras especies no afectadas por el comercio, que también deberán sujetarse a reglamentación con el fin de permitir un eficaz control del comercio en las especies a que se refiere el inciso anterior.

Nuestra especie de interés, *Tillandsia mauryana*, fue reclasificada recientemente como *Viridantha mauryana* (L.B. Sm.) Espejo (Espejo-Serna, 2002), nombre que ya aparece en las

listas de los principales herbarios del mundo (e.g. Kew, Missouri, Global Compositae Checklist, Lidis, NYBG, IPNI, Smithsonian – ver www.theplantlist.org). Sin embargo, con frecuencia se cita a *V. mauryana* como una sinonimia de *Tillandsia mauryana*, siendo este último el nombre más aceptado. Como se detalla más adelante, en este informe nos referimos a la especie de interés como *Tillandsia mauryana* con el objeto de apegarnos a la nomenclatura taxonómica que tiene a la fecha mayor aceptación a nivel internacional, y también porque es la forma en la que aparece enlistada en el Apéndice II de la CITES.

El género *Tillandsia* tiene unas 540 especies (Luther, 2006) y presenta dos centros principales de diversificación, uno en México y el otro en Sudamérica. En México existen 175 especies (ca. 32% del total de las descritas en dicho género), de las cuales 116 (66.3%) son endémicas de nuestro territorio (Espejo-Serna & López-Ferrari 1994). Desde el punto de vista taxonómico, el género *Tillandsia* está estrechamente relacionado con el género *Vriesea*, ambos pertenecientes a la subfamilia Tillandsioideae.

Tillandsia mauryana forma parte del complejo de especies de *Tillandsia plumosa*, las cuales son hierbas perennes, epífitas y/o litófitas, con rosetas acaules, compactas, regulares, y con numerosas hojas cubiertas por escamas, las cuales le dan un aspecto “plumoso”; las rosetas no se ramifican, de manera que los individuos crecen solitarios (Espejo-Serna, 2003). Las rosetas de *Tillandsia mauryana* alcanzan ca. 15 cm de alto y son compactas, esféricas, con láminas subuladas de 6-10 cm de largo por 3-7 mm de ancho. La inflorescencia es nidular, apedunculada, paniculada, con espigas erectas; las flores son tubulares y sésiles, con sépalos lanceolados verdes a rosados. Su distribución geográfica incluye matorrales xerófilos y selvas bajas en los estados de Hidalgo, Jalisco, Oaxaca, Zacatecas, Morelos y Guerrero (Espejo-Serna, 2002; Dorado-Ramírez, 1997). En estos hábitats se le ha reportado como epífita y/o rupícola (asociada a paredes de acantilados).

Tillandsia mauryana se enlistó en el Apéndice II de la CITES en la octava reunión de la Conferencia de las Partes (CoP8 Kyoto, Japón, 1992), en vista de que se suponía que era una especie sujeta a extracción, particularmente por coleccionistas y aficionados. Desde su inclusión en dicho Apéndice, no se han llevado a cabo estudios sobre su estado comercial y de conservación que permitan evaluar la pertinencia de su clasificación, labor que debe formar parte de la revisión periódica de los Apéndices. En vista de lo anterior, *Tillandsia mauryana* se seleccionó para formar parte de este proceso de revisión en la 15ª reunión del Comité de Flora

(PC15, Ginebra 2005) y durante la 19ª reunión de dicho Comité (PC19, Ginebra 2011) México se comprometió a efectuar su revisión, pues se trata de una especie endémica de este país. Dicha revisión pretende documentar su situación con base en el Anexo 6 de la Resolución Conf. 9.24 (Rev. CoP15). Como parte del presente estudio y con el objeto de evaluar su estado de conservación, se realizó un análisis demográfico de una población de *T. mauryana*, y se estudió su abundancia y distribución a nivel local (en Hidalgo) y nacional; además, se realizó una evaluación de su situación de comercio a nivel nacional e internacional.

Siendo que *T. mauryana* está reportada como una planta epífita y/o rupícola, es relevante discutir su biología en el contexto del epifitismo. El estudio de la demografía de plantas epífitas es un área de la ecología que apenas se ha empezado a explorar en los últimos años. Las epífitas son un componente importante de la riqueza y diversidad de muchos ecosistemas tropicales (Gentry & Dodson, 1987). A pesar de que cerca del 10% de las especies de plantas vasculares descritas hasta la fecha son de hábito epífita (Benzing, 1990), son pocas las especies de este grupo multitaxonómico que se han estudiado desde el punto de vista de la ecología de poblaciones. La literatura disponible muestra que existen algunas características demográficas que son comunes entre las epífitas. Entre ellas se cuentan las tasas de crecimiento relativamente lentas, la presencia frecuente de propagación vegetativa o de estructuras de perennación, y una alta contribución relativa de la supervivencia a la tasa de crecimiento poblacional (Hernández-Apolinar, 1992; Hietz, 1997; Mondragón *et al.*, 2004; Zotz *et al.*, 2005; Zotz & Schmidt, 2006; Winkler *et al.*, 2007). En algunas poblaciones de epífitas el reclutamiento de individuos de origen vegetativo es raro (*e.g.* en *Tillandsia deppeana*; García-Franco & Rico-Gray, 1991), mientras que en otras parece ser común (*e.g.* *Tillandsia brachycaulos*; Mondragón *et al.*, 2004). Se ha reportado que el reclutamiento de plántulas ocurre con frecuencia, pero en bajos números (Hernández-Apolinar, 1992; Larson, 1992; Tremblay, 1997; Zotz, 1998; Bernal *et al.*, 2006), aunque hay eventos esporádicos de alto reclutamiento asociados a periodos en los que predominan condiciones ambientales favorables (Mondragón *et al.*, 2004). La mortalidad de plántula y de individuos juveniles suele ser alta y se debe primordialmente a la escasez de humedad, mientras que el desprendimiento y caída de individuos es la principal causa de muerte en plantas de mayor tamaño (Hietz, 1997; Tremblay, 1997; Zotz, 1998; Mondragón *et al.*, 2004). Muchas de estas características se presentan también en especies rupícolas, aunque los hábitats rupícolas son todavía más extremos que los epífitos (Larson *et al.*, 2005; Mouriño & Otero,

2002). Algunos autores mencionan que ciertas especies de epífitas presentan una alta plasticidad demográfica que les permite responder exitosamente a la variabilidad ambiental a lo largo del año y entre años (Mondragón *et al.*, 2004; Valverde & Bernal, 2010).

No se conoce nada sobre la ecología poblacional de *Tillandsia mauryana*. Se sabe que es una especie que se colecta con frecuencia por el valor estético de sus ejemplares, razón por la cual está en el Apéndice II de CITES. Sin embargo, no se tiene mucha información sobre la intensidad de esta presión de colecta, ni sobre sus características biológicas, de preferencia de hábitat o de distribución geográfica. Por el tipo de hábitats que ocupa (*i.e.* epífita o rupícola en matorrales xerófilos y selvas bajas caducifolias), se espera que presente algunas similitudes con otras especies del género *Tillandsia* que habitan en ecosistemas parecidos (*e.g.* *Tillandsia recurvata*, de matorrales xerófilos, Valverde & Bernal, 2010; y *Tillandsia brachycaulos*, de selva baja caducifolia, Mondragón *et al.*, 2004).

Objetivos del proyecto

Se busca evaluar el estado de conservación, uso, gestión y comercio de *Tillandsia mauryana*, con el objeto de analizar la pertinencia de que esta especie permanezca en el Apéndice II de CITES, o sea reubicada, con base en los criterios establecidos en la Resolución Conf. 9.24 (Rev. CoP15).

Lo anterior se llevará a cabo mediante los siguientes **objetivos particulares**:

1. Generar información sobre la distribución, demografía, estado de conservación y amenazas que presentan las poblaciones estudiadas de *Tillandsia mauryana*.
2. Valorar el estado de los hábitats en los que se distribuye *T. mauryana* en términos de su nivel de conservación / perturbación.
3. Evaluar el uso y nivel de extracción de la especie y el impacto del comercio nacional e internacional (legal e ilegal).
4. Valorar el nivel de riesgo que enfrenta *T. mauryana* a través de la aplicación del Método de Evaluación de Riesgo de Extinción (MER) de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
5. Evaluar la pertinencia de que *T. mauryana* permanezca en el Apéndice II de la CITES, con base en los criterios de la Resolución Conf. 9.24 (Rev. CoP15), Anexos 2a y 2b; o bien que sea reubicada.

Métodos

En esta sección se detallan las actividades realizadas como parte de esta investigación, de mayo de 2012 a junio de 2013, así como los métodos de trabajo de campo y de análisis de datos. Los incisos que abarca la presente sección reflejan en gran medida la estructura de los Resultados, que a su vez están basados en el formato de la *Ficha de la Especie* detallada en el Anexo 6 de la Resolución Conf. 9.24 (Rev. CoP15), incluida en los términos de referencia y los lineamientos para la elaboración del protocolo.

1. Investigación bibliográfica

Se llevó a cabo una investigación bibliográfica detallada de la información existente sobre la especie de estudio, tanto a nivel taxonómico, ecológico y de distribución geográfica, como en lo concerniente a los temas de comercio y de conservación. Se realizaron búsquedas bibliográficas utilizando Google Académico, en la base de datos de las editoriales Springer, Elsevier y Blackwell, ICAN; se visitaron los herbarios de la UNAM, la UAM Xochimilco, y el IPN para buscar información sobre la especie en estudio. Además, se tuvieron entrevistas personales, o por correo electrónico, con dos investigadores especialistas en el grupo de interés: la Dra. Ivón Ramírez (CICY, Yucatán) y el Dr. Adolfo Espejo (UAM-Iztapalapa). Los aspectos de comercio se documentaron a partir de búsquedas de ejemplares para venta en la red, y a través de solicitudes de información a diferentes dependencias de gobierno (PROFEPA; y dependencia de la SEMARNAT, tales como la Dirección General de Vida Silvestre, la Dirección de Aprovechamiento de Vida Silvestre, y la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos) con respecto a la emisión de permisos de exportación o de producción de *Tillandsia mauryana*, o la incidencia de decomisos o registros de comercio ilícito.

2. Taxonomía

De la investigación bibliográfica y de herbarios detallada en el inciso previo, se obtuvo la información relevante para documentar el nombre científico de la especie en estudio, así como las sinonimias, y los nombres comunes que se le dan en diferentes partes del país. Particularmente, se documentó el tema de su clasificación relativamente reciente como parte del nuevo género *Viridantha*, y se investigó por medios digitales en qué medida esta nueva clasificación se ha aceptado en los herbarios más importantes del mundo (Kew, Missouri, Nueva York).

3. Características de la especie

Se elaboró una descripción completa de la especie en estudio, utilizando tanto una nomenclatura botánica estricta, como una coloquial, para uso de aficionados. En esta descripción se incluyen aspectos morfológicos, biológicos y de su ciclo de vida. Asimismo, se investigó sobre su función en el ecosistema en términos de sus posibles interacciones con polinizadores, dispersores, herbívoros, etc.

4. Información sobre especies similares

En nuestras visitas a los herbarios, y en entrevistas con los expertos sobre el grupo taxonómico al que pertenece *Tillandsia mauryana* (i.e. el Dr. Adolfo Espejo Serna y su grupo de investigación) fue posible identificar a un grupo de especies que, por sus características morfológicas y de distribución, podrían ser confundidas con *T. mauryana*. De hecho, en la búsqueda de información sobre el comercio de *T. mauryana* en algunas páginas de la red, se pudo comprobar que efectivamente existe potencial para dicha confusión, pues en ocasiones se anuncia la venta de *T. mauryana* pero en realidad se presentan fotos de otras especies. Se enlistaron los nombres de las especies similares con las que se podría confundir *T. mauryana*, indicando qué características morfológicas específicas pueden ser útiles para distinguir entre ellas.

5. Distribución geográfica

Se visitaron los herbarios de la UNAM, la UAM (Iztapalapa y Xochimilco), el IPN y la Facultad de Ciencias, y se consultaron por internet los registros del herbario del Instituto de Ecología A.C. para ubicar los ejemplares de *Tillandsia mauryana* y tomar los datos de todas las localidades en las que se ha colectado. Adicionalmente se revisaron los registros del Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) y de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB). A lo largo del año se llevaron a cabo visitas a todas las localidades de las que se había reportado la presencia de *T. mauryana*: dos localidades en el estado de Guerrero (Atlixac y Xochipala), dos en Hidalgo (Metztitlán y Zimapán), una en Jalisco (Mezquitic), una en Morelos (Telpancingo, cerca de El Limón), dos en Oaxaca (Cerro Soriano y Cerro Macuilxochitl, cerca de Tlacolula) y dos en Zacatecas (Tlaltenango y Jalpa) (Fig. 1). Además, por recomendación de diversos investigadores, se visitaron localidades nuevas, sobre todo en el estado de Hidalgo

(Tolantongo), de las que no se tenían registros oficiales de la presencia de *T. mauryana*, ni por la información de los herbarios, ni de la literatura.

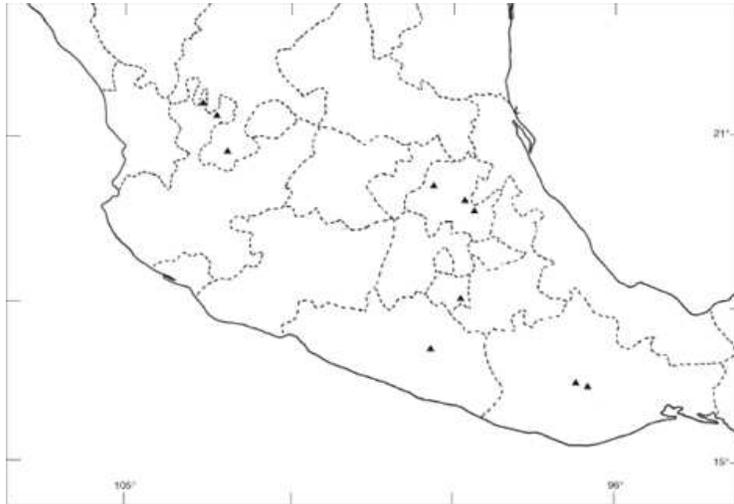


Figura 1. Mapa de la distribución geográfica de *T. mauryana*, según la información de las colectas de herbario. Modificado de Espejo-Serna (2003).

Como se detallará más adelante, se corroboró la presencia de *T. mauryana* sólo en las localidades del estado de Hidalgo. En consulta con la CONABIO, se decidió realizar el análisis de la distribución geográfica de *T. mauryana* sólo a partir de los puntos en los que se corroboró su presencia. Se obtuvieron en total 35 registros puntuales de la presencia de la especie de interés. Las coordenadas decimales de estos registros se importaron al Sistema de Información Geográfica ArcGIS 9.3 para generar puntos de longitud-latitud, los cuales fueron transformados a coordenadas geográficas en formato *shapefile* con el Datum: WGS84.

Modelado del Nicho Ecológico

Se utilizaron capas digitales de información ambiental para modelar el nicho ecológico de *T. mauryana*. Con la información incluida en esas capas ambientales y los puntos geográficos en los que se corroboró la presencia de la especie, se extrajeron los datos de cada registro puntual con su valor bioclimático utilizando la función *Extract to Value Points* de la extensión Spatial Analyst de ArcGIS 9.3. Con esta información se realizaron análisis de correlación con el objeto de determinar si algunas capas estaban altamente correlacionadas entre ellas; los resultados de estos

análisis se utilizaron como criterio para eliminar algunas capas del modelado del nicho ecológico, de tal forma que se evitara la redundancia de información.

Se generaron modelos de nicho ecológico (MNE) de *Tillandsia mauryana* por medio del programa MaxEnt ver 3.2.19 (Phillips, *et al.* 2006). Para el modelado del nicho se requiere contar con registros puntuales de la presencia de la especie de interés, así como de las variables ambientales (climáticas y topográficas) de dichas localidades (Cuadro 1). Las variables topográficas fueron cinco, extraídas del Modelo Digital de Elevación que nos proporcionó la CONABIO (a través de Jesús Alarcón). Los datos climáticos incluyeron 10 variables de temperatura y precipitación (Cuadro 1), que se obtuvieron del Atlas Climático de la UNAM (www.atlasclimatico.unam.mx/atlas/uniatmos/html). Las coberturas están en formato *raster* con una resolución espacial de 1 km². En un análisis posterior se incluyeron variables geológicas.

Para optimizar los modelos resultantes y evitar sobre-predicción de áreas, se llevaron a cabo 100 réplicas (es decir, 100 modelos realizados por el algoritmo) utilizando 70% de los registros, elegidos al azar, como datos de entrenamiento del modelo, mientras que el 30% restante se utilizó para probar los modelos resultantes. Los parámetros del modelado fueron pre-establecidos como sigue, según las recomendaciones de Phillips *et al.* (2006):

- Límite de convergencia = 10^{-5} (este valor fija el punto en el que se detienen las iteraciones del algoritmo; conforme más se aproxime a cero, el algoritmo se detendrá sólo cuando se alcance el número máximo de iteraciones).
- Número máximo de interacciones = 500 (este valor establece un límite para el algoritmo, obligando a detener la optimización en la interacción específica, si es que el límite de convergencia todavía no se alcanza; cuanto mayor sea el número de interacciones, los resultados serán más estables).

Cuadro 1. Capas ambientales utilizadas para el modelaje del nicho en MaxEnt que se llevó a cabo para *Tillandsia mauryana* en la presente investigación. Se incluyen tanto las topográficas como las climáticas. Ver texto para más detalles.

Nombre de Capa	Variable Ambiental
Bio3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)
Bio7	Oscilación anual de la temperatura (BIO5-BIO6)
Bio12	Precipitación anual
Bio13	Precipitación del mes más lluvioso
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso
Bio15	Estacionalidad de la precipitación
Bio17	Precipitación del cuatrimestre más seco
Bio18	Precipitación del cuatrimestre más cálido
Bio19	Precipitación del cuatrimestre más frío
Fill_mdt	Modelo digital del terreno
Flowdir	Dirección de flujo digital del terreno
Shadow	Modelo digital de sombras del terreno
slope_m	Pendiente digital del terreno
Aspect	Aspecto (orientación) digital del terreno

Para la elección de los mejores modelos se utilizó el receptor de curvas de funcionamiento (ROC). El área bajo la curva ROC (AUC) brinda un valor simple del rendimiento del modelo independientemente de los límites establecidos, haciendo fácil la elección de los modelos más óptimos. La curva toma valores entre 1 (prueba perfecta) y 0.5 (prueba inútil) (Phillips *et al.* 2006). Se eligieron los 10 mejores modelos para la especie de interés y se importaron a formato *raster* en el ArcGIS 9.3, con la herramienta de *ASCII to Raster*. Posteriormente los modelos se reclasificaron con la herramienta *Spatial Analyst Reclassify*, para obtener áreas con altas probabilidades de encontrar a la especie de interés. Los valores de probabilidad que se tomaron en cuenta a partir del mapa resultante de cada modelo generado por el programa, estuvieron en el intervalo 0.62 a 1. La distribución real y potencial de *T. mauryana* que se obtuvo de estos

análisis se exploró con base a la información de la cartografía temática a la que se accedió a través del portal de geoinformación de la CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>). Los formatos *shapefile* que se descargan fueron: división política, clima, tipo de vegetación, provincias fisiográficas, provincias biogeográficas y regiones terrestres prioritarias para la conservación.

Incorporación de variables geológicas en el análisis geográfico

Durante las visitas que realizamos a las localidades donde se presenta *T. mauryana*, notamos que su hábito rupícola determina que se encuentre asociada a paredes rocosas de diferentes alturas, orientaciones y composición geológica. Por lo tanto, nos pareció de particular importancia integrar el aspecto geológico en el análisis geográfico. Para esto, la distribución real y potencial de *T. mauryana* que se obtuvo de los análisis que se detallan en los párrafos anteriores se sobrepuso con los mapas de geología.

Se utilizó la información del conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales escala 1:1,000,000 obtenida a través del portal del INEGI (<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/geologia/InfoEscala.aspx>). En ésta se incluye la litología (i.e. la clasificación de las rocas de acuerdo con su origen y su composición mineralógica) y la estratigrafía (i.e. la clasificación de las unidades litológicas de acuerdo con la era en la que se originaron) (INEGI 2004). Los rasgos que se incluyen en esta información son: a) la unidad crono-litológica (región caracterizada por la edad y la predominancia de algún tipo de roca); b) la clase de roca (clasificación de las rocas de acuerdo con su origen); c) el tipo de roca dominante (la roca que caracteriza a la unidad crono-litológica); d) la era (de acuerdo con la división geo-cronológica de la edad de la Tierra); e) el sistema (la división de las eras geo-cronológicas en la escala de tiempo crono-estratigráfica); y f) la serie (la división de los sistemas crono-estratigráficos en la escala de tiempo crono-litológica).

A partir de las observaciones de campo, se determinó el tipo de roca en la que se distribuye *T. mauryana*. Una vez que se incluyeron estas variables en el análisis, junto con las variables climáticas y topográficas antes descritas, se identificaron las áreas en las que existe una mayor probabilidad de encontrar a la especie.

6. Estudio de campo de *Tillandsia mauryana*

Se llevaron a cabo visitas y recorridos a todas las zonas en las que se había registrado *T. mauryana*, según datos de herbario y de la literatura. Como se detallará más adelante, se corroboró la presencia de *T. mauryana* sólo en las localidades del estado de Hidalgo. En éstas se localizaron 31 puntos (poblaciones locales) de *T. mauryana*. En todos los casos se le encontró como rupícola, habitando en las paredes de acantilados, y no como epífita. En todos los casos en los que fue posible (en 9 sitios, según lo accesible y visible de la pared de estudio) se tomaron fotografías a partir de las cuales se estimó la densidad y la abundancia de la población local. Para esto, se incluyeron en la fotografía dos estadales graduados, uno vertical y otro horizontal (Fig. 2), que funcionaron como escalas a partir de las cuales se construyó una cuadrícula en el programa Adobe Photoshop CS4, que permitió contar a los individuos de *Tillandsia mauryana* y registrar la abundancia y densidad en cada pared. También se contabilizó, a partir de las fotografías, el número de individuos que presentaban flores, y se buscó hacer una descripción general de la estructura poblacional (*i.e.* la proporción de plantas pequeñas, medianas y grandes).

7. Información poblacional de *Tillandsia mauryana*

Estudio demográfico

Se llevó a cabo un estudio demográfico en una población local de *T. mauryana* en la Barranca de Metztitlán, Hgo. En el protocolo de esta investigación se había proyectado también realizar estudios demográficos en Oaxaca. Sin embargo, en vista de que no se encontraron poblaciones de *T. mauryana* en este último estado, sólo se estudió una población en Metztitlán. La población de estudio (20° 35 '22.5 '' N; 98 °45 '01.8 '' O; 1,297 m s.n.m) se ubica sobre la pared de un acantilado que, por su ubicación, es relativamente accesible y permite acercarse a los individuos de *T. mauryana* para marcarlos, medirlos y observarlos en detalle. En esta pared, se seleccionó una muestra de 307 individuos en mayo de 2012, a los cuales se les marcó con etiquetas metálicas, o bien a través de un número pintado en la roca junto a cada individuo, con el objeto de poder re-localizarlos el año siguiente (Fig. 3). A cada individuo se le midió el ancho y largo de la roseta con la ayuda de un vernier, y se le contó el número de frutos. Dicho procedimiento se llevó a cabo de nuevo a mediados de mayo de 2013. En esta última fecha se evaluó la supervivencia de los individuos marcados previamente, su tamaño (tomando en cuenta las medidas de la roseta), y se registró la presencia de plántulas nuevas.



Figura 2. Fotografía tomada en la región de Metztlán, que ejemplifica la forma en la que se midió el área que ocupaba cada población local de *T. mauryana* en las paredes de los acantilados donde se observó su presencia. Las barras graduadas son estadales, colocados en posición vertical y horizontal con la ayuda de un nivel.

Se subdividió a la población en seis categorías de tamaño, según el área de la roseta (obtenida como una elipse: $A = \pi \times [(diámetro\ mayor/2) \times (diámetro\ menor/2)]$; Cuadro 2). A partir de la frecuencia observada de los diferentes destinos potenciales que siguieron las plantas se estimaron, para cada categoría, las probabilidades de mortalidad, de permanencia en la misma categoría, de crecimiento a categorías mayores, o de retrogresión a categorías menores (por ejemplo, como resultado de la pérdida de las hojas más largas de una roseta, que se traduce en la reducción del tamaño de la roseta). Además, se estimaron las contribuciones reproductivas, dadas en unidades de número de plántulas producidas por un individuo promedio de cada categoría. Estos valores se estimaron según el método empírico (Menges, 1990), que toma en cuenta el número de plántulas nuevas observadas en 2013, las cuales se asignan a cada categoría según su

número de individuos y su esfuerzo reproductivo (en términos del número de estructuras reproductivas producidas).



Figura 3. Marcaje de individuos de *Tillandsia mauryana* en la población elegida para su seguimiento y estudio demográfico, en la región de Metztlán, Hgo. En la imagen, Valeria y Emilio Petrone Mendoza.

Cuadro 2. Categorización por tamaño de la roseta (área) de los individuos de *Tillandsia mauryana* marcados en la población de estudio en el área de Metztlán. Los datos de número de individuos corresponden a la estructura poblacional observada en junio 2012.

Categoría	Intervalo de área (cm ²)	Área promedio de la categoría (cm ²)	No. de individuos en la categoría
1	0.1 - 1.9	0.80	18
2	2.0 - 9.9	4.92	49
3	10.0 - 49.9	27.83	89
4	50.0 - 99.9	69.22	56
5	100 - 299.9	169.67	73
6	300 o más	403.27	22

A partir de las tasas demográficas obtenidas como se describe arriba, se construyó una matrices de Lefkovitch, la cual se analizó por el método de potencias (utilizando una hoja de cálculo de Excel) para obtener la tasa asintótica de crecimiento de la población (λ), así como la

estructura estable de categorías de tamaño (vector w) y los valores reproductivos de cada categoría (vector v).

Análisis de elasticidad

Los análisis de elasticidad son un complemento importante de los análisis matriciales. La elasticidad ofrece una estimación de cómo cambiaría el valor de λ si se modificara el valor de alguna de las entradas de la matriz, mientras el resto de las entradas permanecen constantes (Caswell, 2001; de Kroon *et al.*, 1986). Dado que la suma de todas las entradas de la matriz de elasticidad es igual a la unidad, cada entrada de la matriz se puede interpretar como la contribución relativa de dicha entrada a la tasa de crecimiento poblacional. Además, es posible sumar diferentes entradas de la matriz de elasticidades para evaluar la importancia relativa de los diferentes procesos demográficos involucrados (crecimiento, permanencia y reproducción), o diferentes estadios del ciclo de vida (Silvertown *et al.*, 1993). En este caso, se calculó la matriz de elasticidades para la población estudiada de *T. mauryana* utilizando los valores de los elementos de los vectores v y w , como se detalla en Caswell (2001).

Análisis de viabilidad poblacional

Este tipo de análisis ha sido ampliamente utilizado en estudios relacionados con conservación de especies y están basados en métodos cuantitativos que permiten estimar el riesgo de extinción de una población, según su comportamiento demográfico actual y bajo las diferentes presiones de extracción (o cosecha) que sufre. Con este tipo de ejercicios numéricos, se puede evaluar el impacto potencial de diferentes niveles de cosecha sobre las probabilidades de persistencia de las poblaciones, y el efecto que tendrían distintas estrategias de conservación sobre las probabilidades de extinción de las poblaciones evaluadas, entre otras (Morris & Doak, 2002). En este caso se evaluó el potencial de extinción de la población estudiada como una medida del tiempo que tardaría en reducirse el tamaño poblacional al 5% de su valor inicial, utilizando simulaciones numéricas que consistieron en afectar en diferentes proporciones ciertas entradas de la matriz, obtener el valor resultante de λ , y proyectar los cambios numéricos asociados que se observarían en la población. Estas proyecciones, junto con el análisis demográfico en sí mismo, serán las herramientas que se utilizarán en el Método de Evaluación de Riesgo de extinción de plantas en México (MER) del Anexo Normativo II de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

8. Aspectos del hábitat

Se describieron en términos generales las características bióticas y abióticas de los hábitats en los que se localizaron poblaciones de *T. mauryana*, tanto a nivel macro (tipo de vegetación, características climáticas), como a nivel de su nivel de disturbio. El nivel de disturbio se evaluó subjetivamente, pero se buscó cuantificarlo de alguna manera para poder establecer un gradiente de niveles de disturbio, identificando sus principales factores causales. Así, se estableció una escala de cuantificación del 1 al 10 que permitió una mayor precisión y objetividad, y que incorporó los diferentes componentes del disturbio de manera subdividida (Cuadro 3). El método utilizado sigue una lógica similar a la planteada por Martorell y Peters (2005) para evaluar el disturbio antropogénico crónico. Nuestro índice de disturbio tiene cinco elementos principales: actividades de extracción de roca, accesibilidad, desarrollo urbano, ganadería y agricultura. Cada uno puede tener un valor máximo, asignado según el nivel de riesgo que representa para las poblaciones de *T. mauryana*. Así, por ejemplo, las actividades de extracción de roca, que potencialmente pueden destruir por completo una población de *T. mauryana*, son el factor que mayor puntuación máxima puede alcanzar (con un 40% del valor máximo potencial del índice); este factor, a su vez, puede tener diferentes componentes que no son mutuamente excluyentes y que dependen de la cercanía de la actividad extractiva con respecto a la población de *T. mauryana* evaluada.

Se calculó el índice de disturbio del hábitat en las 31 poblaciones evaluadas en la región de Metztlán. Sin embargo, sólo para 9 de ellas se pudieron obtener datos de densidad y abundancia (ver Métodos, Sección 6, Estudio de campo de *Tillandsia mauryana*). Para estas 9 poblaciones se realizó un análisis de correlación para evaluar si la densidad y abundancia poblacional estaban relacionadas con el índice de disturbio.

9. Amenazas

A partir del índice de disturbio descrito en los párrafos anteriores, fue posible identificar los principales factores de amenaza para las poblaciones de *T. mauryana* en la región de Metztlán. La evaluación del disturbio se complementó con la información recabada a partir de diálogo informal con algunos pobladores de la zona y con las personas de la oficina de la Reserva de la Biósfera “Barranca de Metztlán”, con respecto a las presiones de colecta que existen sobre las

poblaciones de *T. mauryana*, sobre las tendencias de cambio de uso de suelo, y sobre la existencia de programas de conservación de especies vegetales en la región.

Cuadro 3. Factores considerados para el cálculo del Índice de Disturbio.

Factor / Actividad	Nivel	Puntuación máxima posible	Puntuación total máxima posible
1) Extracción de roca	1.1 Extracción <i>in situ</i>	2.5	4.0
	1.2 Extracción en pared aledaña	1.0	
	1.3 Extracción en zona cercana	0.5	
2) Accesibilidad a la pared	2.1 Presencia de carreteras	1.0	2.0
	2.2 Presencia de veredas y caminos	0.5	
	2.3 Signos de vegetación perturbada	0.5	
3) Desarrollo urbano	3.1 Contiguo a la pared (en contacto)	1.5	2.0
	3.2 Zonas aledañas	0.5	
4) Evidencias de ganadería en la zona		1.0	1.0
5) Agricultura en zonas aledañas		1.0	1.0
Total			10.0

10. Aprovechamiento y comercio

El comercio de *Tillandsia mauryana* se analizó tanto en el plano nacional como en el internacional. En lo que respecta al comercio nacional, se solicitó información actualizada a distintas dependencias de la SEMARNAT (la Dirección General de Vida Silvestre, la Dirección de Aprovechamiento de Vida Silvestre, y la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos), que son las encargadas de enviar los informes de comercio a la CITES, de otorgar los permisos de aprovechamiento y de comercio nacional, y de informar sobre decomisos y comercio ilícito, respectivamente. En lo que se refiere al comercio internacional, se analizó la información que se encuentra disponible en las bases de datos del Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas y el Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación (UNEP y WCMC, por sus siglas en inglés). Por último, se obtuvo un listado de todos los establecimientos nacionales e

internacionales que reproducen artificialmente y/o ofrecen a la venta ejemplares de *Tillandsia mauryana*, a través de una búsqueda exhaustiva en internet.

11. Conservación

Se buscó información sobre la existencia de programas de manejo y conservación en la región de Metztitlán y se investigó sobre sus objetivos. En particular, se tuvo contacto con la oficina de la Reserva de la Biósfera “Barranca de Metztitlán”, y se consultó extensivamente su plan de manejo (Dirección General de Manejo para la Conservación, 2003), con el objeto de identificar medidas que se hayan identificado o que se encuentran ya traducidas en acciones, para la protección de especies raras y endémicas de la región.

12. Evaluación de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y CITES

Se aplicó el Método de Evaluación de Riesgo de Extinción (MER) para plantas, descrito en el Anexo Normativo II de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por otro lado, se analizó la información compilada en las secciones previas con el fin de determinar si la especie cumple con los criterios de inclusión de especies en los Apéndices I y II, descritos en los Anexos 1, 2a y 2b de la Resolución Conf. 9.24 (Rev. CoP15) “Criterios para enmendar los Apéndices I y II”.

13. Conclusiones y recomendaciones

Una vez recabada y analizada toda la información antes mencionada, se concluyó sobre el estado actual de las poblaciones de *T. mauryana* en su área de distribución. A partir de esto, se formularon recomendaciones para su manejo y conservación, así como una sugerencia explícita con respecto a su nivel de protección en la CITES y en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Resultados y Discusión

1. Investigación bibliográfica

En el Cuadro 4 se presenta una lista de las principales referencias bibliográficas que mencionan a *Tillandsia mauryana*. El primer hallazgo importante que reportamos es que la especie de interés fue reclasificada como *Viridantha mauryana* en el año de 2002, como se detalla abajo (ver Resultados, Sección 2, Taxonomía). Por lo tanto, se llevó a cabo la búsqueda bibliográfica tanto con base en este último nombre, como con el nombre original.

La principal referencia al respecto de este taxón es precisamente el estudio a partir del cual se propone su reclasificación como parte de un nuevo género de la familia Bromeliaceae (Espejo-Serna, 2002). Sin embargo, como se discute más adelante, aún no hay una aceptación unánime del nuevo género propuesto (ver, por ejemplo, Govaerts 2004).

Con respecto a las visitas realizadas a los herbarios, durante los primeros seis meses de desarrollo del proyecto se visitaron cinco colecciones: el Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología y el de la Facultad de Ciencias (FCME) en Universidad Nacional Autónoma de México, los herbarios de los *Campus* Iztapalapa (UAMI) y Xochimilco (UAMX) de la Universidad Autónoma Metropolitana, así como el de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPNI). Además, se consultaron las bases de datos de los Herbarios del Instituto de Ecología A.C. Se revisó todo el material herborizado bajo los dos nombres asociados a la especie de interés: *Tillandsia mauryana* y *Viridantha mauryana*. El número de ejemplares encontrados fue muy bajo: se encontraron sólo nueve ejemplares de esta especie (ver Anexo A1). Entre el material revisado hay ejemplares de diferentes estados de la república (*i.e.* Guerrero, Oaxaca, Zacatecas, Jalisco e Hidalgo). Sin embargo, según el diálogo que hemos mantenido con el Dr. Espejo Serna, aparentemente sólo se ha corroborado su presencia en Hidalgo, por lo que los ejemplares provenientes de otros estados podrían ser determinaciones equivocadas (hecho que hemos comprobado, pues en ocasiones se observaron ejemplares etiquetados como *T. mauryana* pero que claramente no correspondían a este taxón), o bien podrían sugerir que la abundancia de *T. mauryana* es muy reducida, o ha disminuido marcadamente en los últimos años en la mayoría de los sitios originalmente reportados.

2. Taxonomía

Tillandsia mauryana pertenece a la familia Bromeliaceae, la cual comprende unas 1500 especies distribuidas en bosques húmedos, templados y secos del Continente Americano, con la única excepción de *Pitcairnia feliciana*, que se distribuye en Africa (Benzing 2000; Jacques-Félix 2000). Las plantas de esta familia se caracterizan por ser hierbas arrosietadas perennes de hábito terrestre o epífita, las cuales se han clasificado con base en sus caracteres morfológicos en tres sub-familias: Bromelioideae, Pitcairnioideae y Tillandsioideae. Esta última es la que tiene una distribución más amplia, abarcando desde los Estados Unidos Americanos hasta Argentina, con sus centros de mayor diversidad en las Antillas, los Andes, Sudamérica y México (Till 2000). La subfamilia Tillandsioideae tiene alrededor de 966 especies, agrupadas en siete géneros: *Catopsis*, *Glomeropitcairnia*, *Guzmania*, *Racinaea*, *Tillandsia*, *Viridantha* y *Vriesea* (Espejo-Serna, 2002). El género *Viridantha* se propuso recientemente (Espejo-Serna 2002) y todavía no cuenta con una aceptación unánime entre los taxónomos del grupo (Govaerts 2004).

El Dr. Adolfo Espejo Serna, quien propuso el género *Viridantha*, agrupa en él a seis especies endémicas de México, las cuales se dividen en dos secciones, *Viridantha* y *Caulescens*, según su forma de crecimiento (Espejo-Serna, 2002). Las plantas de la sección *Viridantha* presentan una roseta regular y compacta con numerosas hojas, las cuales son solitarias o poco ramificadas; tal es el caso de *Viridantha atroviridipetala* (Matuda) Espejo, *V. ignesia* (Mez.) Espejo, *Viridantha plumosa* (Baker) Espejo y *Viridantha mauryana* (L. B. Sm.) Espejo, siendo esta última nuestra especie de interés. (Más adelante abundamos en la discusión sobre sus diferentes nombres). Por otra parte, las plantas de la sección *Caulescens* presentan tallos alargados con pocas hojas los cuales se ramifican formando grupos cespitosos, como en *Viridantha lepidosepala* (L. B. Sm.) Espejo y *Viridantha tortilis* (Klotzsch ex Baker) Espejo (Espejo-Serna, 2002).

El nombre de *Viridantha mauryana* ya aparece en las listas de los principales herbarios del mundo (e.g. Kew, Missouri, Global Compositae Checklist, Lidis, NYBG, IPNI, Smithsonian – ver www.theplantlist.org), aunque con frecuencia se le cita como una Sinonimia de *Tillandsia mauryana*, siendo este último el nombre Aceptado. En la página citada (*The Plant List*), se menciona que “un sinónimo es un nombre alternativo que se ha utilizado para referirse a alguna especie (o a una subespecie, variedad o forma) pero que *The Plant List* no considera que sea el nombre actualmente aceptado. La decisión de asignar el estatus de Sinónimo a un registro de

nombre está basada en la opinión taxonómica citada en la fuente de los datos (seleccionada utilizando reglas automatizadas)”.

Cuadro 4. Bibliografía en la que se cita a *Tillandsia* / *Viridantha mauryana*.

Año	Autores	Referencia
1994	Espejo-Serna, A. & López-Ferrari, A.R.	Las Monocotiledóneas Mexicanas, una sinopsis florística. I. Lista de Referencia, parte III. Bromeliaceae, Burmanniaceae, Calochortaceae y Cannaceae. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C., Universidad Autónoma Metropolitana.
1997	Dorado Ramírez O.R.	Inventario florístico del a Sierra de Huautla, Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B054. México, D.F.
1999	Pleever, H.	Four small green-flowered Tillandsias (and a bit of botany). Bromeliana (newsletter of the New York Bromeliad Society). Publicado también en: The Newsletter of the Bromeliad Society of San Francisco. July 2010.
2002	Espejo-Serna, A.	Viridantha, un género nuevo de Bromeliaceae (Tillandsioideae) endémico de México. Acta Botánica Mexicana 60: 25-35.
2003	Espejo-Serna, A.	Sistemática del complejo de especies de <i>Tillandsia plumosa</i> Baker (Tillandsioideae: Bromeliaceae). Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana, México
2009	López-Ferrari, A.R. y Espejo-Serna, A.	Nuevas combinaciones en monocotiledóneas mexicanas IV (Bromeliaceae, Orchidaceae). Acta Botánica Mexicana 89: 43-46.
2010	Ceja-Romero, J., Mendoza-Ruíz, A., López-Ferrari, A.R., Espejo-Serna, A., Pérez-García, B. y García-Cruz, J.	Las epífitas vasculares del estado de Hidalgo, México: diversidad y distribución. Acta Botánica Mexicana 93: 1-39.

Otras fuentes, como www.tropicos.org (del Missouri Botanical Garden), reconocen a *Viridantha mauriana* como un nombre válido, pero citan a *Tillandsia mauryana* como su Basionimio (que es el nombre base, “el primer nombre publicado que es válido, que se le ha dado a una especie botánica o género, el cual tiene prioridad sobre otros nombres que se dan posteriormente a la misma especie por diferentes autores”). Curiosamente, hay fuentes en las que el nombre de *Viridantha mauryana* aparece como Sinónimo de *Tillandsia mauryana*, y

simultáneamente a esta última se le da la categoría de Basionimio (e.g. el sistema de The International Plant Name Index).

Con base en lo anterior, en el presente reporte se adoptó una posición conservadora apegada a la nomenclatura taxonómica que parece tener mayor aceptación a nivel internacional, y que es la que nombra a la especie de interés como *Tillandsia mauryana*. Su clasificación actual aparece en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Clasificación completa de *Tillandsia mauryana* (Fuente: MEXU).

<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Poales Familia: Bromeliaceae Juss. Subfamilia: Tillandsioidea Género: <i>Tillandsia</i> Especie: <i>Tillandsia mauryana</i> L.B. Sm.</p>	
---	--

3. Características de la especie

En México existen 175 especies del género *Tillandsia* (de las ca. 540 que existen), de las cuales 116 (66.3%) son endémicas de nuestro territorio (Espejo-Serna & López-Ferrari 1994). De estas, seis especies se propusieron como integrantes del nuevo género *Viridantha* (Espejo-Serna, 2002).

Tillandsia mauryana forma parte de un conjunto de especies originalmente agrupadas en el complejo de *Tillandsia plumosa* (Espejo-Serna, 2002). Todas las plantas de este complejo son hierbas perennes, epífitas y/o litófitas, con rosetas acaules, compactas, regulares, y con numerosas hojas cubiertas por escamas, las cuales le dan un aspecto “plumoso”. Las rosetas no se ramifican, de manera que los individuos crecen solitarios, y no son de tipo tanque; además, sus flores son de color verde oscuro (Espejo-Serna, 2003).

Tillandsia mauryana es una hierba perenne y acaule, cuyo tamaño no excede los 15 cm de alto. Forma una roseta esférica compacta, formada por numerosas hojas de margen entero que están cubiertas por tricomas peltados y radiales, los cuales le dan una apariencia algodonosa (Espejo-Serna, 2003). Además, sus hojas son recurvadas y de lámina subulada y conduplicada;

las hojas pueden medir de 6 a 10 cm de largo y de 3 a 7 mm de ancho desde la base. La filotaxia presenta un arreglo dístico (Espejo-Serna, 2003).

La inflorescencia de *Tillandsia mauryana* es nidular y compuesta, generalmente sin pedúnculo (o si lo presenta, es menor a 1 cm de largo) (Fig. 4). Las flores que la forman son tubulares; sus sépalos son de color verde en la base y rosados en el ápice, con un tamaño aproximado de 11 a 17 mm de largo; sus pétalos son lineares en la base y redondeados en el ápice, con coloración verdosa en la parte media y apical, y blanquizca en la parte basal, con un tamaño de 17 a 21 mm de largo por 2.5 a 3 mm de ancho. La flor está protegida por una bráctea ovada, de color rosado (Espejo-Serna, 2003). En las flores, los estambres son filiformes y aplanados, con anteras negras oblongas; el ovario es ovoide y el estilo es filiforme, es decir, delgado y largo. Los frutos que se forman tras la autopolinización son cápsulas oblongas, rostradas en el ápice, que tienen un tamaño aproximado de 2.3 cm. Las semillas son caudadas plumosas, dispersadas por el viento, y miden 15 mm de largo. Esta planta florece desde diciembre hasta marzo (Espejo-Serna, 2003).

Tillandsia mauryana es endémica de México y se distribuye en matorrales xerófilos y bosques tropicales caducifolios, en altitudes entre los 1300 y 1800 m (Espejo-Serna, 2003). Su hábito es rupícola, ubicándose en grandes paredes de roca caliza donde la pendiente tiene valores cercanos a 1 (aunque en estudios previos se le clasifica también como epífita). Como se ha mencionado anteriormente, a pesar de que se tienen registros de su presencia en los estados de Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Oaxaca y Zacatecas (Fig. 1), sólo se ha corroborado su presencia en Hidalgo (A. Espejo Serna, com. pers., lo que coincide con nuestras propias observaciones de campo). En vista de que es probable que muchos de los ejemplares de herbario etiquetados como *T. mauryana* realmente correspondan a algunas de sus especies cercanas, como *T. artroviridipetala* (A. Espejo Serna, com. pers.), es importante hacer una recomendación a los herbarios para que realicen una revisión detallada de sus registros de esta especie.

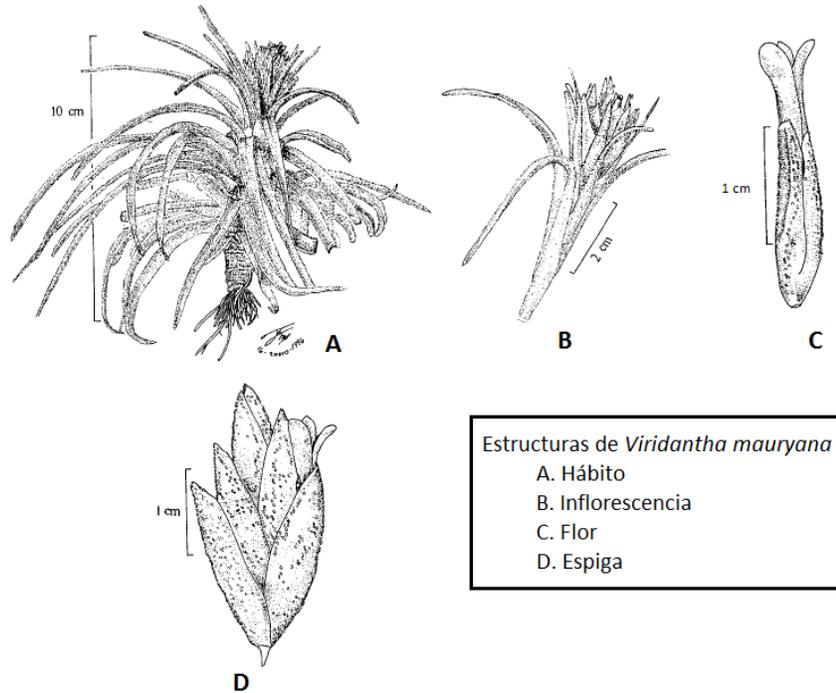


Figura 4. Detalles estructurales y morfológicos de *Tillandsia mauryana*. Apariencia de la roseta, inflorescencia, flor y espiga (Fuente: Espejo-Serna, 2003, modificada por Valeria Petrone).

4. Información sobre especies similares

El género *Tillandsia* es un grupo muy heterogéneo en caracteres vegetativos y florales, por lo que su clasificación taxonómica a nivel de género y subgénero ha sido complicada. De ahí que se hayan delimitado complejos o grupos de especies con caracteres más o menos similares (Espejo-Serna, 2002). *Tillandsia mauryana* forma parte del complejo *Tillandsia-Vriesea* y éste, a su vez, del complejo de *Tillandsia plumosa* (del cual se propuso, como se mencionó antes, el nuevo género *Viridantha*, formado por seis especies: *V. mauryana*, *V. artroviridipetala*, *V. plumosa*, *V. ignesia*, *V. tortillis* y *V. Lepidosepala*; Espejo-Serna, 2003). Las seis especies del complejo claramente tienen varias características morfológicas en común y, además, en algunos casos coinciden en sus áreas de distribución (Espejo-Serna, 2003). Por esta razón, es importante poder distinguir a *Tillandsia mauryana* de las otras especies con las cuales podría confundirse. El Cuadro 6 resume las diferencias más importantes entre *T. mauryana* y las especies con las que se encuentra cercanamente emparentada.

Cuadro 6. Especies con las que *Tillandsia mauryana* podría confundirse por tener características morfológicas similares y/o áreas de distribución compartidas. Las especies del complejo *Tillandsia plumosa* son las primeras 5 (que Espejo-Serna 2003 coloca en el género *Viridantha*).

Especie	Estados en los que se distribuye	Características distintivas
<p><i>Tillandsia atroviridipetala</i></p>  <p>(Fuente: http://www.tropicalplantbook.com)</p>	<p>Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Zacatecas.</p>	<p>La principal diferencia entre <i>T. atroviridipetala</i> y <i>T. mauryana</i> es el ancho de sus hojas: las de <i>T. atroviridipetala</i> son más delgadas (menores a 2 mm de ancho en la base). Además, las flores de <i>T. atroviridipetala</i> presentan anteras amarillas, en lugar de negras; su hábito es epífita.</p>
<p><i>Tillandsia plumosa</i></p>  <p>(Fuente: http://www.plantsystematics.org)</p>	<p>Guerrero, México, Oaxaca, Puebla.</p>	<p>Es una planta epífita. A diferencia de la inflorescencia nidular de <i>T. mauryana</i>, <i>T. plumosa</i> presenta inflorescencia compuesta, escaposa y globosa, cuyo tamaño es mayor al de sus hojas; estas últimas son más delgadas desde la base en comparación con las de <i>T. mauryana</i>.</p>
<p><i>Tillandsia ignesia</i></p>  <p>(Fuente: http://www.indonesiatraveling.com)</p>	<p>Guerrero, Jalisco, México, Michoacán</p>	<p>Presenta inflorescencia escaposa, simple y aplanada, de mayor tamaño que las hojas. Sus hojas son más delgadas que las de <i>T. mauryana</i> y se trata de una planta epífita.</p>
<p><i>Tillandsia tortillis</i></p>  <p>(Fuente: http://botu07.bio.uu.nl)</p>	<p>Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas.</p>	<p>A diferencia de <i>T. mauryana</i>, su roseta es irregular y amorfa; sus hojas son caulescentes y la flor es escaposa, más larga que las hojas, con un pedúnculo menor a los 2 mm de diámetro. Es de hábito epífita.</p>
<p><i>Tillandsia lepidosepala</i></p>	<p>Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Querétaro.</p>	<p>Ésta es una roseta irregular y amorfa, cuyas hojas son caulescentes. La flor es del mismo tipo que la de <i>T. mauryana</i> (nidular y más corta que las hojas) pero su pedúnculo es de menor tamaño (hasta 2.5 mm de diámetro). Es de hábito epífita.</p>

 <p>(Fuente: http://www.tropi-qualite.fr)</p>		
<p><i>Tillandsia schiedeana</i></p>  <p>(Fuente: http://www.associazioneclaramaffei.org)</p>	<p>Morelos, Veracruz.</p>	<p>En estado juvenil se puede confundir con <i>T. mauryana</i>. Pero a diferencia de esta última, <i>Tillandsia schiedeana</i> es epífita y su forma de crecimiento no es una roseta esférica, ni regular, pues sus hojas presentan un arreglo diferente. Posee una inflorescencia cuyo pedúnculo puede medir varios centímetros, igual que la espiga, y cuya coloración rojiza-amarillenta difiere de la de <i>T. mauryana</i>. Sus hojas miden menos de 5 mm en la base y son más largas y curvas que las de <i>T. mauryana</i>.</p>
<p><i>Tillandsia ionantha</i></p>  <p>(Fuente: www.tropicos.org)</p>	<p>De amplia distribución en México, incluyendo Morelos, Veracruz, Puebla</p>	<p>En estado juvenil se puede confundir con <i>T. mauryana</i>. Pero a diferencia de esta última, <i>Tillandsia ionantha</i> es epífita; El color de su flor es morado (en lugar de verde) y tiene un pedúnculo de mayor tamaño. Su espiga es naranja-rosácea, por lo que puede parecerse a <i>T. mauryana</i>.</p>

5. Distribución geográfica

Se modelaron en total 31 registros puntuales de *Tillandsia mauryana* en el estado de Hidalgo. A lo largo del análisis y después de evaluar la correlación entre las diferentes capas climáticas utilizadas, se decidió eliminar algunas de ellas para evitar la redundancia en la información (Cuadro 7). Del primer análisis de MaxEnt se obtuvo un mapa de la distribución potencial de *Tillandsia mauryana* que abarca desde el noreste de México, en los estados de Tamaulipas y Nuevo León (Sierra Madre Oriental) y se continúa hacia los estados de San Luis Potosí, el norte de Querétaro e Hidalgo (Fig. 7). Según estos resultados, también se le encontraría potencialmente

en Veracruz, en la provincia de Chinconquiaco, y hacia el sur alcanzaría la Sierra Madre Oriental y la de Oaxaca. En los límites de los Valles Centrales de Oaxaca y en las Sierras Orientales de ese estado se muestran probabilidades de presencia cercanas a la unidad. Por último, su distribución potencial también muestra cierta probabilidad en el estado de Chiapas. La amplitud aparente de la distribución potencial de *T. mauryana* indica una sobrepredicción asociada con características ambientales correspondientes a zonas templadas subhúmedas (Fig. 7).

Al analizar más localmente la distribución real y potencial de *T. mauryana* en el estado de Hidalgo (Fig. 8 y 9), puede verse que hay una clara delimitación fisiográfica, climática y de vegetación en cuanto a los sitios en los que se presenta. Las regiones relativamente templadas donde se encuentra la mayoría de los registros puntuales corresponde a la subprovincia Karst Huasteca, mientras que los demás registros se asocian con la zona árida Querétaro-Hidalguense (Fig. 8 y 9).

Cuadro 7. Variables bioclimáticas eliminadas del análisis debido a su alta correlación con otras variables incluidas en el modelaje.

Clave	Variable
Bio 1	Temperatura promedio anual
Bio 2	Oscilación diurna de la temperatura (desviación estándar *100)
Bio 4	Estacionalidad de la temperatura (Coeficiente de variación %)
Bio 5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio 6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio 8	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso
Bio 9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco
Bio 10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido
Bio 11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío

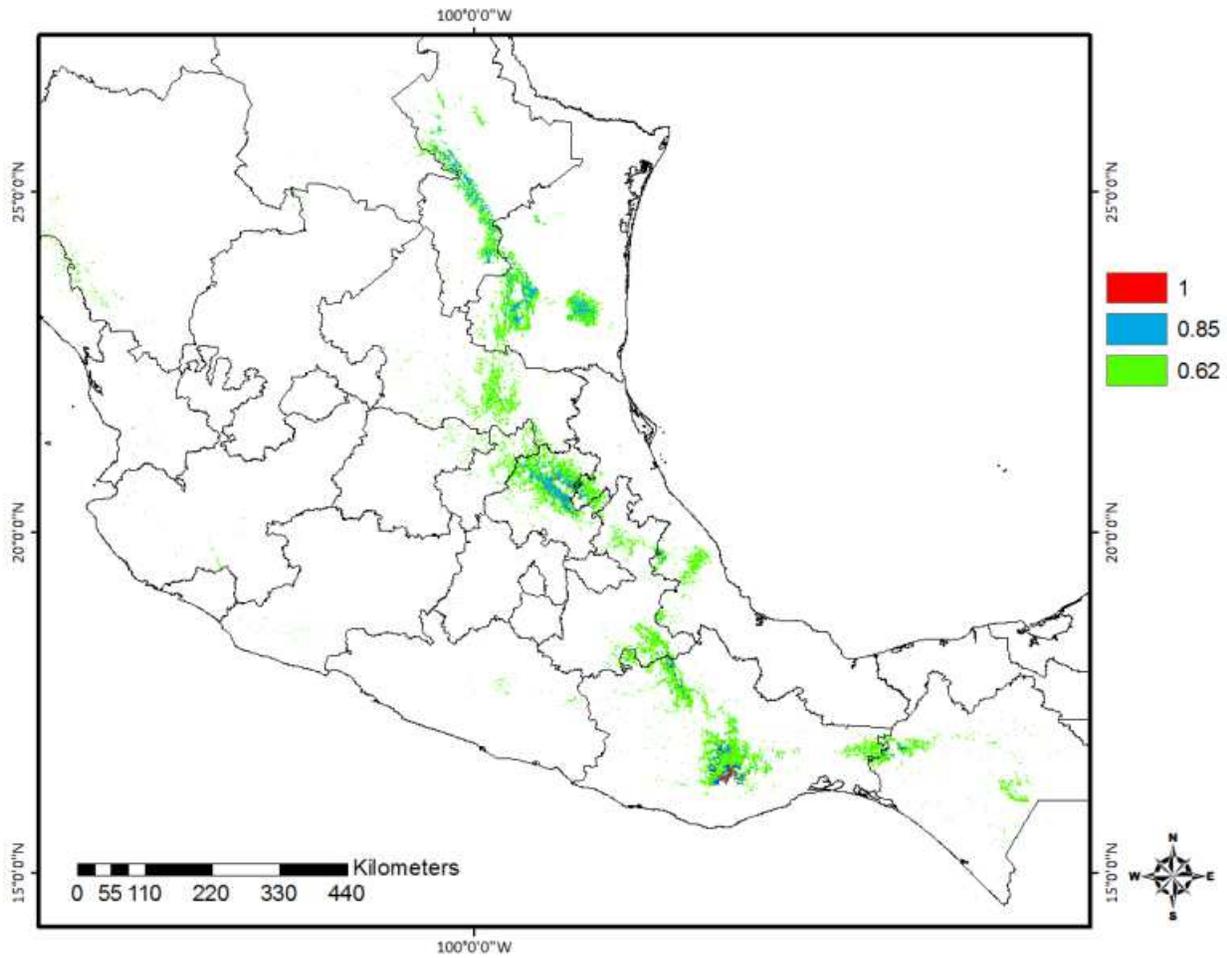


Figura 7. Distribución potencial de *Tillandsia mauryana* en México, resultado de los análisis de MaxEnt. La escala de colores indica la distribución potencial con diferentes probabilidades de presencia, desde los colores más claros (con probabilidades de 0.67) hasta los más intensos (con probabilidades cercanas a 1).

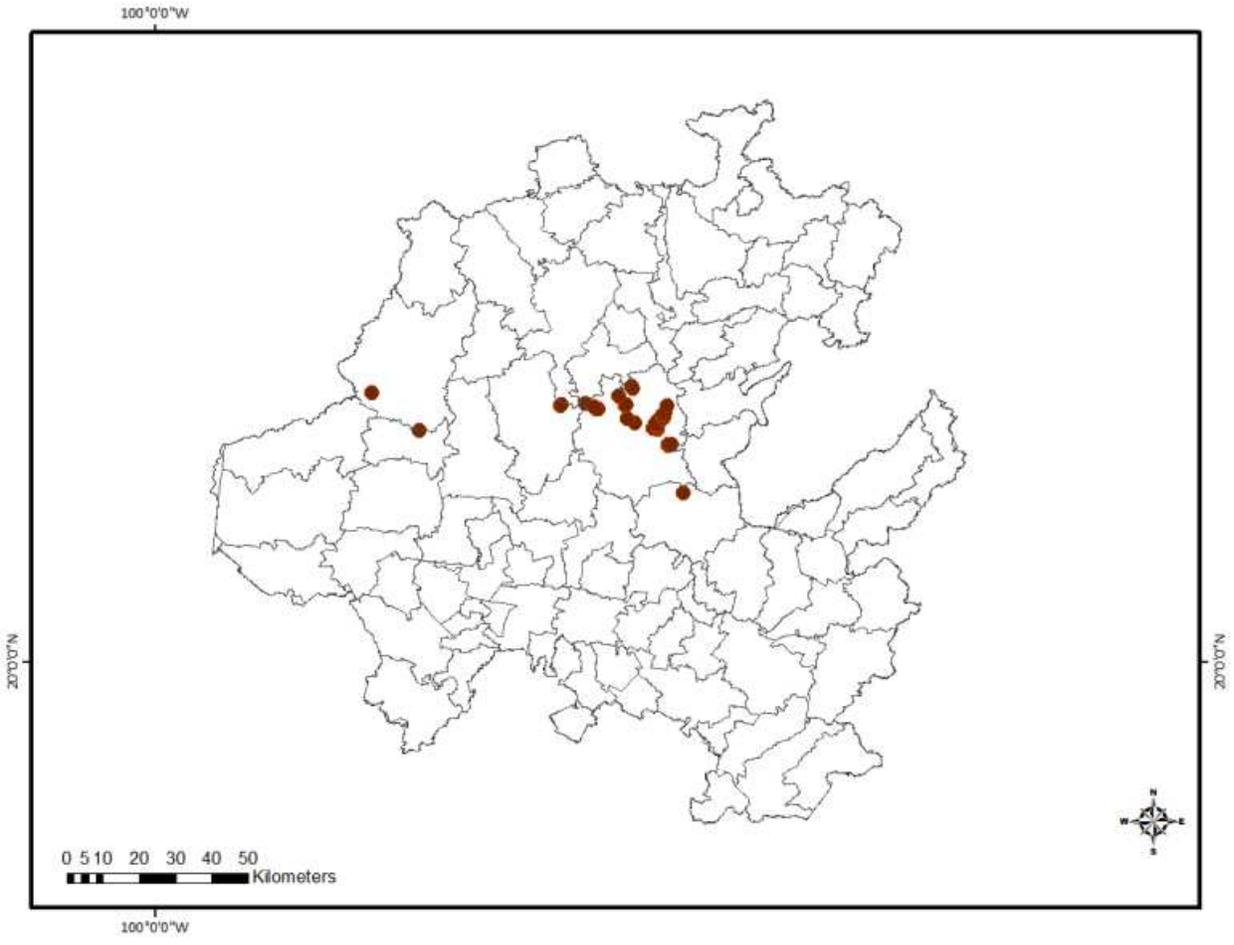


Figura 8. Distribución real de *Tillandsia mauryana* obtenida a partir de las verificaciones de campo en el estado de Hidalgo. Se presenta la división política del estado, por municipios, para mayor claridad.

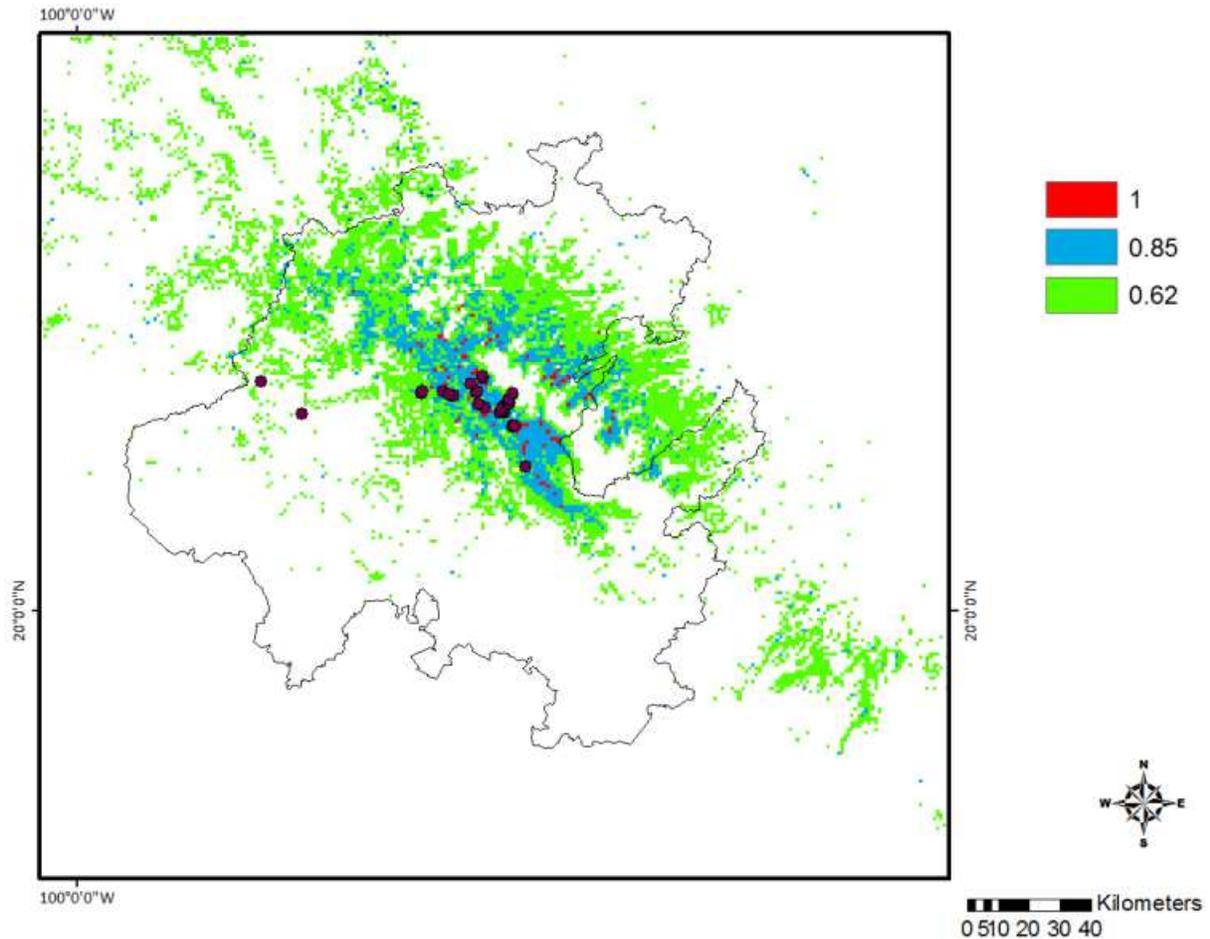


Figura 9. Distribución real (puntos) y potencial (colores) de *Tillandsia mauryana* en el estado de Hidalgo y regiones aledañas. La escala de colores indica la distribución potencial con diferentes probabilidades de presencia, desde los colores más claros (con probabilidades de 0.67) hasta los más intensos (con probabilidades cercanas a 1).

La variable ambiental que contribuyó más significativamente al modelo en este análisis fue Bio 7, que corresponde a la oscilación anual de la temperatura (cociente de la temperatura máxima promedio del periodo más cálido y la temperatura mínima promedio del periodo más frío). Lo anterior demuestra que los modelos de predicción de MaxEnt se basan fuertemente en variables que son capaces de detectar ambientes extremos. La segunda variable más importante fue el modelo digital del terreno, lo cual no sorprende, pues *T. mauryana* se asocia con características topográficas muy particulares debido a su predilección por paredes de acantilados. Estas dos variables por sí solas incluyen la mayor parte de la información relevante para proponer el mapa de la distribución potencial de la especie (Cuadro 8).

Cuadro 8. Lista de los 10 mejores modelos obtenidos en MaxEnt a partir de las 100 réplicas. En cada caso se presenta la variable que más contribuyó al modelo y su porcentaje de contribución. La descripción de las variables se encuentra en el Cuadro 1. El estadístico AUC mide el área bajo la curva ROC, que brinda un valor simple del rendimiento del modelo.

Numero de réplica	AUC	Variable	Porcentaje de contribución
40	0.996	Bio 7	33.2
6	0.994	Fill_mdt	32.3
45	0.992	Bio 7	35.2
57	0.991	Bio 7	24.7
20	0.990	Bio 7	31
52	0.998	Bio 7	32.1
12	0.989	Bio 7	31.1
56	0.988	Bio 7	34.2
44	0.998	Bio 7	27.4
27	0.988	Bio 7	26.2

De manera general, se puede apreciar que la distribución potencial de *T. mauryana* está asociada a las serranías del noroeste de México, siguiendo el patrón orográfico hacia el centro, donde se encuentra la distribución conocida de la especie, y continuando hacia el suroeste del país. Los resultados confirman que en la zona de los Valles Centrales de Oaxaca hay una fuerte probabilidad de encontrarla; sin embargo, en las exploraciones que realizamos no pudimos observarla. En el estado de Hidalgo encontramos a *T. mauryana* en nuevas localidades de las que no se había reportado. Es importante seguir con los recorridos en el municipio de Tasquillo, El Cardonal, y extenderlos hacia Querétaro. Y, como lo sugiere el análisis de modelado de nicho, sería recomendable verificar si se presenta en las zonas que corresponden a los municipios de Atotonilco El Grande, San Agustín Metzquitlán, Eloxochitlán y Tlahuiltepa.

Cabe aclarar que los resultados de la distribución observada de *T. mauryana* aquí presentados no están documentados con ejemplares de la especie depositados en herbarios, pues muchos de los sitios de colecta ya estaban registrados, y cuando no era así, no nos fue posible acceder a los acantilados para colectarla. Así, la mayoría de nuestros puntos de observación son registros visuales.

En lo que respecta al segundo análisis de distribución geográfica, se obtuvo la distribución potencial de *T. mauryana* en el país basada en variables climáticas y del modelo digital del terreno, y se recortó con base en los puntos geográficos y en las características geológicas y litológicas. En la Fig. 10 se observa que la distribución potencial de la especie tomando en cuenta estas variables incluye a nueve estados de la República que reúnen las condiciones apropiadas para su presencia: Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Querétaro, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Jalisco (Anexo A2).

La distribución observada de *T. mauryana* en Hidalgo indica una gran afinidad por los sustratos sedimentarios calizos [kl(cz), Fig. 11], pues la mayoría de los puntos en los que se le observó se encuentran en este tipo de sustrato. En segundo lugar, hay algunos puntos de presencia en sustratos calizos con lutitas [ks(cz-lu) de la era Mesozoica], y un número menor en sustratos de origen ígneo de la era Cenozoica [Ts(igea) y Ts(igeb); Anexo A3]. La distribución potencial de *T. mauryana* en el estado de Hidalgo se entiende hacia el sur de Metztlán, en los municipios de Atotonilco el Grande y Actopan; al este hacia San Agustín Metzquitlán; y al norte hacia Eloxochitlán, Tlahuipec y Nicolás Flores.

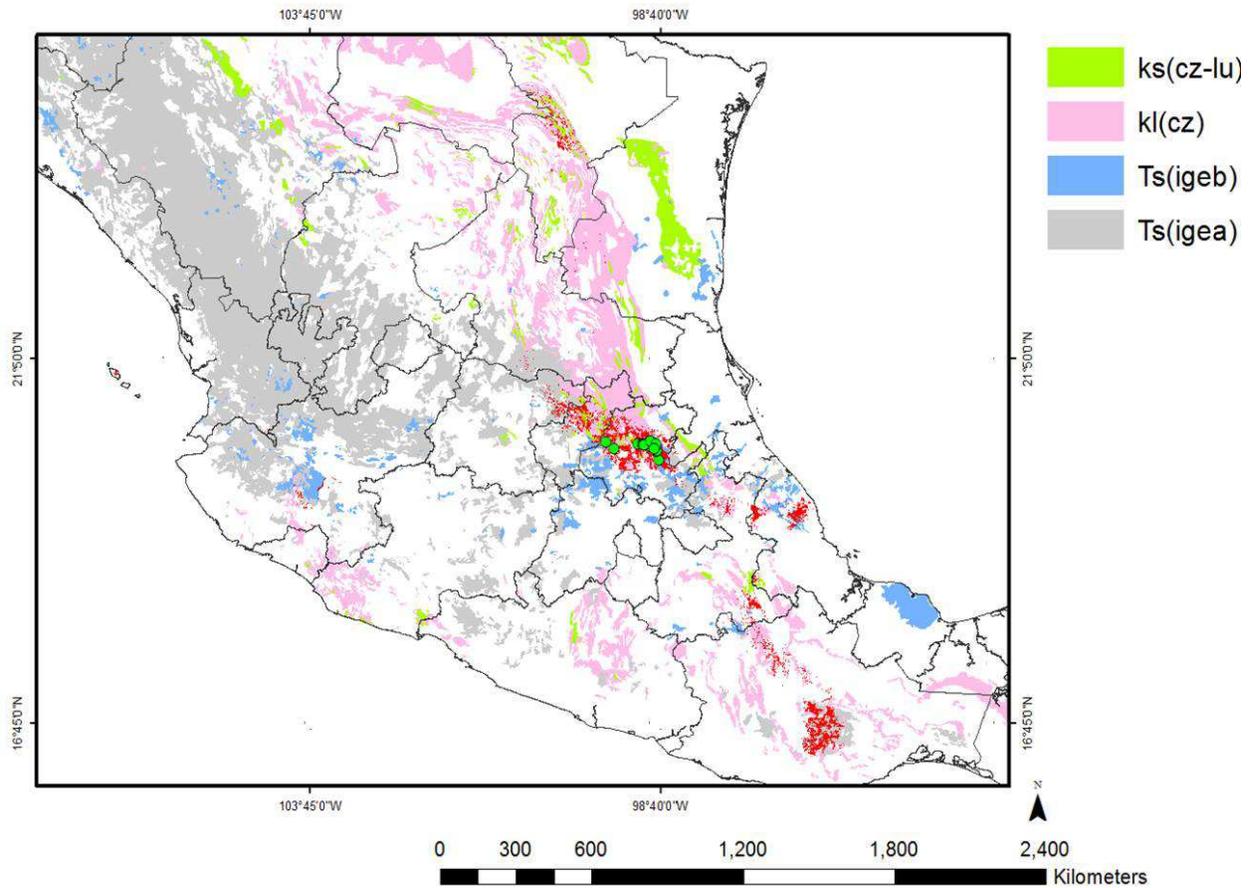


Figura 10. Distribución real (puntos verdes) y potencial (áreas de color rojo) de *T. mauryana* en México, en relación con la cobertura geológica. Las claves de color indican los tipos de roca: ks(cz-lu) = Calizalutita; kl(cz) = Caliza; Ts(igea) = Ígnea extrusiva ácida; Ts(igeb) = Ígnea extrusiva intermedia.

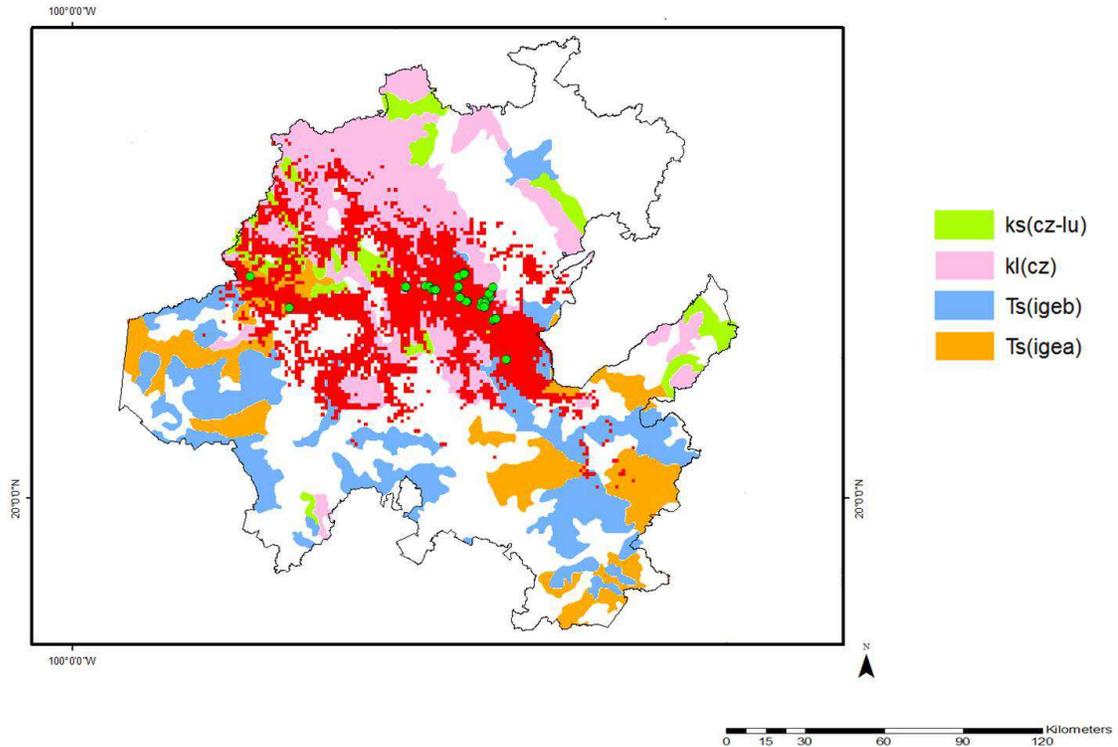


Figura 11. Mapa de distribución real (puntos verdes) y potencial (áreas de color rojo) de *Tillandsia mauryana* en el estado de Hidalgo y regiones aledañas. Las claves de color indican los tipos de roca: ks(cz-lu) = Caliza-lutita; kl(cz) = Caliza; Ts(igea) = Ígnea extrusiva ácida; Ts(igeb) = Ígnea extrusiva intermedia.

6. Estudio de campo de *Tillandsia mauryana*

Las 31 localidades en las que se encontraron poblaciones locales de *T. mauryana* se localizan en el estado de Hidalgo: dos en la región de Zimapán, dos en la barranca de Tolantongo (municipios El Cardonal y Metztitlán) y todas las demás en la barranca de Metztitlán (incluyendo un sitio en el municipio de Atotonilco el Grande). En todos los casos se le encontró como rupícola, habitando en las paredes de acantilados, y no como epífita. Las paredes habitadas por *T. mauryana* eran de roca caliza, pero por lo demás, no fue posible observar características distintivas que las diferenciaron de paredes en la que no estaba presente, pues su textura, orientación y altura fue muy diversa. En la mayor parte de los casos, las paredes con poblaciones de *T. mauryana* se encontraban inmersas en mezquicales, matorrales xerófilos (del tipo matorral sarcocaulé, según los mapas de vegetación publicados por INEGI), o selvas bajas caducifolias. Las coordenadas y características generales de estos 31 sitios se reportan en el Cuadro 9.

Solamente en 9 de los 31 sitios en los que se observaron poblaciones de *T. mauryana* fue posible acercarse lo suficiente a la pared como para tomar fotografías que incluyeran una escala a partir de las cuales se pudiera evaluar la abundancia y la densidad poblacional. La abundancia (número de individuos por pared) varió entre 3 y 304, y la densidad poblacional fluctuó varios órdenes de magnitud, de 0.09 a 4.14 ind/m². La proporción de individuos reproductivos por población fue de 14% en promedio, aunque presentó una amplia variación: de 8% en el sitio 20, a 45% en el sitio 2; en la población 6, de sólo 3 individuos, no se encontró ninguno reproductivo. Cinco de las nueve poblaciones evaluadas mostraron un porcentaje de individuos reproductivos de entre 10 y 16%.

Desgraciadamente no fue posible describir la estructura poblacional de las 9 poblaciones de las que se obtuvieron fotografías detalladas, pues la resolución de las imágenes no lo permitió. Esto mismo evitó que se tuvieran estimaciones muy precisas de la densidad y la abundancia, pues las plantas más pequeñas no se alcanzan a distinguir en las fotografías, y conjuntos de varias rosetas pueden aparecer en la imagen como una sola roseta. Como resultado, no hay duda de que nuestros datos de abundancia y densidad están subestimados en alguna medida.

Los temas relacionados con el tipo de vegetación, altitud y nivel de disturbio de estas poblaciones se discuten más adelante, en las secciones sobre Aspectos del hábitat y Amenazas.

7. Información poblacional de *Tillandsia mauryana*

En esta sección se presentan los resultados de los análisis demográficos completos de la población en estudio (sitio 20 en el Cuadro 9).

Ciclo de vida

Una vez que las semillas de *T. mauryana* son liberadas, pueden adherirse a la superficie de la roca y germinar, para producir plántulas (categoría 1 en el Cuadro 2). La etapa de plántula parece ser muy vulnerable, y por otro lado, no es particularmente breve, pues de acuerdo con la tasa de crecimiento de las plántulas (0.89 cm² al año), éstas pueden permanecer en esa categoría por un promedio de dos años. Los individuos de la categoría 2 crecen a un ritmo de 5.83 cm² por año, y la duración de esa categoría es también de alrededor de dos años. En la categoría 3, los organismos pasan un promedio de 3 años, creciendo a una tasa de 20.2 cm²/año. Las plantas de la categoría 4 y 5 son las que presentan la mayor tasa de crecimiento absoluto, con 48 cm² por año.

Cuadro 9. Lista de los sitios en los que se observaron poblaciones de *T. mauryana*. Se señala su localización, su índice de disturbio (ver Métodos, Sección 8, Aspectos de Hábitat, para detalles sobre su estimación), y su abundancia y densidad poblacional (estos últimos sólo para 9 poblaciones). Los tipos de vegetación que se reportan se determinaron con base en la ubicación de los puntos de latitud y longitud sobre el mapa de tipos de vegetación del INEGI, y están basados en la clasificación de Rzedowski (1990). El *sitio 20* fue en el que se llevó a cabo el estudio demográfico que se reporta más adelante.

Sitio	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Índice de disturbio	Abundancia		Tipo de vegetación
						(individuos reproductivos)	Densidad (ind/m ²)	
1	Atotonilco	20°25'11.2"	98°41'14.9"	1764	0.7	-	-	Mezquital
2	Metztitlán	20°32'22.5"	98°43'27.8"	1258	2.1	22 (10)	0.35	Selva baja
3	Metztitlán	20°34'51.5"	98°45'2.94"	1262	7.7	-	-	Selva baja
4	Metztitlán	20°35'09.1"	98°45'18.7"	1287	2.7	-	-	Selva baja
5	Metztitlán	20°35'23.9"	98°45'31.6"	1284	7.2	304 (45)	0.64	Selva baja
6	Metztitlán	20°37'11.0"	98°44'08.8"	1426	2.8	3 (0)	0.09	Mat. sarcocaula
7	Metztitlán	20°34'47.3"	98°45'46.9"	1274	4.1	106 (17)	1.61	Selva baja
8	Metztitlán	20°35'37.3"	98°48'19.7"	1268	4.4	206 (18)	3.27	Selva baja
9	Metztitlán	20°35'38.4"	98°48'29.8"	1257	6.9	-	-	Selva baja
10	Metztitlán	20°36'24.3"	98°49'31.4"	1274	3.4	-	-	Selva baja
11	Metztitlán	20°38'05.1"	98°49'56.5"	1322	2.6	160 (21)	2.86	Selva baja
12	Metztitlán	20°38'19.6"	98°49'49.6"	1260	4.3	-	-	Selva baja
13	Metztitlán	20°40'13.6"	98°49'50.1"	1251	2.3	-	-	Selva baja
14	Metztitlán	20°41'06.0"	98°48'54.3"	1260	4.5	130 (13)	2.2	Selva baja
15	Metztitlán	20°36'16.5"	98°44'20.7"	1364	3.1	232 (26)	3.68	Mat. sarcocaula
16	Metztitlán	20°36'28.1"	98°44'12.2"	1270	0.9	-	-	Mat. sarcocaula
17	Metztitlán	20°37'03.7"	98°44'15.6"	1422	0.8	-	-	Mat. sarcocaula
18	Metztitlán	20°35'52.0"	98°45'06.0"	-	4.7	-	-	Mat. sarcocaula
19	Metztitlán	20°35'33.0"	98°45'34.0"	1279	0.4	-	-	Mat. sarcocaula
20	Metztitlán	20°35'23.1"	98°45'01.4"	1350	4.6	256 (20)	4.14	Mat. sarcocaula
21	Metztitlán	20°35'20.6"	98°45'05.1"	1301	4.8	-	-	Selva baja
22	Zimapán	20°40'10.9"	99°27'44.8"	1989	6	-	-	Mezquital
23	Zimapán	20°34'32.2"	99°20'34.2"	1620	1.2	-	-	Mezquital
24	El Cardonal	20°38'10.7"	98°59'30.5"	1769	0.5	-	-	Mezquital
25	Metztitlán	20°38'31.8"	98°55'53.7"	1250	1.3	-	-	Selva baja
26	Metztitlán	20°38'20.1"	98°55'8.2"	1030	4	-	-	Selva baja
27	Metztitlán	20°37'47.7"	98°54'37.7"	994	3.5	-	-	Selva baja
28	Metztitlán	20°37'45.3"	98°54'20"	1001	1.2	-	-	Selva baja
29	Metztitlán	20°37'47.2"	98°54'0.0"	1027	1	-	-	Selva baja
30	Metztitlán	20°40'43.6"	98°48'46.6"	1271	-	-	-	Selva baja
31	Metztitlán	20°34'38"	98°45'07.4"	1286	2.2	-	-	Selva baja

En la categoría 6 el crecimiento se reduce, siendo de sólo 15.4 cm² por año. Una vez en esta categoría, los organismos pueden vivir varios años más, alcanzando edades máximas de unos 35 años (según los datos de tamaño máximo observados en el campo).

Las plantas de *T. mauryana* pueden reproducirse desde muy temprana edad (alrededor de los 2 años). Sin embargo, mientras mayor es el tamaño de la planta más altas son sus probabilidades de reproducción (Cuadro 10), y solo una baja proporción de la población (ca. 13%) se reproduce cada año, y hasta donde nuestros resultados permiten evaluar, los individuos que se reproducen en un año no se reproducen al año siguiente.

En cuanto a la propagación vegetativa, no podemos asegurar si se presenta o no en *T. mauryana*. Es frecuente observar varias rosetas juntas, pero existe la posibilidad de que sean el resultado de un conjunto de semillas que germinaron en el mismo lugar y que se establecieron formando un grupo de rosetas. Es necesario hacer observaciones más detalladas para poder concluir al respecto.

Estudio demográfico

La población estudiada se subdividió en 6 categorías de tamaño (Cuadro 2) y se siguieron los destinos de los individuos de cada categoría entre mayo de 2012 y mayo de 2013. El tamaño de los individuos varió desde 0.28 cm² hasta 617.03 cm². La estructura poblacional indica que las categorías más abundantes fueron la 3 (individuos de 10 a 50 cm² de área) y la 5 (individuos con un área de la roseta de 100 a 300 cm²) (Fig. 12). Los individuos de la categoría 1 (plántulas e individuos pequeños) alcanzan apenas un 6% del total, lo que nos habla de la existencia de problemas en el establecimiento de nuevos individuos en la población. La proporción de individuos reproductivos varió del 5 al 41%, según la categoría (Cuadro 10). La categoría con una mayor proporción de individuos reproductivos fue la 6; en general, se observó que la proporción de individuos reproductivos fue aumentando al aumentar el tamaño de la categoría (Cuadro 10). El número de estructuras reproductivas por individuo también fue muy variable, desde los que presentaron solo una flor, hasta un individuo que produjo 20 flores.

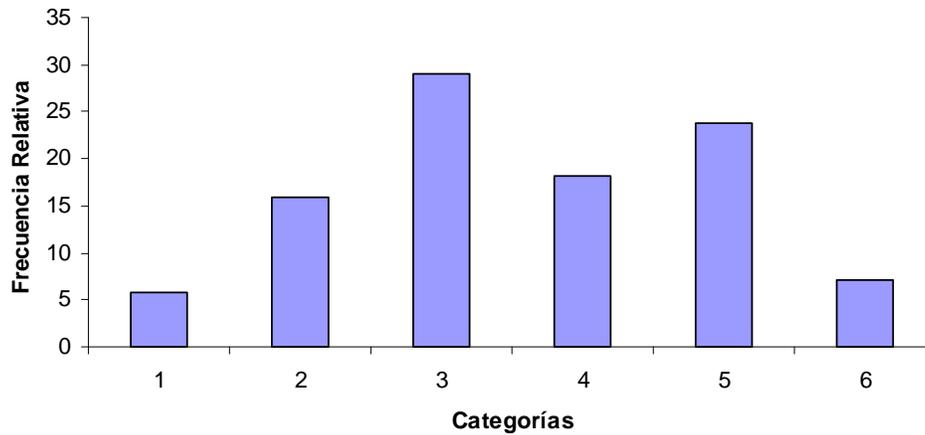


Figura 12. Descripción de la estructura de tamaños de la población estudiada de *Tillandsia mauryana* en la región de Metztlán. Intervalos de tamaño: categoría 1: 0.1 a 1.9 cm²; categoría 2: 2 a 9.9 cm²; categoría 3: 10 a 49.9 cm²; categoría 4: 50 a 99.9 cm²; categoría 5: 100 a 299.9 cm²; categoría 6: más de 300 cm².

La mortalidad también fue muy variable entre categorías. Como se esperaba, la categoría que mostró una mayor tasa de mortalidad (33%) fue la de los individuos más pequeños (Cuadro 11). Una vez que los individuos superan esa etapa de alta vulnerabilidad, la mortalidad disminuye a valores de entre 6 y 8 % anual. No se observaron muertes en la última categoría. De esta manera, fue necesario introducir una tasa de mortalidad estimada en la matriz de proyección poblacional para los individuos de la última categoría, con el objeto de reflejar el hecho indudable de que éstos mueren tarde o temprano. Esta estimación, que fue del 10%, se obtuvo con base en la tasa de crecimiento de los individuos y en el tiempo que tardan en alcanzar el tamaño máximo observado (Enright & Ogden 1979). Por otro lado, la fecundidad, que se obtuvo utilizando el método empírico (*i.e.* asignando las 22 plántulas nuevas encontradas en 2013 a las diferentes categorías, según su esfuerzo reproductivo y su número de individuos) en general fue aumentando al aumentar el tamaño de los individuos (Cuadro 12). Los individuos que presentaron una mayor fecundidad fueron los de la categoría 6, seguidos de los de la categoría 5, con un promedio de 0.32 y 0.13 plántulas por año, por individuo, respectivamente.

Cuadro 10. Número y proporción de individuos reproductivos observados en las diferentes categorías de tamaño en la población de *Tillandsia mauryana* a lo largo del periodo de estudio (de mayo de 2012 a mayo de 2013).

Categoría	No. de ind. reproductivos / No. de ind. de la categoría	Prop. de ind. reproductivos
1	1 / 18	0.056
2	2 / 49	0.041
3	2 / 89	0.022
4	8 / 56	0.143
5	17 / 73	0.233
6	9 / 22	0.409
Total	39 / 307	0.127

Cuadro 11. Número de organismos que murieron y tasa de mortalidad observada en cada categoría de tamaño de la población estudiada de *T. mauryana* entre mayo de 2012 y mayo de 2013.

Categoría	No. de individuos que murieron / no. de indiv. de la categoría	Proporción de mortalidad
1	6 / 18	0.333
2	4 / 49	0.082
3	6 / 89	0.067
4	5 / 56	0.089
5	5 / 73	0.069
6	0 / 22	0
Total	26 / 307	0.085

Cuadro 12. Matriz de proyección poblacional de tipo Lefkovich para la población estudiada de *Tillandsia mauryana* (mayo de 2012 a mayo de 2013). Cada entrada de la matriz representa la probabilidad de transición, o la contribución promedio, de los organismos de la categoría *j* (columnas) a la categoría *i* (renglones). La tasa finita de crecimiento poblacional (λ) se muestra abajo de la matriz.

Categoría	1	2	3	4	5	6
1	0.397	0.017	0.006	0.067	0.133	0.320
2	0.278	0.592	0.011	0	0	0
3	0	0.326	0.618	0.054	0	0
4	0	0	0.236	0.411	0.123	0
5	0	0	0.067	0.429	0.712	0.585
6	0	0	0	0.018	0.096	0.405

$$\lambda = 0.981$$

La tasa finita de crecimiento poblacional obtenida del análisis de la matriz fue menor que uno ($\lambda=0.981$), lo cual sugiere que la población está decreciendo numéricamente. Una alta proporción de los individuos muestreados disminuyeron de tamaño y transitaron a categorías menores de un año al siguiente, aunque también hubo individuos que crecieron más de una categoría en el periodo de observación. En general, la permanencia de los individuos en su misma categoría fue el destino más frecuente (Cuadro 12).

Análisis de elasticidad

Como lo muestra la matriz de elasticidades, la permanencia de las plantas en la categoría 5 fue la entrada que más contribuyó al valor de λ , siendo casi cinco veces mayor que las entradas que le siguieron en valor (0.072), correspondiente a la transición de la categoría 4 a la 5 y a la permanencia de los individuos en la categoría 3 (Cuadro 13). Por lo tanto, las plantas de la categoría 5 son las que deben vigilarse en mayor medida, pues si se afectara su supervivencia la tasa de crecimiento poblacional se vería afectada de manera importante. La reproducción de las plantas de la categoría 5 fue también la que más contribuyó a λ , comparada con la reproducción de los individuos de las demás categorías.

La matriz de elasticidades obtenida es hasta cierto punto atípica, considerando que se trata de una población con una $\lambda > 1$. Es común que las poblaciones que están decreciendo numéricamente tengan altas elasticidades en la supervivencia de los organismos de la última categoría (de Kroon *et al.*, 2000). Sin embargo, en este caso no son los organismos de la última, sino los de la penúltima categoría los que mayormente explican el valor de λ .

Cuadro 13. Matriz de elasticidades de la población estudiada de *Tillandsia mauryana* (mayo de 2012 a mayo de 2013). Las entradas en negritas fueron las que alcanzaron mayores valores.

Categoría	1	2	3	4	5	6
1	0.024	0.001	0.0003	0.004	0.021	0.009
2	0.035	0.055	0.001	0	0	0
3	0	0.035	0.072	0.007	0	0
4	0	0	0.031	0.062	0.055	0
5	0	0	0.010	0.072	0.352	0.051
6	0	0	0	0.004	0.057	0.042

Análisis de viabilidad poblacional

Se llevó a cabo un análisis de viabilidad poblacional que consistió en utilizar la matriz de proyección poblacional y la λ resultante para proyectar el tiempo estimado a la extinción (*i.e.* el tiempo que tardaría la población en alcanzar un tamaño poblacional de 5% del tamaño inicial). Para un valor de $\lambda = 0.981$, que es el que se obtuvo a partir de la matriz de proyección, se estima que la población se reduciría a 5% de su tamaño actual en tan solo 158 años. Si aumentara el valor de λ , el tiempo a la extinción aumentaría, como lo muestra la figura 13. Una vez que el valor de λ alcanzara o rebasara la unidad, la población se mantendría indefinidamente.

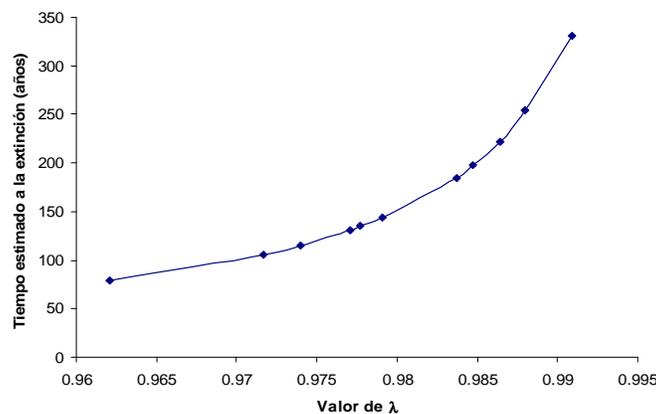


Figura 13. Relación entre el tiempo estimado a la extinción poblacional y el valor de la tasa finita de crecimiento (λ).

A partir de la proyección de las consecuencias numéricas de diferentes valores de λ , se llevaron a cabo diferentes ejercicios con la matriz de proyección poblacional reportada en el Cuadro 10, que consistieron en afectar en mayor o menor medida sus distintas entradas, simulando aumentos o disminuciones de la fecundidad, la mortalidad y el establecimiento de plántulas. Los efectos más negativos se obtendrían si aumentara la mortalidad en un 20%, pues la población se extinguiría en menos de 80 años; y los efectos más positivos, asegurando la persistencia de la población, se lograrían con una disminución de la mortalidad del 20% de sus valores actuales (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resultados de los ejercicios numéricos del análisis de viabilidad poblacional, modificando diferentes componentes de la matriz de proyección. Se reporta el valor de λ resultante, y el tiempo estimado a la extinción (t_e , el tiempo que tardaría la población en alcanzar 5% del tamaño actual). En las simulaciones de los primeros cuatro renglones no se afectó la supervivencia de las plántulas.

Parámetro modificado	t_e (años)	λ
Aumento de 10% en la mortalidad	106	0.9717
Aumento de 20 % en la mortalidad	79	0.9621
Disminución de 10% en la mortalidad	331	0.9909
Disminución de 20% en la mortalidad	-	1.0006
Aumento de 10% en la fecundidad	198	0.9847
Aumento do 20% en la fecundidad	254	0.9880
Disminución de 10% en la fecundidad	135	0.9777
Disminución de 20% en la fecundidad	115	0.9740
Disminución de 10% en la supervivencia de plántulas	144	0.9791
Disminución de 20% en la supervivencia de plántulas	131	0.9771
Aumento de 10% en la supervivencia de plántulas	185	0.9837
Aumento de 20% en la supervivencia de plántulas	222	0.9864

8. Aspectos del hábitat

Los hábitats en los que se distribuye *Tillandsia mauryana* son paredes de acantilados de roca caliza, con diferentes orientaciones y alturas, inmersas en ecosistemas de tipo mezquital (el 13% de los sitios), selva baja caducifolia (65%) y matorral sarcocaulé (22%) (Cuadro 9). Las altitudes en las que se le encontró variaron entre 994 y 1989 m s.n.m. Este último hallazgo implica que su distribución cubre una mayor amplitud altitudinal de la que originalmente se había reportado (*i.e.* que era de 1300 a 1800 m; Espejo-Serna 2003). Los climas en sus sitios de distribución son: semiárido (BS1hw) en Metztitlán; templado subhúmedo (C(wo)) en El Cardonal; semiárido templado (BS1kw) en Zimapán; y árido templado (BSokw) en Atotonilco el Grande. Estos climas se obtuvieron a través de sobreponer los registros puntales de los sitios donde observamos poblaciones de *T. mauryana* (Cuadro 9) en el mapa climático de la República Mexicana (escala 1:1,000,000, con datos del Sistema Meteorológico Nacional, la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Nacional del Agua, a partir de un total de 3037 estaciones climatológicas).

Con respecto a los niveles de disturbio del hábitat, se observó que el 40% de los sitios en los que se observaron poblaciones de *T. mauryana* presentaron índices de disturbio iguales o mayores de 4 (en una escala de 0 a 10) y 16.6% de los sitios mostraron niveles de disturbio por debajo de uno (Fig. 14). En la siguiente sección se analizan con más detalle las características de este disturbio, asociándolas con las amenazas que representan para la persistencia de las poblaciones de *T. mauryana*.

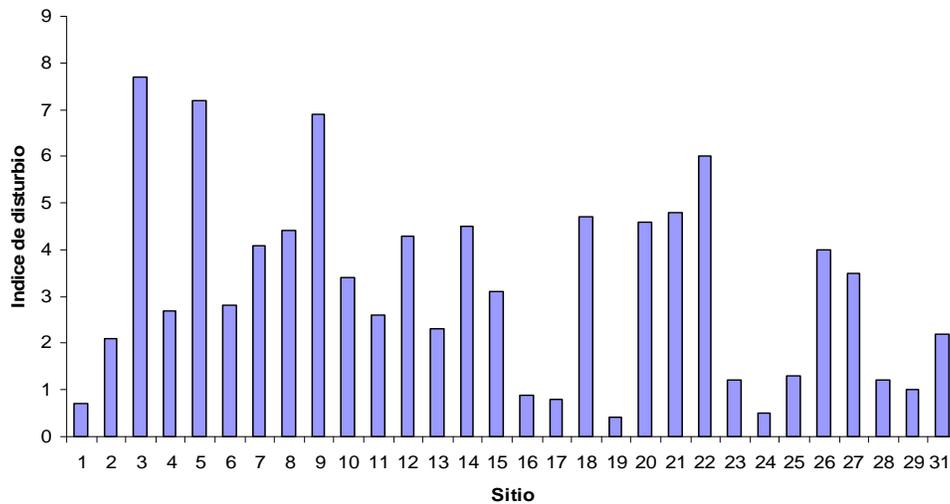


Figura 14. Índice de disturbio calculado para 30 poblaciones de *Tillandsia mauryana* ubicadas en Hidalgo, México.

9. Amenazas

Al realizar las evaluaciones del nivel de disturbio de acuerdo con nuestro índice (Cuadro 3), se obtuvo una diversidad de valores, desde un nivel de 7.7 en la población 3, hasta un nivel de 0.4 en la población 19. Las poblaciones que tuvieron los índices de disturbio más altos fueron la 3, 5, 9 y 22 (Fig. 15A). En estos casos, el factor que tuvo un mayor peso fue la extracción de roca, que representa una amenaza inmediata y grave para la persistencia de las poblaciones de *T. mauryana*. También el desarrollo urbano constituyó un factor de disturbio importante. Por otro lado, las poblaciones que mostraron un menor nivel de disturbio fueron la 16, 17, 1 y 19 (Fig. 15B). Como puede observarse en la figura, el bajo índice de disturbio de estas poblaciones estuvo relacionado con que no se presentó extracción de roca, ni en las paredes muestreadas, ni en las zonas aledañas. En estos casos, el nivel de accesibilidad de la pared fue lo que más contribuyó al nivel de disturbio de dichas poblaciones. La agricultura y la ganadería, en general, estuvieron

asociadas con el nivel de accesibilidad. Sin embargo, en vista de que *T. mauryana* se establece en paredes verticales de roca, los efectos directos que pueden tener la agricultura y la ganadería sobre sus poblaciones son mínimos.

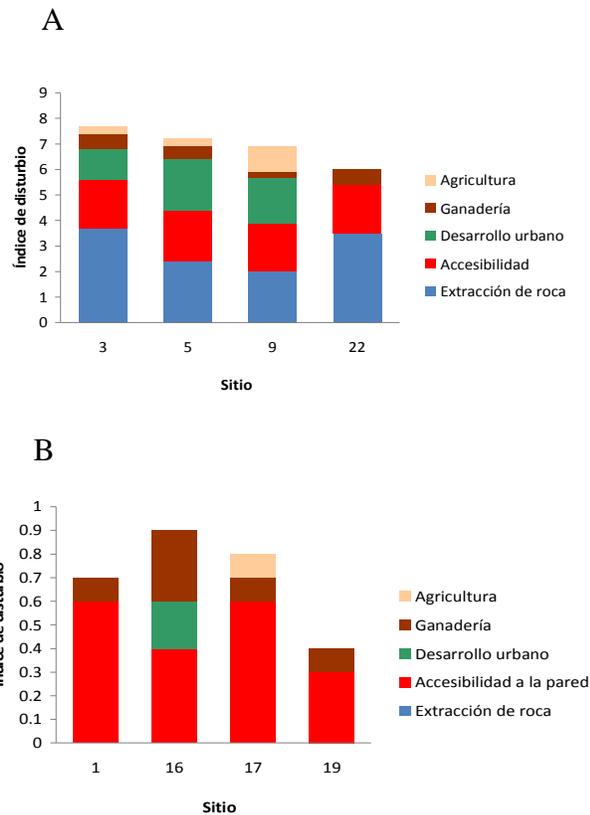


Figura 15. Contribución de distintos factores al índice de disturbio de los cuatro sitios más perturbados (A) y de los cuatro sitios menos perturbados (B), de los que se presentan en el Cuadro 9.

La relación que existe entre la densidad poblacional de *T. mauryana* observada en los nueve sitios en los que se evaluó, y el índice de disturbio, muestra que las mayores densidades se encuentran en sitios con un nivel intermedio de disturbio (Fig. 16). Sin embargo, puede observarse que a niveles similares de disturbio (con valores de *I.D.* entre 4 y 5) la densidad poblacional es bastante variable. Esto sugiere que es importante detallar mejor el cálculo del *I.D.* de tal manera que refleje más certeramente las variables que afectan la densidad de las poblaciones de *T. mauryana*.

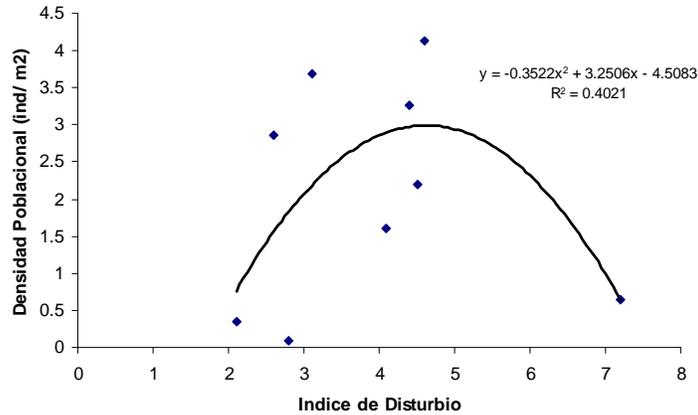


Figura 16. Relación entre la densidad poblacional observada en 9 poblaciones de *T. mauryana*, y el índice de disturbio. La curva representa el ajuste polinomial cuya ecuación y coeficiente de determinación se presentan en la gráfica.

Claramente los diferentes factores de disturbio se encuentran relacionados y se transforman en amenazas más complejas. Nuestra percepción indica que el nivel de accesibilidad (dado por las características naturales del sitio, y por su relación con actividades ganaderas, agrícolas o de desarrollo urbano) lleva a que poco a poco se vaya deteriorando una zona, factor que determina que tarde o temprano se empiece a extraer roca de ese sitio. Si esta actividad se realiza en una pared en la que hay una población de *T. mauryana*, definitivamente determina su desaparición. Es importante investigar aspectos sobre la tenencia de la tierra y el ordenamiento ecológico en la zona, pues es probable que esos factores determinen el posible uso que se le dé a la tierra en diferentes localidades. Asimismo, las presiones de cambio de uso de suelo parecen ser fuertes, sobre todo en las zonas cercanas al poblado de Metztlán, en las que el desarrollo urbano es cada vez más intenso. Solamente durante el año de estudio observamos la aparición de varias construcciones importantes (por ejemplo, un hospital) a menos de 200 m de distancia de una de las poblaciones más numerosas de *T. mauryana*.

Por otro lado, no se observó colecta ilegal de ejemplares, y ni los pobladores de la zona ni las personas que trabajan en las oficinas de la Reserva parecen tener conciencia de que se trata de una especie cotizada comercialmente. En este sentido, las presiones locales de colecta y comercio no parecen ser muy relevantes.

10. Aprovechamiento y comercio

El género *Tillandsia* (plantas aéreas, como popularmente se le conoce) es uno de los grupos de la familia Bromeliaceae más buscado por los aficionados y coleccionistas (Negrelle et al., 2011). El gusto por estas plantas en los últimos años ha incrementado debido a su belleza y colorido, y al hecho de que requieren de un cuidado mínimo (*i.e.* absorben agua y nutrientes de la atmósfera, a través de sus hojas). Además, muchas *Tillandsias* son fáciles de propagar vegetativamente (aunque no tenemos conocimiento de que sea el caso de *T.maur yana*), no presentan plagas y se venden a precios accesibles en el mercado internacional (Negrelle et al., 2011).

Más de un centenar de especies vistosas y raras del género *Tillandsia* se ofrecen a la venta como plantas de ornato. Entre estas plantas aéreas se incluye a *Tillandsia maur yana*, que puede obtenerse en la forma de plantas completas, o como semillas.

Lista de usos

Tillandsia maur yana se ofrece a la venta únicamente como planta ornamental y de colección. No se tiene registro de ningún otro tipo de uso.

Comercio nacional e internacional de Tillandsia maur yana.

La revisión de los datos sobre comercio internacional de *T. maur yana* reportados por el Programa de Medioambiente de las Naciones Unidas y el Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación (sus siglas en inglés UNEP-WCMC) indicó exportaciones de esta especie durante el periodo 1992-2010. De acuerdo con dichos datos, Estados Unidos y Hungría son los países que más frecuentemente la exportan (64% de las exportaciones la realizan estos países). México se destaca por su ausencia en la lista de exportadores. Si bien Estados Unidos cubre 28% de las exportaciones, es importante señalar que éste no reporta los montos exportados ni el país de origen de las plantas. Cabe aclarar que en el *ca.* 80% de los reportes de exportación se omite el país de origen de las plantas vendidas. Los montos de exportación reportados a lo largo de estos 19 años provienen de diferentes fuentes e indican que se han exportado pocas plantas (entre 129 y 261 plantas; y sólo entre 10 y 30 semillas; las plantas exportadas provienen esencialmente de Suiza -29%- y de Hungría -66%-, mientras que las semillas provienen de Estados Unidos). Los países a los que se vendieron estos ejemplares declararon en todos los casos que el material provenía de propagación artificial. A su vez, los países importadores del material vegetal re-

exportaron un total de 246 plantas vivas producidas en condiciones artificiales (78% de ellas con fines de lucro, y 22% para propagación *ex situ*) (UNEP-WCMC).

Con respecto al comercio legal de *T. mauryana* que se lleva a cabo al interior de nuestro país, hasta el momento no hemos recibido respuesta de las instituciones a las que solicitamos información.

Obtuvimos una gran cantidad de información sobre lo que aparenta ser comercio ilegal de *Tillandsia mauryana*, pues existen una serie de establecimiento que se pueden contactar por internet y que reproducen y venden ejemplares de esta especie (ver Anexo A4). Se venden tanto individuos adultos, como juveniles y semillas, cuyo origen no se esclarece en las páginas de Internet. Aunque *T. mauryana* es nativa de México, ninguno de los establecimientos que aparecen en el Anexo A4 se encuentra en nuestro país, siendo E.U.A. y Alemania los países con mayor número de sitios de internet en los que se vende dicha especie (9 y 4, respectivamente; Anexo A4). El mayor número de este tipo de sitios de internet está asociado a países europeos.

Al revisar las páginas de internet en las que se venden ejemplares de *T. mauryana*, se evidencia que sus precios varían entre \$ 2.91 y \$ 30 dólares americanos. En pocos casos se indica el tamaño, estadio de desarrollo de la planta en venta y su origen (silvestre o reproducido artificialmente). Asimismo, es evidente que las fotografías utilizadas para ilustrar a la especie se repitan en varias páginas, y en algunos casos se ilustra con una fotografía de otras especies parecidas. De los 21 sitios de internet que anuncia la venta de ejemplares de *T. mauryana*, sólo 38% (8) cuenta con fotografías originales; en 14% (3) de los casos se ilustra a *T. mauryana* con fotografías de *T. arthroviridipetala*; y en 19% (4) de los casos se ofrecen individuos juveniles, los cuales pueden confundirse con cualquier otra especie del complejo *Tillandsia plumosa*, e incluso con otras especies del género *Tillandsia* (*i.e.* *T. recurvata*, como lo vimos en el campo). Por todo lo anterior, claramente la compra de ejemplares de *T. mauryana* conlleva el riesgo de confusión con otras especies del género.

11. Conservación

El 87% de las poblaciones de *T. mauryana* que se localizaron a lo largo de esta investigación se encuentran en la región de Metztlán (Cuadro 9), la cual se caracteriza por la presencia de la Reserva de la Biósfera “Barranca de Metztlán”, que se decretó el 27 de noviembre del 2000 (Dirección General de Manejo para la Conservación, 2003), por lo que la región entera está

protegida. El polígono de la Reserva mide 96,042.94 ha que incluyen cuatro zonas núcleo y diversas zonas de amortiguamiento, destacadas por su alta biodiversidad. Sin embargo, más allá del decreto de la Reserva misma, no existen programas específicos de manejo y conservación de especies raras, endémicas o en peligro de extinción en la región. Cerca del poblado de Metztlán hay un Jardín Botánico manejado por las oficinas de la Reserva. Se trata de un terreno de unas cuantas hectáreas que tiene representados elementos típicos de los matorrales xerófilos de esa zona, con algunas veredas que marcan un recorrido en el que el visitante tiene la oportunidad de apreciar la riqueza de la vegetación local. Sin embargo, no hay poblaciones de *Tillandsia mauryana* dentro del Jardín, pues éste no incluye paredes verticales en las que esta planta se pueda establecer.

Durante los diálogos que tuvimos con el personal de la Reserva que labora en las oficinas de la misma, pudimos constatar que no se tiene mucha conciencia de la presencia de *Tillandsia mauryana* en la Reserva, ni de su estatus como especie enlistada en los apéndices de la CITES. Por otro lado, esto podría ser también una ventaja, en el sentido de que la falta de conciencia local sobre el valor potencial de plantas de colección reduce el riesgo de una sobrecolecta para su venta, como ocurre con muchas otras especies que son cotizadas por los mercados de coleccionistas (Courchamp *et al.*, 2006).

12. Evaluación de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y CITES

En esta sección se conjuntan todos los elementos de las secciones anteriores con el objeto de realizar una evaluación del nivel de riesgo que enfrenta *T. mauryana*. Para esto, se aplicaron los lineamientos del Método de Evaluación de Riesgo de Plantas en México (Anexo Normativo II - NOM-059-SEMARNAT-2010; ver Anexo A5), en el que se utilizan criterios relacionados con su distribución geográfica, las características de su hábitat, su vulnerabilidad biológica intrínseca y los impactos de las actividades humanas en su área de distribución. La puntuación final del análisis dio un total de 1.617 (Cuadro 14), que en la NOM-059-SEMARNAT-2010 corresponde a la categoría de “*Sujeta a Protección Especial*” (Pr), pues supera el valor límite de 1.5 (Anexo A6). Esta categoría incluye especies que “podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Con respecto al estatus de la especie en los Apéndices CITES, con base en los criterios de la Resolución Conf. 9.24 (Rev. CoP15), Anexos 2a y 2b, se puede comentar que, según las definiciones de las especies incluidas en los Apéndices de CITES, en principio *Tillandsia mauryana* se encuentra bien ubicada en el Apéndice II, debido a que “*si bien en la actualidad no se encuentra necesariamente en peligro de extinción, podría llegar a esa situación a menos que el comercio en especímenes de dichas especies esté sujeto a una reglamentación estricta a fin de evitar utilización incompatible con su supervivencia*”.

No obstante lo anterior, al parecer esta especie no es sujeto de un comercio internacional importante, pues los datos oficiales al respecto reflejan que éste se ha dado en cantidades reducidas. Por otro lado, es evidente que las principales causas que podrían amenazar la persistencia de esta especie no se verán revertidas a partir de mantenerla en el Apéndice II de CITES.

En este sentido, se sugiere realizar una consulta directa a las autoridades de los países que se incluyen en la base de datos de comercio internacional y de aquellos de donde provienen las páginas de Internet en las que se anuncia su venta, para obtener mayor información sobre el comercio internacional de la especie. Una vez que se cuente con dicha información, se tendrá un mayor fundamento para definir la postura nacional respecto a los resultados de la presente revisión. Por otro lado y de manera complementaria, en la siguiente sección se recomiendan una serie de acciones deseables para la conservación de esta especie a nivel local/nacional, independientemente de las cuestiones de comercio oficial.

13. Conclusiones y recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de esta investigación, concluimos lo siguiente:

a) *Tillandsia mauryana* es una especie del complejo de *Tillandsia plumosa*, que se diferencia de otras especies del género *Tillandsia*, por lo que se ha sugerido su separación en un género nuevo, *Viridantha*.

b) El área de distribución de *T. mauryana* parece ser menor de la que originalmente se propuso. Únicamente se encontró en el estado de Hidalgo, en las regiones de Metztitlán, Tolantongo y Zimapán. Sin embargo, su distribución potencial muestra que se le podría encontrar desde Nuevo León hasta Oaxaca y Chiapas.

Cuadro 14. Evaluación del nivel de riesgo de *Tillandsia mauryana* en la NOM-059-SEMARNAT-2010, según el Método de Evaluación de Riesgo para plantas. En los Anexos A5 y A6 se presenta el detalle y sobre el significado de cada elemento y el contexto en el que se evaluó.

Criterio	Elementos a tomar en cuenta	Puntaje	Suma (Puntaje)	Subtotal de cada criterio
A) Distribución geográfica	1) Extensión de la distribución	3	7	0.636
	2) Número de poblaciones discernibles	2		
	3) Provincias biogeográficas ocupadas	2		
	4) Representatividad en el Territorio Mexicano	0		
B) Características del hábitat	1) Tipos de vegetación en los que se presenta	1	3	0.330
	2) Hábitat especializado	1		
	3) Población dependiente de un hábitat primario	0		
	4) Permanencia de la población dependiente de regímenes de perturbación particulares	0		
	5) Amplitud del intervalo altitudinal	1		
C.1) Demografía	1) Número total de individuos	2	8	0.348
	2) Reclutamiento	2		
	3) Atributos demográficos			
	i) Densodependencia en la reproducción	0		
	ii) Clonalidad	0		
	iii) Decrecimiento poblacional	0		
	iv) Varianza en fecundidad	1		
	v) Sistemas de reproducción	0		
	vi) Floración sincrónica	1		
	vii) Propágulos	0		
	C.2) Genética	1) Varianza molecular		
2) Estructura genética molecular		0		
3) Cantidad de variación genética		0		
4) Nivel de diferenciación poblacional		0		
C.3) Interacciones bióticas especializadas	1) Nodrizas	0		
	2) Hospedero o forofito específico	1		
	3) Polinizador específico	0		
	4) Dispersor específico	1		
	5) Mirmecofilia	0		
	6) Dependencia de microrrizas	0		
	7) Afectación por depredadores o patógenos	0		
D) Impacto de la actividad humana	1) Alteración antrópica del hábitat	-1	3	0.300
	2) Nivel de impacto sobre hábitat	2		
	3) Cambios globales	0		
	4) Uso del taxón	2		
	5) Cultivado o propagado <i>ex situ</i>	0		
Sumatoria				1.617

c) En las localidades mencionadas del estado de Hidalgo, *T. mauryana* se encontró como rupícola, asociada a paredes verticales de acantilados de roca caliza. En estos hábitats es relativamente abundante.

d) La población cuya demografía se estudió en Metztitlán, Hgo., presentó una tasa de crecimiento poblacional (λ) menor a la unidad, por lo que se sugiere que se encuentra decreciendo numéricamente.

e) Aunque una buena parte del el área de distribución de *T. mauryana* está asociada a una Reserva de la Biosfera (Barranca de Metztitlán), los niveles de disturbio que enfrenta son relativamente altos. El tipo de disturbio que más podría afectar la persistencia de esta especie es la extracción de roca, pues cuando esta actividad se lleva a cabo en localidades donde hay poblaciones de *T. mauryana*, las elimina por completo.

f) El nivel de comercio de *T. mauryana* es incierto e irregular. La mayor parte del comercio que se realiza se lleva a cabo en el extranjero y no se conoce el origen de los ejemplares en venta. Sin embargo, existe la posibilidad de que los ejemplares vendidos no correspondan realmente a *T. mauryana*, pues es fácil confundirla con otras especies del complejo de *T. plumosa*, en particular con *T. artroviridipetala*.

Recomendaciones:

Con base en lo anterior, se sugiere que *Tillandsia mauryana* permanezca en el Apéndice II de CITES (a reserva de que la información que se obtenga de los países involucrados en su comercio confirme que sus niveles de mercado efectivamente así lo ameritan), y se le asigne la categoría de “sujeta a protección especial” en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se recomienda que se le dé seguimiento a la población estudiada demográficamente, por lo menos a lo largo de tres años, con el objeto de tener un acercamiento a la variabilidad potencial en su dinámica poblacional. Se aconseja que se estudie más a fondo su probable presencia en algunos de los sitios en los que se le ha reportado, particularmente en los de Oaxaca, pues según el análisis de su distribución potencial, *T. mauryana* efectivamente tiene altas probabilidades de encontrarse en la región de los Valles Centrales.

También se recomienda proponer a SEMARNAT que se incluya a *Tillandsia mauryana* en la Norma Oficial Mexicana NOM-059, para promover su conservación a nivel nacional.

En vista de que la Reserva de la Biósfera “Barranca de Metztitlán”, que es la principal área de distribución de *T. mauryana*, es un área natural protegida (ANP), se recomienda compartir con CONANP la información recabada en esta investigación, para promover acciones de manejo y protección adecuadas.

Por último, se recomienda llevar a cabo experimentos de reproducción artificial para propagar a *Tillandsia mauryana* en UMAs, para evitar que se pongan en riesgo las poblaciones naturales.



Dra. María Teresa Valverde Valdés
(Responsable del Proyecto)

Literatura citada

- Benzing, D. 1990. *Vascular Epiphytes*. Cambridge.
- Benzing, D. H. 2000. Bromeliaceae, profile of an Adaptive Radiation. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. 690 p.
- Bernal, R., T. Valverde & L. Hernández-Rosas. 2006. Habitat preference of the epiphyte *Tillandsia recurvata* (Bromeliaceae) in a semi- desert environment in Central Mexico. *Can. J. Bot.* 83: 1238-1247.
- Caswell, H. 2001. *Matrix population models: construction, analysis and interpretation*. Sinauer, Sunderland.
- Consejo Nacional de la Flora de México, A. C., Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Courchamp, F., E. Angulo, P. Rivalan, R.J. Hall, L. Signoret, L. Bull & Y. Meinard. (2006). Rarity Value and Species Extinction: The Anthropogenic Allee Effect. *PLoS Biology* 4(12): e415. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040415
- de Kroon, H., Plaisier, A., Van Groenendael, J.V. & Caswell, H. 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. *Ecology* 67:1427-1431.
- Dirección General de Manejo para la Conservación. 2003. *Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Barranca de Metztlán, México*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México. 209 pp.
- Enright, N.J. & J. Ogden. 1979. Applications of transition matrix models in forest dynamics: Araucaria in New Guinea and Nothofagus in New Zeland. *Australian Journal of Ecology* 4: 3-23.
- Espejo-Serna, A. & López-Ferrari, A.R. 1994. Las Monocotiledóneas Mexicanas, una sinopsis florística. 1. Lista de Referencia, parte III. Bromeliaceae, Burmanniaceae, Calochortaceae y Cannaceae. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C., Universidad Autónoma Metropolitana.
- Espejo-Serna, A. 2002. *Viridantha*, un género nuevo de Bromeliaceae (Tillandsioideae) endémico de México. *Acta Botánica Mexicana*: 60: 25-35.
- Espejo-Serna, A. 2003. Sistemática del complejo de especies de *Tillandsia plumosa* Baker (Tillandsioideae: Bromeliaceae). Tesis Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- García-Franco, J.G. & V. Rico-Gray. 1991. Biología reproductiva de *Tillandsia deppeana* Steudel (Bromeliaceae) en Veracruz, México. *Brenesia* 35:61-79.
- Gentry A.H. & C.H. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 74: 205-233.
- Govaerts, R. (2004). World Checklist of Monocotyledons Database in ACCESS: 1-54382. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. [as *Tillandsia mauryana*]
- Hernández-Apolinar M. (1992) Dinámica poblacional de *Laelia speciosa* (H.B.K.) Schltr. (Orchidaceae). Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Hietz, P. 1997. Population dynamics of epiphytes in a Mexican humid montane forest. *Journal of Ecology* 85: 767-775.
- Jacques-Félix, H. 2000. The discovery of a bromeliad in Africa: *Pitcairnia feliciana*. *Selbyana* 21:118-12.
- Larson, D. W., U. Matthes & P. E. Kelly. 2005. *Cliff Ecology. Pattern and Process in Cliff Ecosystems*. Cambridge University Press. New York. 343 pp.

- Larson, R. J. 1992. Population dynamics of *Encyclia tampensis* in Florida. *Selbyana* 13: 50-56.
- Luther, H.E. 2006. *An alphabetical list of bromeliad binomials*. Bromeliad Society International. Sarazota.
- Martorell, C. & E.M. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124: 199-207.
- Menges, E.S. 1990. Population viability analysis for an endangered plant. *Conservation Biology* 4: 52-62.
- Mondragón, D., R. Duran, I. Ramirez & T. Valverde. 2004. Temporal variation in the demography of the clonal epiphyte *Tillandsia brachycaulos* (Bromeliaceae) in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 20: 189-200.
- Morris W. F. & D. F. Doak. 2002. *Quantitative conservation biology: the theories and practice of population viability analysis*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Mouriño, J. & X. L. Otero. 2002. Caracterización de la vegetación de los acantilados del parque natural de las Islas Cies y su relación con la colonia de gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans*). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias forestales*, **14**: 135-142.
- Negrelle, R.R.B., Adilson, A. & Darcy, M. 2011. Bromeliad ornamental species: conservation issues and challenges related to commercialization-doi: 10.4025/actascibiolsci. v34i1. 7314. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 34: 91-100.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación potencial, IV.8.2. En: *Atlas Nacional de México*. Vol. II. Instituto de Geografía-UNAM. México
- Silvertown, J., Franco, M., Pisanty, I. & A. Mendoza. 1993. Comparative plant demography-relative importance life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennial. *Journal of Ecology* 81:465-467.
- Till, W. 2000. Tillandsioideae. Pp. 555-572. En: D. H. Benzing. Bromeliaceae. Profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press. Cambridge, U K.
- Tremblay, R. L. 1997. *Lepanthes caritensis*, an endangered orchid: no sex, no future? *Selbyana* 18(2): 160-166.
- Valverde, T. & R. Bernal. 2010 ¿Hay asincronía demográfica entre poblaciones de *Tillandsia recurvata*? evidencias de su funcionamiento metapoblacional. *Boletín Sociedad Mexicana de Botánica* 86: 23-36.
- Winkler, M., K. Hülber & P. Hietz. 2007. Population dynamics of epiphytic bromeliads: Life strategies and the role of host branches. *Basic and Applied Ecology* 8: 183-196.
- Zotz, G. 1998. Demography of the epiphytic orchid, *Dimerandra emarginata*. *Journal of Tropical Ecology* 14: 725-741.
- Zotz, G. 2005. Differences in vital demographic rates in three populations of the epiphytic bromeliad, *Werauhia sanguinolenta*. *Acta Oecologica* 28:306-312.
- Zotz, G. & G. Schmidt. 2006. Population decline in the epiphytic orchid *Aspasia principissa*. *Biological Conservation* 129: 82-90.

Anexos

Anexo A1.

Resumen de la información obtenida sobre los ejemplares de *Tillandsia* / *Viridantha mauryana* a partir de las visitas a herbarios. No se encontraron ejemplares en los herbarios UAMX y IPNI.

Nombre	Herbario	Estado	Municipio / Localidad	Tipo de vegetación	Forma de crecimiento	Colector	Determinó	Año de colecta
<i>Viridantha mauryana</i>	MEXU						A. Espejo 2002	
<i>Tillandsia mauriana</i>	MEXU						A. Espejo y A. R. Lopez- Ferrari 2000	
<i>Viridantha mauryana</i>	UAMIZ	Hidalgo	Metztitlán / 8 Km después de Zoquicoquipan, rumbo a Metztitlán 20° 36' 27" N, 98° 44' 10" W	Matorral	Hierba rupícola	J. Ceja 1967; A. Espejo, A.R. López- Ferrari, A. Mendoza R., J. García- Cruz	A Espejo y A. R. López- Ferrari	2009
<i>Viridantha mauryana</i>	UAMIZ	Hidalgo	Metztitlán / 8 Km después de Zoquicoquipan, rumbo a Metztitlán 20° 36' 27" N, 98° 44' 10" W	Matorral	Hierba rupícola	J. Ceja 1967; A. Espejo, A.R. López- Ferrari, A. Mendoza R., J. García- Cruz	A Espejo y A. R. López- Ferrari	2009
<i>Viridantha mauryana</i>	UAMIZ	Hidalgo	Metztitlán / Alrededores de La Paila	Matorral	Hierba rupícola	J. Ceja 1968; A. Mendoza R.		2006
<i>Viridantha mauryana</i>	UAMIZ	Hidalgo	Metztitlán / Alrededores de La Paila	Matorral	Hierba rupícola	J. Ceja 1968; A. Mendoza R.		2006
<i>Viridantha mauryana</i>	UAMIZ	Zacatecas	Tlatenango de Sánchez Román / 15 Km después de Corral de Piedra, rumbo a Tlatenango cerca de Jalpa. 21° 39' 36" N, 103° 06' 26" W	Bosque tropical caducifolio	Hierba epífita	A. Espejo, A.R. López- Ferrari	A. Espejo y A. R. López- Ferrari 2009	2007
<i>Viridantha mauryana</i>	UAMIZ	Hidalgo	Metztitlán / San Juan C. A., 1 Km. Antes de llegar a Meztitlan 20° 34' 49" N, 98° 45' 26" W, 1300 msnm	Matorral xerofilo, plegamientos calizos, talud	Hierba litófito, flores verdes	A. Espejo y A.R. López- Ferrari	A Espejo y A. R. López- Ferrari 2009	2009
<i>Tillandsia mauryana</i>	FCME	Guerrero	Atlixtlac / Petatlán, 1.85 Km al Noroeste 17° 35' 4" N 99° 0' 84" W 1400 msnm	Bosque tropical caducifolio	Herbácea asociada a Juniperus	Iván Limón García, # 6,	V. Diego- Escobar, 2004	2002

Anexo A2.

Estados de la República Mexicana con los que se asocia la distribución potencial de *T. mauryana* según sus rasgos geológicos.

Estado	Provincia fisiográfica	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Serie
Nuevo León	GRAN SIERRA PLEGADA	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
		ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior
Tamaulipas	GRAN SIERRA PLEGADA	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
	SIERRAS Y LLANURAS OCCIDENTALES	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
San Luis Potosí	SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE DE GUANAJUATO	Ts(igea)	Ignea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A
Guanajuato	SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE DE GUANAJUATO	Ts(igea)	Ignea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A
	KARST HUASTECO	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
		Ts(igea)	Ignea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A
Querétaro	SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE DE GUANAJUATO	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
		Ts(igea)	Ignea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A
		ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior
	KARST HUASTECO	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
		ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior
	LLANURAS Y SIERRAS DE QUERETARO E HIDALGO	Kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
		Ts(igea)	Ignea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A
ks(cz-lu)		Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior	
Puebla	KARST HUASTECO	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
	SIERRAS CENTRALES DE OAXACA	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
Veracruz	PROVINCIA CHICONQUIACO	Ts(igeb)	Ignea extrusiva	Ignea extrusiva intermedia	Cenozoico	Neógeno	N/D
Oaxaca	SIERRAS CENTRALES DE OAXACA	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
	SIERRAS ORIENTALES	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
	SIERRAS CENTRALES DE	Ts(igea)	Ignea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A

	OAXACA	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
	SIERRAS ORIENTALES	Ts(igea)	Ignea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A
		kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior
Jalisco	SIERRA DE JALISCO	Ts(igeb)	Ignea extrusiva	Ignea extrusiva intermedia	Cenozoico	Neógeno	N/D
		Ts(igea)	Ignea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A
		kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior

Anexo A3.

Localidades de Hidalgo con las que se asocia la distribución potencial de *T. mauryana*, según sus los rasgos geológicos.

Municipio	Latitud	Longitud	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Serie	Provincia fisiografica
Metztitlán	20.419777	-98.687472	Ts(igeb)	Ígnea extrusiva	Intermedia	Cenozoico	Neógeno	N/D	Karts huasteco
Metztitlán	20.538527	-98.725611	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.539583	-98.724388	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.541194	-98.718166	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Tasquillo	20.575611	-99.342833	Ts(igea)	Ígnea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A	Karts huasteco
Metztitlán	20.577222	-98.752055	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Llanuras y Sierras de Qro. e Hgo.
Metztitlán	20.577888	-98.753527	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.578222	-98.751777	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.579805	-98.763027	ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior	Karts huasteco
Metztitlán	20.580972	-98.750816	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco

Metztlán	20.585861	-98.755194	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.589055	-98.751416	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.589527	-98.758722	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.589583	-98.7505	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.58975	-98.750388	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.589972	-98.758777	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.590555	-98.758944	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.590777	-98.759083	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.5925	-98.759444	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.593694	-98.805472	ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior	Karts huasteco
Metztlán	20.593694	-98.805472	ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior	Karts huasteco
Metztlán	20.594	-98.808277	ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior	Karts huasteco
Metztlán	20.597777	-98.751666	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.604527	-98.739055	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.604583	-98.739083	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.60675	-98.825388	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.607722	-98.736777	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.607805	-98.736777	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.607805	-98.736722	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.617694	-98.737666	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztlán	20.619722	-98.735777	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico	Karts

								inferior	huasteco
Metztitlán	20.62925	-98.905555	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.629777	-98.9	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.629916	-98.910472	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.63475	-98.832311	ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior	Karts huasteco
Cardonal	20.636305	-98.991805	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.637472	-98.727305	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.638777	-98.830444	ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior	Karts huasteco
Metztitlán	20.638916	-98.91894	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Cardonal	20.639916	-98.99038	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Cardonal	20.642166	-98.93158	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Zimapán	20.669694	-99.46244	Ts(ígea)	Ígnea extrusiva	Ácida	Cenozoico	Neógeno	N/A	Llanuras y Sierras de Qro. e Hgo.
Metztitlán	20.67044	-98.83058	ks(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-lutita	Mesozoico	Cretácico	Cretácico superior	Karts huasteco
Metztitlán	20.67791	-98.81461	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.67877	-98.81294	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco
Metztitlán	20.685	-98.81508	kl(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	Cretácico inferior	Karts huasteco

Anexo A4.

Listado de establecimientos que comercian internacionalmente plantas completas y semillas de *Tillandsia mauryana*. Datos obtenidos a través de búsquedas en internet.

Foto	Nombre Compañía	País	Localidad	Dirección Web	Costo (Unidades)	observaciones
	Airplants4U	EUA	California	http://www.airplants4u.com/Aiplantsforsale.html#X	US\$ 19.99	International customers please do not order plants on CITES Appendice II list (endangered species)...xerographic: sucrei, maurnyana, kammii, harrisii, kautskyi, and sprengeliana. We are unable to ship these plants.
 Rock grower	Airplant-Paradise	EUA	Magalia, California	http://stores.ebay.com/AIRPLANT-PARADISE	US\$ 24.95	El envío es a todo el mundo excepto Alemania y Australia.
	CTSairplants	EUA	Valencia, California	http://www.etsy.com/uk/listing/103436272/tillandsia-mauryana-air-plants?ref=v1_other_1	US\$ 31.45	4.38 euros Al darle click para comprar parece la sig. Leyenda: ¡Lo sentimos! Este artículo no se puede comprar en este momento. Este artículo no puede ser enviado México.
	Tillandsia International	EUA	Coarsegoland, California	http://www.airplants.com/specimens.html	US\$ 10.00 mayoreo	

	Hudson Garden Club	EUA	Castaic, California	http://www.hudsongardenclub.us/plant-tillandsia/	US\$ 24.95	May not ship to Mexico
	Free Home Arts & Crafts Postings near Santa Clarita, CA	EUA	Santa Clarita, California	http://www.hellosantaclarita.com/classifieds/crafts/home_arts_crafts/	US\$ 24.95	May not ship to Mexico
	ECrater	EUA		http://www.ecrater.com/filter.php?cid=133531&keywords=mauryana	US\$ 24.95	Envíos sólo a Canadá y Estados Unidos.
	California Cactus Center	EUA	Pasadena, California	http://www.cactuscenter.com/tillandsia_galley_and_prices.htm	US\$ 30.00	
No hay	Cactus & Plaza	Holanda	Roden	http://www.succulentseeds.com/tillandsia-mauryana?vmcchk=1;	€ 2.20 (US\$ 2.91)	Venta de semillas frescas.
	Pépinières Karnivores	Francia	Colmar	http://www.karnivores.com/en/tillandsia-sale/tillandsia-mauryana	€ 13.00 (US\$ 17.20)	
	Orchidėjus	Lithuania		http://www.orchidėjus.lt/en/tillandsia-mauryana/i821	€ 7.22 (US\$ 9.55) 24.90 lt	

No hay	Xeralia	España	Encinitas, California	http://www.xeralia.com/tillandsias/	€ 9.00 (US\$ 11.91)	
	Garden Mania Sementes e Mudas	Brasil		http://gardenmania.com.br/	R\$ 9.50 (US\$4.44)	
	Kakteen, PH, Flora	República Checa		http://www.kakteen.cz/index.php?klic=kid1771entillandsia-mauryana-holm	CKZ 250.0 (US\$ 12.87)	
	Dötterer	Alemania		http://www.doetterer.de/tillandsia_mauryana.php?VID=P08dec1uggUnfgM6	€ 3.50 (US\$ 4.63)	
	Kakteen Haage	Alemania	Erfurt	http://www.kakteen-haage.de/Pflanzen/Tillandsia/Tillandsia-mauryana-Valle-de-los-Venados-near-Pachuca-Hidalgo-MEX-1600-m.html	€ 4.50 (US\$ 5.96)	El anuncio dice lo siguiente: Tillandsia mauryana Valle de los Venados near Pachuca Hidalgo, MEX, 1600 m
	Der online shop	Alemania	Marbach	http://shop.strato.de/epages/61245254.sf/de_AT/?ObjectPath=/Shops/61245254/Products/%20Tillandsia%20mauryana%22	€ 4.0 (US\$ 5.29)	
	Koehres kaktus	Alemania		http://www.koehres-kaktus.de/shop/index.php/alpha/A/tpl_kaktus/img/cPath/5_748/page/8/language/en	€ 20.0 (US\$ 26.47)	

							
No hay	Carnivoria Eu	Desconocido		http://shop.carnivoria.eu/exotics-plants	€ 22 (US\$ 20.11)	Las venden como semi-adultas o plantas adultas.	

Anexo A5.

Método de evaluación de Riesgo de Extinción de plantas en México.

En esta sección se resaltan en amarillo las opciones y los puntajes asignados a *T. mauryana*, según los resultados de los diferentes aspectos de esta investigación.

I. INDICE DE RAREZA

Criterio A. Características de la distribución geográfica

1) Extensión de la distribución (los porcentajes se determinaron considerando la extensión territorial de los biomas en el país). La extensión de la distribución debe considerar el área de ocupación (el área dentro de su extensión de presencia que es ocupada por el taxón, ya que esta última puede contener hábitats no adecuados, UICN, 1994) y no sólo la extensión de presencia (área contenida dentro de los límites continuos o imaginarios más cortos que pueden dibujarse para incluir todos los sitios conocidos en los que un taxón se halla presente).

- a) El área de distribución es menor o igual a 1 km² = 4
- b) El área de distribución ocupa más de 1 km² pero <1% del Territorio Nacional = 3
- c) El área de distribución ocupa >1-<5% del Territorio Nacional = 2
- d) El área de distribución ocupa >5-<40% del Territorio Nacional = 1
- e) El área de distribución ocupa >40% del Territorio Nacional = 0

2) Número de poblaciones o localidades conocidas existentes (en el caso de localidades se trata de puntos (3 mm de diámetro) que pueden ser discernibles en un mapa a una escala de 1:4 000 000).

- a) 1-3 = 3
- b) 4-8 = 2
- c) 9-25 = 1
- d) Mayor o igual que 26 = 0

3) Número de provincias biogeográficas (CONABIO, 1997) en las que se encuentra el taxón (o que abarcaba su distribución histórica). El mapa que debe ser utilizado para determinar las provincias biogeográficas donde se presenta un taxón es el de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (1997), "Provincias biogeográficas de México", escala 1:4 000 000, México. Si la especie se encuentra únicamente en el límite entre dos provincias, para fines del MER-Plantas, se le asigna el valor máximo (3). Por ejemplo, *Clowesia rosea* se distribuye entre 750 y 1420 m de altitud en la zona de contacto de la provincia de Planicie Costera del Pacífico con la Sierra Madre del Sur, dada su restricción, se le asigna el valor máximo de 3 puntos.

- a) 1 = 3
- b) 2-3 = 2
- c) 4-5 = 1
- d) Mayor o igual que 6 = 0

4) Representatividad de la distribución del taxón en el Territorio Mexicano. Se refiere a la importancia que pueden tener las poblaciones mexicanas dentro de la distribución geográfica de la especie. Por ejemplo, *Pinus attenuata* tiene más del 95% de su distribución en la costa oeste de Estados Unidos mientras que en México sólo se han reportado dos localidades en Baja California Norte. En este caso se dice que la distribución es periférica o extralimital.

a) Distribución periférica o extralimital = 1

b) Distribución no periférica o extralimital = 0

Subtotal del Criterio A = Suma del puntaje obtenido / 11

Criterio B. Características del hábitat.

1) ¿En cuántos tipos de vegetación se presenta? (sensu Rzedowski, 1978) (No deben considerarse presencias accidentales). El mapa que debe ser utilizado para determinar el o los tipos de vegetación donde se presenta un taxón es el de Vegetación Potencial de Rzedowski (1990). IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM. México Si la especie se encuentra únicamente en un ecotono entre dos tipos de vegetación, para fines del MERPlantas, se le asigna el valor máximo (3). Por ejemplo, *Euphorbia colligata* crece en el ecotono entre bosque tropical subcaducifolio y bosque de pino-encino (Olson et al., 2005). Por su amplitud ecológica reducida, se asignaría un valor de 3 a esta especie.

a) 1 = 3

b) 2 = 2

c) 3 = 1

d) Mayor o igual que 4 = 0

2) ¿El taxón tiene un hábitat especializado? Se refiere a la presencia del taxón sólo en un hábitat especializado permanente (si el hábitat es especializado pero temporal ver inciso 4). Ejemplos: *Geohintonia mexicana* es una cactácea endémica del norte de México restringida a afloramientos de yeso cristalizado en paredes casi verticales (Anderson et al., 1994). *Mammillaria luethyi* es otra cactácea endémica del norte de México y se encuentra únicamente en un afloramiento de fluoruro asociado a lajas de roca calcárea (Hinton 1996). *Polypleurum prostratum* es una Podostemaceae que sólo habita en corrientes con sustrato de rocas con silicatos cuya disolución provoca una considerable dureza total del agua (Mathew et al., 2003).

a) Sí = 1

b) No = 0

3) ¿La permanencia de la población es dependiente de un hábitat primario? Ejemplo: *Poulsenia armata* (Moraceae) y *Psychotria* spp. (Rubiaceae) son especies arbóreas que habitan en selvas altas perennifolias y su permanencia se reduce a los remanentes de esa formación cuando la selva se tala para establecer potreros, pues dependen esencialmente del comportamiento de dispersores frugívoros del bosque original, ausentes en los potreros y en los acahuals (Guevara et al., 1994).

a) Sí = 1

b) No = 0

4) ¿La permanencia de la población requiere de regímenes de perturbación particulares o está asociada a etapas transitorias en la sucesión? Ejemplos: Las orquídeas de los géneros *Mormodes*, *Cycnoches* y *Catasetum* se establecen en troncos en descomposición y requieren de la alta iluminación producto de la apertura de claros en un bosque cerrado. Un bosque donde la caída de

árboles es infrecuente implica necesariamente poco reclutamiento (Hágsater et al., 2005). *Cypripedium irapeanum* es una orquídea restringida a etapas iniciales de la sucesión secundaria de los bosques de encinos de climas semicálidos. Su permanencia en una localidad requiere forzosamente de un programa de manejo que incluye la remoción de la cubierta vegetal densa, pues la planta es muy escasa en el bosque maduro excepto en sitios particulares como laderas abruptas y pedregales.

a) Sí = 1

b) No = 0

5) Amplitud del intervalo altitudinal que ocupa el taxón.

a) Menor que 200 m = 3

b) 200 m - < 500 = 2

c) 500 m - <1000 m = 1

d) Mayor o igual que 1000 m = 0

Subtotal del Criterio B = Suma del puntaje obtenido / 9

Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca.

C-1. Demografía.

1) Número total de individuos (si no se tienen estimaciones asignar un valor de 0).

a) Menor o igual que 500 = 3

b) 501 – 5,000 = 2

c) 5,001 – 50,000 = 1

d) Mayor o igual que 50,001 = 0

2) Reclutamiento (si no existe información, asignar un valor de 0). Se refiere al fenómeno en el que nuevos individuos se unen a la población, y muchas veces hace referencia a los individuos derivados de un proceso de reproducción sexual. Un bajo reclutamiento puede manifestarse de varias maneras. Por ejemplo, como resultado de perturbación muchas especies no presentan plántulas y la población consiste únicamente de individuos adultos. En otros casos, las plántulas pueden ser abundantes pero la alta mortalidad de las mismas impide que la población reproductiva se mantenga (como en *Quercus fusiformis* y *Q. buckleyi* en Texas según Russel y Fowler, 1999). Algunas especies desérticas muy longevas reclutan en ciclos largos y presentan cohortes separadas por edad (e.g., el saguaro, *Carnegiea gigantea*, según Pierson y Turner, 1998).

a) Hay observaciones de reclutamiento en todas las poblaciones = 0

b) Hay observaciones de reclutamiento en algunas poblaciones = 2

c) Hay observaciones de la ausencia de reclutamiento en todas las poblaciones = 4

3) Atributos demográficos (si no existe información, asignar un valor de 0)

a) ¿Hay evidencia de densodependencia en la reproducción? Ejemplo: Muchas Plantas mimetizan a las flores de otras especies sin producir néctar. Si la densidad de la población de la especie mimetizada es baja los insectos aprenden a reconocer y a evitar las flores sin néctar, dejando a la población severamente limitada en cuanto a su polinización.

Sí = 1

No = 0

b) ¿Hay clonalidad (capacidad de generar nuevos individuos independientes por medio de reproducción asexual)? Algunos estudios sugieren que la clonalidad permite la permanencia de algunas especies (ej. *Stenocereus eruca*, Clark-Tapia et al. 2005).

Sí = 0

No = 1

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

Sí = 1

No = 0

d) ¿Hay evidencia de una varianza muy grande en la fecundidad? En algunas especies los individuos reproductivos muy grandes contribuyen desproporcionadamente a la fecundidad de la población.

Sí = 1

No = 0

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

Sí = 1

No = 0

f) ¿La floración es sincrónica o gregaria?

Sí = 1

No = 0

g) ¿El taxón produce pocos propágulos (en comparación con otros miembros de su linaje)?

Sí = 1

No = 0

C-2. Genética (donde no existe información asignar un valor de 0).

Para asignar valores en esta sección, se deberá evaluar los criterios 1 y 2 cuando se cuente con información molecular, de lo contrario evaluar los criterios 3 y 4 que son estimaciones indirectas.

Jueves 30 de diciembre de 2010 DIARIO OFICIAL (Segunda Sección)

1) Variación molecular (heterocigosis). Se refiere a la cantidad de variación genética detectada usando indicadores de diversidad genética o heterocigosidad. Su nivel depende del marcador utilizado. Por ejemplo, para isoenzimas se considera baja variación una heterocigosidad esperada menor de 10% mientras que para microsatélites de cloroplasto en coníferas una diversidad haplotípica menor a 20% se considera un valor bajo.

Si se tienen los datos de otros marcadores se recomienda usar estimados comparables en taxa cercanos para evaluar si la variación es baja. Los valores aquí expresados como bajo y alto son guías que ayudan a tomar una decisión y no deben de considerarse valores generales (véase la revisión en Esparza-Olguín, 2004).

a) Baja (= 10%) = 1

b) Alta (> 10%) = 0

2) Estructura genética molecular (F_{st} , G_{st} , proporción de la variación genética encontrada entre poblaciones). Este estimador es menos sensible al marcador utilizado y en este caso se consideran niveles bajos a aquellos por debajo de 20%. Se recomienda comparar los valores con especies cercanas. Los valores aquí expresados como bajo y alto son guías que ayudan a tomar una decisión y no deben de considerarse valores generales (si sólo existe una población asignar un valor de 1).

a) Baja (= 20%) = 0

b) Alta (> 20%) = 1

3) Cantidad de variación genética (estimada indirectamente mediante otros caracteres). Cuando no se cuente con información genética molecular se puede estimar la cantidad de variación genética evaluando la variación en caracteres morfológicos, susceptibilidad a patógenos, etc. Por ejemplo, el agave tequilero sufrió varias enfermedades que resultaron en una baja de la producción. Esto es evidencia de un bajo nivel de variación genética que en el caso de agave está apoyado por su propagación clonal así como estudios moleculares.

a) Baja = 1

b) Alta = 0

4) Nivel de diferenciación entre poblaciones (estimada indirectamente mediante otros caracteres). Cuando no haya estimadores de diferenciación genética, se puede usar el grado de diferenciación fenotípica (morfológica, fisiológica, de susceptibilidad a patógenos, etc.). También se ha encontrado en Plantas una relación entre la tasa de entrecruzamiento y el grado de diferenciación poblacional, de tal forma que si la especie preferentemente se autofecunda, probablemente tenga una alta diferenciación y viceversa (si sólo existe una población asignar un valor de 1).

a) Baja = 0

b) Alta = 1

C-3. Interacciones bióticas especializadas. ¿Se ha observado (o inferido) la presencia de las siguientes interacciones bióticas en el taxón? (si no existe información, asignar un valor de **0**).

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

a) No = 0

b) Sí = 1

2) ¿El taxón requiere un hospedero o forofito específico (en el caso de holoparásitas o hemiparásitas y epífitas o hemiepífitas, respectivamente)? Ejemplo: *Laelia speciosa* es una orquídea que se ha reportado como epífita sobre encinos (*Quercus deserticola*, *Q. laeta*), algunas otras Plantas como *Opuntia* y *Yucca*, e incluso creciendo sobre rocas. Sin embargo, estudios cuantitativos en una localidad de Michoacán (donde existen los otros sustratos) indican que prácticamente 100% de varios miles de individuos registrados en una hectárea crecían sobre *Quercus deserticola* y que el 96% de ellos germinaba directamente sobre líquenes del género *Parmelia*. Estos datos sugieren que *Quercus deserticola* y *Parmelia* constituyen el forofito específico de *Laelia speciosa* y que los otros sustratos son más bien accidentales (Hernández, 1997).

a) No = 0

b) Sí = 1

3) ¿El taxón requiere un polinizador específico? Ejemplo: Las orquídeas del género *Stanhopea* son polinizadas por abejas macho de la tribu Euglossini que recolectan fragancias florales. *Stanhopea hernandezii* es polinizada exclusivamente por machos de la especie *Eufriesia coeruleascens* y nunca se ha observado a ningún otro polinizador, en un periodo de muchos días de observaciones. Evidentemente la reproducción de *Stanhopea hernandezii* se vería interrumpida si desapareciera su polinizador (Soto Arenas, 2003).

a) No = 0

b) Sí = 1

4) ¿El taxón tiene un dispersor específico?

a) No = 0

b) Sí = 1

5) ¿El taxón presenta mirmecofilia obligada? Ejemplo: La orquídea *Coryanthes picturata* vive exclusivamente en los nidos arbóreos de varios géneros de hormigas y al parecer es dependiente de las condiciones fisicoquímicas del hormiguero y la protección continua de las hormigas para prosperar (Hágsater et al., 2005).

a) No = 0

b) Sí = 1

6) ¿El taxón presenta dependencia estricta de la micorriza? Ejemplo: Las Plantas de varios géneros de orquídeas son micoheterótrofas estrictas, careciendo de la función fotosintética y dependiendo completamente para su nutrición de sus hongos simbioses (Hágsater et al., 2005).

a) No = 0

b) Sí = 1

7) ¿El taxón sufre una afectación importante por depredadores, patógenos (incluyendo competencia muy intensa con especies alóctonas o invasoras)?

a) No = 0

b) Sí = 1

Subtotal del Criterio C = Suma del puntaje obtenido / 23

II. INDICE DE IMPACTO ANTROPOGENICO

Criterio D. Impacto de la actividad humana

1) ¿Cómo afecta al taxón la alteración antrópica del hábitat? Ejemplo: Muchas especies, incluso algunas ubicadas en alguna categoría de riesgo, incrementan sus números poblacionales con la alteración de su hábitat que resulta de las actividades humanas. *Cecropia obtusifolia* es un árbol pionero que coloniza claros de gran tamaño en la selva alta perennifolia. Sin embargo, es aún más abundante en la vegetación secundaria de la selva en acahuals y orilla de caminos. Al menos en ciertas áreas, el árbol es actualmente más abundante que en el pasado.

a) Es beneficiado por el disturbio = -1

b) No le afecta o no se sabe = 0

c) Es perjudicado por el disturbio = 1

2) ¿Cuál es el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón (impacto = fragmentación, modificación, destrucción, urbanización, pastoreo o contaminación del hábitat y se refiere tanto a la intensidad como a la extensión)? Ejemplo: *Carpinus caroliniana* es un árbol abundante en algunos bosques mesófilos de montaña. La apertura de caminos y aclaramiento del bosque en zonas de barrancas parece afectarle al crear condiciones más secas y expuestas que las preferidas por esta especie. Por otro lado, hay observaciones que sugieren que esta especie es favorecida por el aclaramiento de algunos bosques por extracción selectiva madera si la perturbación no ha sido muy intensa. Esta misma especie además parece tener buen reclutamiento

y sus poblaciones son estables en zonas con asentamientos humanos de muchos años, como las barrancas de Mexicapa, Morelos. Se sugiere que en esta especie el disturbio humano afecta negativamente algunas poblaciones, beneficia a otras y no parece afectar a otras más, dependiendo de la intensidad de la perturbación. Otras especies son afectadas negativamente por el disturbio derivado de las actividades humanas. El aclaramiento de la selva mediana perennifolia en las laderas del cerro Teotepec, Guerrero y el Volcán Tacaná, Chiapas para el establecimiento de cafetales ha modificado la estructura del dosel y algunas especies ombrófilas y con altos requerimientos de humedad atmosférica, muy sensibles a los cambios ambientales, muestran un claro decremento en sus poblaciones.

- a) El hábitat remanente no permite la viabilidad de las poblaciones existentes = 4
- b) El impacto es fuerte y afecta a todas las poblaciones = 3
- c) El impacto es fuerte en algunas o moderado en todas las poblaciones = 2
- d) El impacto es moderado y sólo afecta algunas poblaciones = 1
- e) No hay impacto significativo en ninguna población = 0

3) ¿Existe evidencia (mediciones, modelos o predicciones) que indique un deterioro en la calidad o extensión del hábitat como efecto de cambios globales (e.g., sensibilidad a cambio climático) o se prevé un cambio drástico en el uso del suelo?

- a) No = 0
- b) Sí = 1

4) ¿Cuál es el impacto del uso sobre el taxón? Se refiere tanto a la intensidad como a la extensión; el uso puede implicar la extracción, la cosecha de propágulos o la remoción de parte de la biomasa de un individuo. El uso por la población humana de ciertas especies es un factor de riesgo que puede llevarlas a la extinción, pero hay muy distintas intensidades de uso. El impacto de uso puede ser observado en el decremento o remoción de algunas poblaciones o en la disminución del vigor de los individuos, que podría tener efectos negativos en su fecundidad, dependiendo de la forma de extracción. La gran mayoría de las Plantas no son usadas en absoluto por los humanos, por lo que el impacto del uso es inexistente. Las hojas de *Litsea glaucescens*, el laurel mexicano, son recolectadas en ciertas cantidades de las poblaciones silvestres para satisfacer la demanda nacional, pero es un arbusto o árbol abundante en muchas comunidades y no se ha observado un decremento de las poblaciones y en general los arbustos no muestran signos graves de deterioro por la cosecha de las hojas.

- a) El impacto de uso implica la remoción de las poblaciones = 4
- b) El impacto de uso es fuerte y afecta a todas las poblaciones = 3
- c) El impacto de uso es fuerte en algunas o moderado en todas las poblaciones = 2
- d) El impacto de uso es moderado y sólo afecta algunas poblaciones = 1
- e) No hay impacto de uso significativo en ninguna población = 0

5) ¿El es cultivado o propagado *ex situ*? (a nivel nacional o internacional). La propagación disminuye la presión de colecta sobre muchas especies de importancia comercial, además de que el material cultivado puede llegar a ser fuente de especímenes en programas de conservación *ex situ*.

- a) Sí = -1
- b) No = 0

Subtotal del Criterio D = Suma del puntaje obtenido / 10

Anexo A6.

Puntajes a partir de los cuales se asignan diferentes categorías de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Categoría de riesgo	Puntaje
En Peligro de Extinción (P)	a) Mayor o igual que 2 b) Vías directas: I. Cuando en las características de la distribución geográfica, el área de distribución sea menor o igual a 1 km ² . II. Cuando demográficamente, el número total de individuos sea igual o menor que 500; III. Cuando el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón, el hábitat remanente no permite la viabilidad de las poblaciones existentes; IV. Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor; y que además la sumatoria del criterio D sea mayor que 0.4
Amenazada (A)	a) Mayor que 1.7 y menor que 2 b) Vía directa: Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor, y que la sumatoria del criterio D sea mayor que 0.3 y menor que 0.4
Sujetas a Protección Especial (Pr)	a) Mayor o igual que 1.5 y menor que 1.7 b) Mayor o igual que 1 y menor que 1.5 y que la sumatoria del criterio D sea igual o mayor que 0.3

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial, Segunda Sección. México.