

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**CACTOFLORA DE LA ZONA ÁRIDA Y SEMIÁRIDA  
DE DURANGO, MÉXICO.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON  
ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**JAIME SÁNCHEZ SALAS**

**LINARES, NUEVO LEÓN**

**DICIEMBRE, 2012**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**CACTOFLORA DE LA ZONA ÁRIDA Y SEMIÁRIDA  
DE DURANGO, MÉXICO.**

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS**

CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

**PRESENTA:**

**JAIME SÁNCHEZ SALAS**

**LINARES, NUEVO LEÓN**

**DICIEMBRE, 2012**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**CACTOFLORA DE LA ZONA ÁRIDA Y SEMIÁRIDA  
DE DURANGO, MÉXICO.**

Aprobación de la tesis:

**COMITÉ DE TESIS**

*Eduardo Estrada C.*

---

**Dr. A. Eduardo Estrada Castellón**  
**DIRECTOR**

*Enrique Jurado Ybarra*

---

**Dr. Enrique Jurado Ybarra**  
**ASESOR INTERNO**

*César M. Cantú Ayala*

---

**Dr. César M. Cantú Ayala**  
**ASESOR INTERNO**

*Marco Aurelio González Tagle*

---

**Dr. Marco Aurelio González Tagle**  
**ASESOR INTERNO**

*Salvador Arias Montes*

---

**Dr. Salvador Arias Montes**  
**DIRECTOR EXTERNO**

**LINARES, NUEVO**

**NOVIEMBRE, 2012**

**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Facultad de Ciencias Forestales**  
**Subdirección de Posgrado**



**CACTOFLORA DE LA ZONA ÁRIDA Y SEMIÁRIDA  
DE DURANGO, MÉXICO.**

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:  
JAIME SÁNCHEZ SALAS**

*Eduardo Estrada C.*

---

**Dr. Eduardo A. Estrada Castellón**  
**DIRECTOR**

*Salvador Arias Montes*

---

**Dr. Salvador Arias Montes**  
**DIRECTOR EXTERNO**

**LINARES, NUEVO LEÓN**

**DICIEMBRE, 2012**

## AGRADECIMIENTOS.

Un sincero y personal agradecimiento al Dr. Eduardo Estrada Castellón por aceptarme como Tesista y fungir como Director de tesis principal de la investigación, así como por ser un apreciable amigo.

Mi más sentido agradecimiento al Dr. Salvador Arias Montes por ser una excelente persona y brindarnos el apoyo incondicional, que al final se convirtió en una apreciable amistad.

Al Dr. Enrique Jurado por todo el conocimiento brindado, su entera sencillez y ser un amigo incondicional.

Al Dr. Joel Flores por su disponibilidad y además ser un amigo invaluable que confío en mi persona apoyándome y apoyándonos en todo momento, Gracias.

Al Dr. Cesar M. Cantú Ayala y Dr. Marco Aurelio Tagle por aceptar participar en esta investigación.

A los Administrativos, Investigadores y Docentes que permiten avanzar de manera sencilla y sin obstáculos para poder culminar este pequeño documento de mayúscula importancia.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León Campus Linares, Nuevo León por brindar y en lo personal brindarme este amplio panorama que me permitirá seguir en el camino de la investigación.

A los amigos del Café que no olvidaremos y que hicieron más llevadero el día a día en la tan querida y apreciada Facultad de Ciencias Forestales (Mario, Dino, Regina, Victor, Jorge, Jacob y Melisa: el orden no afecta la emotividad, Ok).

A un buen amigo que encontré por el paso de esta etapa; Lex seguimos avanzando y espero encontrarnos durante muchos recorridos.

Al M. C. Osvaldo García Saucedo y al Biol. Pesquero Fernando Alonzo Rojo, porque sin su apoyo desinteresado brindado no hubiese podido continuar con mis estudios, GRACIAS.

A Gis..... Es insuficiente el espacio para agradecerte.....!!!

Teo...

# CONTENIDO

	Página
Contenido.....	i
Contenido de tablas.....	ii
Contenido figuras.....	iii
<b>RESUMEN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>2</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3 HIPOTESIS GENERAL.....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>CACTÁCEAS DE LA ZONA ÁRIDA Y SEMIÁRIDA DE DURANGO, MÉXICO</b>	
2.1 RESUMEN.....	5
2.2 INTRODUCCIÓN.....	6
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
2.4 RESULTADOS.....	9
2.5 DISCUSIÓN.....	16
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>REGISTRO DE DOS NUEVAS LOCALIDADES Y REUBICACIÓN DE INDIVIDUOS DE UNA DE ELLAS DE <i>Astrophytum myriostigma</i> Lemaire (CACTACEAE) EN DURANGO, MÉXICO</b>	
3.1 RESUMEN.....	19
3.2 INTRODUCCIÓN.....	19
3.3 POBLACIÓN <i>Astrophytum myriostigma</i> .....	20
3.4 POBLACIÓN <i>A. myriostigma</i> EJIDO VILLA NAZARENO.....	20
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>REGISTRO DE UNA NUEVA LOCALIDAD DE <i>Lophophora williamsii</i> J.M. COULT. A PUNTO DE EXTINCIÓN POR SAQUEO EN COAHUILA, MÉXICO</b>	
4.1 RESUMEN.....	23
4.2 INTRODUCCIÓN.....	23
4.3 HALLAZGO DE LA POBLACIÓN DE <i>L. williamsii</i> .....	24
4.4 PRIMER CENSO DE LA POBLACIÓN.....	24
4.5 SEGUNDO CENSO DEL 2011.....	25
4.6 ESTADO ACTUAL DE LA POBLACIÓN.....	26
4.7. FRAGMENTACIÓN DEL ECOSISTEMA DONDE SE DISTRIBUYE <i>L. williamsii</i>	26

<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>EL MER: UN INSTRUMENTO PARA EVALUAR EL RIESGO DE EXTINCIÓN DE ESPECIES EN MÉXICO</b>	
5.1 RESUMEN.....	27
5.2 INTRODUCCIÓN.....	28
5.3 ANÁLISIS.....	29
5.4 CONCLUSIONES.....	36
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>TRADITIONS: REALITY THAT EXTINGUISHES <i>FEROCACTUS PILOSUS</i> IN SEMIARID ZONE IN DURANGO, MÉXICO</b>	
6.1 SUMMARY.....	37
6.2 INTRODUCCIÓN.....	38
6.3 SPECIES AND ACITRON SWEET.....	38
6.4 POPULATION SAMPLING.....	39
6.5 PREPARATION OF SWEET ACITRON.....	39
6.6 THE USES THAT THREATENED TO <i>F. PILOSUS</i> .....	40
6.7 IMPLICATIONS FOR CONSERVATION.....	40
<b>CAPÍTULO VII</b>	
<b>MORFOMETRÍA DE SEMILLAS EN LA CACTÁCEA AMENAZADA DE EXTINCIÓN <i>Astrophytum myriostigma</i> Lemaire</b>	
7.1 RESUMEN.....	41
7.2 INTRODUCCIÓN.....	42
7.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
7.4 RESULTADOS.....	44
7.5 DISCUSIÓN.....	49
7.6 CONCLUSIONES.....	52
<b>CAPÍTULO VIII</b>	
<b>DESERT SPECIES ADAPTED FOR DISPERSAL AND GERMINATION DURING FLOODS, EXPERIMENT IN TWO <i>Astrophytum</i> species (Cactaceae)</b>	
8.1 SUMMARY.....	54
8.2 INTRODUCTION.....	55
8.3 MATERIALS AND METHODS.....	56
8.4 RESULTS.....	57
8.5 DISCUSSION.....	63
IX. DISCUSION GENERAL.....	65
X. CONCLUSIONES GENERALES.....	68
XI. LITERATURA CITADA.....	69

## CONTENIDO DE CUADROS

CUADROS		PÁGINA
1	Comparación de los cambios sufridos en la Nom-059-Semarnat del año 2001 al 2010.....	31
1	Diferencia de tamaños entre semillas y embriones para <i>A. myriostigma</i> . Diferentes letras dentro de cada tamaño de semillas y embriones indican diferencia significativa entre ellos ( $P < 0.05$ ). * Diferencia significativa. ** Diferencia altamente significativa.....	44
2	Tamaño promedio de semillas y embriones en <i>A. myriostigma</i> . (*Promedio $\pm$ E. E.). Diferentes letras dentro de cada tamaño de semillas y embriones indican diferencia significativa entre tamaños de semillas ( $P < 0.05$ ).....	45



## CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
Fig. 1	Zona árida (rojo) y semiárida (amarillo) delimitada mediante criterio Hernández et al., 2004; Shreve, 1942; Contreras, 1955; Henrickson y Straw, 1976; Johnston, 1977; Medellín – Leal, 1982 y Muldavin, 2002 con modificaciones de acuerdo a SAGARPA–SIAP, 2010.....	10
Fig. 2	Ecorregiones propuestas para la zona árida y semiárida de Durango a partir de SAGARPA–SIAP, 2010 y CONABIO e INE. 2008.....	11
Fig. 3	Tipos de vegetación determinados según INEGI (2005).....	12
Fig. 4	Dendrograma mostrando el agrupamiento de los 16 municipios de acuerdo a la presencia y ausencia de la cactoflora para la zona árida y semiárida de Durango. El grupo I con 83%, grupo II con 82% y grupo III con 66% de similitud respectivamente.....	13
Fig. 1	Pérdida de biodiversidad en América Latina y el Caribe debido a la expansión agrícola, contaminación, cambio climático y desarrollo de infraestructuras. Fuente: Alkemade et al. 2009.....	33
Fig. 1	La imagen (izquierda) muestra la forma característica de barco o navícula e interiormente las cámaras que forman la semilla (derecha) encontrando en la parte superior la cámara de aire de mayor tamaño e inferior la cámara que contiene el embrión y lo protege. 60X.....	45
Fig. 2	Se observa el color de la epidermis en la testa de la semilla de un color rojizo (izquierda) a simple vista, mientras que con estereoscopio se puede observar la tonalidad rojiza que posee la testa (derecha). 100X.....	46
Fig. 3	El hilo prominente es biclavado y se extiende hasta 2 mm de longitud y es la parte de donde la capa funicular se sujeta para proteger la cámara de aire principal que ayuda a la dispersión durante eventos pluviales.....	46
Fig. 4	Esquematización del funículo (F) sujeto de la capa funicular de la semilla (CF).....	47
Fig. 5	Germinación de <i>A. myriostigma</i> a través del micrópilo.....	47
Fig. 6	La imagen muestra los hexágonos y pentágonos formados por las células epidérmicas de la testa.....	48
Fig. 7	El relieve produce el efecto de borde observado en las células epidérmicas hexágono y pentágono irregulares.....	48
Fig. 8	Embrión diseccionado (izquierda) y embrión con cubierta que separa la cámara principal (C1) de la cámara embrionaria (C2, derecha).....	49
Fig. 1	Cross section of <i>A. ornatum</i> seed air chambers (outlined in white).....	57
Fig. 2	Air chambers in the tegument of <i>A. capricorne</i> (A) are fewer than those in the tegument of <i>A. ornatum</i> (B), which has a more compact hypodermis.....	58
Fig. 3	Water permeability of <i>Astrophytum</i> spp. compared to control species, shown as the percentage of weight increase after 32 h of contact with water. No further weight increase was detected after this time. Error bars are confidence intervals (P= 0.05). Different letters represent significantly different means (F = 8.435, P = 0.043).....	59
Fig. 4	Floating seeds and seedlings of <i>A. capricorne</i> after 30 days in water.....	60
Fig. 5	Comparison of buoyancy of whole seeds of <i>Astrophytum</i> spp. and seeds without (w/o) funicular layer, with other species. Error bars are confidence intervals (0.05). Different letters represent significantly different means (F = 27.226, P = 0.005).....	60

Fig. 6	Germination percentage of the two <i>Astrophytum spp.</i> under different treatments, as detailed in Material and methods. Error bars indicate confidence intervals (0.05). Different letters represent significantly different means for each species ( <i>A. capricorne</i> F = 7.818; P < 0.001 and <i>A. ornatum</i> F = 6.309; P < 0.001).....	61
Fig. 7	Germination rate (t50) under different treatments of the two <i>Astrophytum</i> species. Error bars are confidence intervals (0.05). Different letters represent significantly different means for each species ( <i>A. capricorne</i> F = 6.759; P < 0.001 and <i>A. ornatum</i> F = 0.971; P = 0.445).....	62

## RESUMEN GENERAL

La diversidad biológica no se conoce en su totalidad pero se calcula aproximadamente entre cinco y 30 millones de especies, de las cuales solamente se han descrito dos millones (Ricketts et al., 2005). Para la zona árida y semiárida de Durango se registró una diversidad cacto florística de 64 especies repartidas en 18 géneros y 10 taxas infraespecíficos con un 20% en categoría de riesgo (Nom-059-Semarnat-2010). Se registraron nuevas localidades para las cactáceas amenazadas de extinción *Astrophytu myriostigma* en Durango y *Lophophora williamsii* para Coahuila. Además se realizó una síntesis de los cambios que sufrió el Método de Evaluación de Riesgo de 1994 al 2010 con la finalidad de conocer la normatividad que regula el estado actual de las especies en riesgo, específicamente de la familia Cactaceae. El aspecto etnobotánico fue abordado al registrar usos no documentados para la cactácea *Ferocactus pilosus* en la zona árida y semiárida de Durango. Finalmente comprender la dinámica poblacional de las cactáceas, involucra conocer aspectos morfológicos y anatómicos de las semillas. Por esta razón se realizaron análisis métricos y anatómicos de las semillas del género *Astrophytum*, que permitieron comprender el mecanismo de dispersión en especies adaptadas a ambientes áridos.

El presente documento consta de seis capítulos constituidos por manuscritos sometidos a distintas revistas y publicaciones que abordan aspectos taxonómicos y métodos de muestreos básicos para el registro de nuevas localidades de cactáceas categorizadas por la Nom-059-Semarnat-2010. En el capítulo II se trató del registro cacto florístico exclusivamente de la zona árida y semiárida de Durango. El capítulo III y IV se basó en botánica básica para el registro de nuevas localidades de cactáceas en riesgo. El capítulo V aborda aspectos de normatividad y herramientas que regulan el estado actual de conservación de las especies en México enfocado a la familia cactácea. El capítulo VI está enfocado a cuestiones de etnobotánica de cactáceas en peligro de extinción en Durango. Los capítulos VII y VIII están basados en cuestiones de ecología aplicada en semillas del género *Astrophytum* mediante experimentación *in vitro*. Finalmente los capítulos IX y X corresponden a la discusión general y a las conclusiones generales.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La diversidad biológica no se conoce en su totalidad pero se calcula aproximadamente entre cinco y 30 millones de especies, de las cuales solamente se han descrito dos millones (Ricketts et al., 2005). En este contexto México es privilegiado por ser uno de los países con mayor diversidad (Villaseñor, 2003; Rentería, 2010). Se estima que entre un 10 y 12% de la diversidad global se concentra en el territorio mexicano, ocupando el cuarto lugar con más de 18, 000 especies de plantas vasculares (Magaña y Villaseñor, 2002; Villaseñor, 2003, 2004; Llorente y Ocegueda, 2008 y Semarnat, 2009) y el quinto con 22, 351 especies endémicas (Villaseñor, 2003). Los endemismos se distribuyen principalmente en zonas áridas y semiáridas de nuestro país (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1995; Llorente y Ocegueda, 2008) en todos los niveles jerárquicos en aproximadamente 103 millones ha correspondientes al 52% de la superficie continental de México (Sosa et al., 2006). La parte oriental del estado de Durango se considera como zona árida y semiárida, la cual pertenece a la Región del Desierto Chihuahuense (Hernández et al., 2004) y se encuentra dividida en 4 ecorregiones de acuerdo con INEGI-CONABIO (2008): 1) Planicies del centro del Desierto Chihuahuense, 2) Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Norte, 3) Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Sur y 4) Planicies del Altiplano Zacatecano – Potosino. La región del Desierto Chihuahuense es rica en diversidad y endemismo de cactáceas (Hernández y Godínez 1994; Hernández y Bárcenas 1995), muchas de las cuales se encuentran en alguna categoría de riesgo (Hernández y Godínez 1994; Hernández y Bárcenas 1995 y 1996; Gómez-Hinostrosa y Hernández 2000; Hernández et al. 2001) considerándola como la zona de mayor aporte cactoflorístico del Desierto Chihuahuense (Hernández et al., 2004; Rzedowski, 1991a; Anderson, 2001). Esto se constata con la diversidad de poblaciones que aun carecen de registro para la ciencia que se encuentran en riesgo inminente y permanente de desaparición por distribuirse en sitios utilizados para extracción de material de construcción, o bien saqueadas de manera indiscriminada para aprovechamiento ornamental, medicinal, alimenticio e incluso cultural como sucede con las cactáceas amenazadas de extinción o en peligro de extinción *Astrophytum myriostigma* Lem,

*Peniocereus greggii* (Engelm.) Britton & Rose, *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm. y *Lophophora williamsii* (Lem. ex Salm-Dyck) J.M. Coult. La ocurrencia de las especies anteriormente mencionadas es determinada por diversos factores bióticos y abióticos, sin embargo uno de los aspectos menos estudiados es la dispersión de semillas y las estructuras participantes para la dinámica de las cactáceas de ambientes áridos y semiáridos. Pues a pesar de que las especies de ésta familia son típicas de zonas áridas y semiáridas, algunas de ellas tienen características para ser dispersadas por agua (hidrocoria). Aunque pudiese parecer contradictorio que especies de zonas áridas y semiáridas dispersen sus semillas por agua (Bregman, 1988); especies que ocurren cerca de ríos o asociadas en el pasado con cuencas, presentan características en sus semillas para ser dispersadas por agua (López, 2004, Maiti y Perdome, 2003; Esau, 1976) como el caso de *A. myriostigma*. Esta especie posee semillas hidrocoricas con capacidad de flotar en agua, embriones ligeros y pequeños, hilo prominente, tegumento delgado (Bregman, 1988), permeabilidad (Casini y Andrews, 1992), así como forma deprimida o de barco y cámaras de aire distribuidas en el tegumento (Barthlott et al., 1997) que ayudan a entender el fenómeno de dispersión de semillas durante los eventos de lluvias torrenciales característicos de los Desiertos mexicanos.

El documento de tesis se encuentra integrado por once capítulos; el Capítulo I es una introducción general. Los capítulos del II al VIII corresponden a manuscritos sometidos a diversas revistas de índole científico o bien a publicaciones científicas. Para facilitar la lectura, el apartado de literatura citada de cada manuscrito o publicación se presenta al final del documento de tesis. Los capítulos se realizaron exclusivamente en la zona árida y semiárida de Durango con excepción de un registro de nueva localidad para Coahuila. El Capítulo II se titula: Cactáceas de la zona árida y semiárida de Durango, México. Los Capítulos III y IV corresponden a los registros de nueva localidades de las cactáceas *Astrophytum myriostigma* y *Lophophora williamsii*. El capítulo V abordó aspectos de normatividad y herramientas que regulan el estado actual de conservación de las especies en México enfocado a la familia cactácea. El capítulo VI está enfocado a cuestiones de etnobotánica de cactáceas en peligro de extinción en Durango. Los capítulos VII y VIII están basados en cuestiones de ecología aplicada en semillas del género *Astrophytum* mediante experimentación *in vitro*. Finalmente los capítulos IX y X corresponden a la discusión general y a las conclusiones generales.

## 1.2 OBJETIVO GENERAL

- Registro de la cactoflora para la zona árida y semiárida en Durango, Méx., con base a las ecorregiones y tipos de vegetación.
- Registro de nuevas localidades para cactáceas en alguna categoría de riesgo según la Nom-059-Semarnat-2010.
- Determinación de algunos aspectos entobotánicos de la cactácea en peligro de extinción *Ferocactus pilosus*.
- Evaluar si dos especies del género *Astrophytum* están adaptadas a germinar y dispersarse durante eventos de inundación.

## 1.3 HIPÓTESIS GENERAL.

- La diversidad de la cactoflora del área de estudio será mayor en ecorregiones afines al Desierto Chihuahuense que con las de influencia del altiplano Zacatecano-Potosino y las semillas de cactáceas de esta zona presentaran adaptaciones o modificaciones morfológicas y anatómicas para la dispersión en ambientes áridos y semiáridos.

## CAPÍTULO II

### CACTÁCEAS DE LA ZONA ÁRIDA Y SEMIÁRIDA DE DURANGO, MÉXICO.

### CACTI OF THE ARID AND SEMIARID ZONE OF DURANGO, MÉXICO.

JAIME SÁNCHEZ-SALAS<sup>1,2</sup>, EDUARDO ESTRADA-CASTILLÓN<sup>1</sup>, GISELA MURO<sup>2</sup>,  
SALVADOR ARIAS<sup>3</sup>, MARIO GARCÍA-ARANDA<sup>1</sup> Y LECCINUM J. GARCÍA-MORALES<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales – UANL, A.P. 41. Carretera Nacional km 145, Linares, N.L. 67700 México. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas – UJED, Av. Universidad s/n, Fracc. Filadelfia, C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo., México. <sup>3</sup> Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, apartado postal 70-614, 04510, México D.F., México. <sup>4</sup>Herbario, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria Blvd. Emilio Portes Gil 1301 Pte., A.P. 175, C.P. 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas. <sup>1</sup>Autor para la correspondencia: [jimmybios@gmail.com](mailto:jimmybios@gmail.com)

**SOMETIDO: BOTANICAL SCIENCES**

#### **RESUMEN.**

Se presenta una lista de cactáceas para la zona árida y semiárida de Durango. Se consultaron estudios, registros, bases de datos, colecciones de herbario y colecciones virtuales disponibles de herbarios así, como los registros REMIB para el estado. Se delimitó la región de estudio a partir del mapa de zonas áridas de México de SAGARPA – SIAP (2010), la cual correspondió a una porción del Desierto Chihuahuense de Durango. Los resultados mostraron una lista de cactáceas con 64 especies, 18 géneros y 10 taxos infraespecíficos para la zona árida y semiárida. El 20% de la lista se encuentra en categoría de riesgo.

*Palabras clave:* cactáceas, diversidad, Durango, flora, zona árida y semiárida.

## **SUMMARY**

We present a list of cactus recorded for the arid and semiarid zone of Durango. Records on databases, herbaria collections, virtual herbarium collections available and REMIB data bases were consulted to complete the cactoflora for the study area. The study area was delimited based on the Arid Lands of Mexico map (SAGARPA–SIAP, 2010). The total flora recorded results in 64 species, 18 genera and 10 infraspecific taxa. Twenty percent of the taxa are under risk category  
*Key words:* cacti, diversity, Durango, flora, arid and semiarid.

La diversidad biológica no se conoce en su totalidad pero se calcula aproximadamente entre cinco y 30 millones de especies, de las cuales solamente se han descrito dos millones (Ricketts *et al.*, 2005). En este contexto México es privilegiado por ser uno de los países con mayor diversidad (Villaseñor, 2003; Rentería, 2010). Se estima que entre un 10 y 12% de la diversidad global se concentra en el territorio mexicano, ocupando el cuarto lugar con más de 18, 000 especies de plantas vasculares (Magaña y Villaseñor, 2002; Villaseñor, 2003, 2004; Llorente y Ocegueda, 2008 y Semarnat, 2009) y el quinto con 22, 351 especies endémicas (Villaseñor, 2003). Los endemismos se distribuyen principalmente en zonas áridas y semiáridas de nuestro país (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1995; Llorente y Ocegueda, 2008) en todos los niveles jerárquicos en aproximadamente 103 millones ha correspondientes al 52% de la superficie continental de México (Sosa *et al.*, 2006). La parte oriental del estado de Durango se considera como zona árida y semiárida, la cual pertenece a la Región del Desierto Chihuahuense (Hernández *et al.*, 2004) y se encuentra dividida en 4 ecorregiones de acuerdo con INEGI-CONABIO (2008): 1) Planicies del centro del Desierto Chihuahuense, 2) Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Norte, 3) Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Sur y 4) Planicies del Altiplano Zacatecano – Potosino. En esta región, las cactáceas representan uno de los grupo vulnerables como consecuencia de la conversión de terreno para uso agrícola y actividades mineras (Sánchez-Salas *et al.*, 2006). No obstante, el aporte cacto-florístico respecto al total registrado para el Desierto Chihuahuense es del 25% (Hernández *et al.*, 2004); razón por la que se considera al Desierto Chihuahuense como la mayor región de diversidad de cactáceas a nivel mundial (Rzedowski, 1991a; Anderson, 2001). Respecto al estado de Durango, en las dos décadas más recientes se han desarrollado investigaciones para conocer y aprovechar los recursos vegetales, incluyendo un amplio proyecto para aproximarnos a la flora de esta entidad



(González-Elizondo *et al.*, 1991) y el estudio de la vegetación y delimitación de las ecorregiones del estado (González-Elizondo *et al.*, 2007). Otras aproximaciones han generado un mayor conocimiento sobre la diversidad y aprovechamiento de las gramíneas, grupo de importancia económica para el estado (Herrera, 2001; Herrera y Pamanes, 2006; Herrera y Cortés, 2009), como también el de las plantas medicinales (González-Elizondo *et al.*, 2004). En cuanto a estudios cacto-florísticos se refiere, en el estado existen algunos inventarios dispersos, desde extensos como el realizado para el Desierto Chihuahuense (Hernández *et al.*, 2004), locales para determinadas serranías o municipios (Cornet, 1985; Canela, 1988; Blanco, 1989; Borjas, 1994; Sánchez-Salas y Romero-Méndez, 2003 y Sánchez-Salas *et al.*, 2004). Incluso existen otros básicos y de cobertura estatal que permiten contar con una aproximación sobre su diversidad regional (Gold, 1967; González-Elizondo *et al.*, 1991). Considerando la escasa información especializada únicamente para la zona de interés y que el esfuerzo logrado para conocer la diversidad de la familia Cactaceae en Durango aún es limitado, en la presente contribución se muestra la distribución de los taxa nativos de la zona árida y semiárida de Durango, incluyendo aspectos sobre su forma de crecimiento (Vázquez-Sánchez *et al.*, 2012), tipo vegetación donde se distribuye y categoría de riesgo (Pérez-Farrera *et al.*, 2012); así como una lista actualizada y documentada en herbarios nacionales y extranjeros.

### ***Materiales y métodos***

*Ubicación de la zona de estudio.* Para la delimitación de la zona árida y semiárida del Desierto Chihuahuense se siguieron las propuestas de Shreve (1942); Henrickson and Straw (1976); Johnston (1977); Medellín-Leal (1982); Contreras (1955); Muldavin (2002); Hernández *et al.* (2004). Haciendo uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcView 3.2, se ubicó la ecorregión del desierto Chihuahuense, donde las cubiertas digitales fueron procesadas a partir de las ecorregiones terrestres de México del año 2008. Se consultó y digitalizó el mapa de zonas áridas de México del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA – SIAP, 2010). Las cubiertas digitales se filtraron para la zona árida y semiárida de Durango, posteriormente se recortó el conjunto de las cuatro ecorregiones del Desierto Chihuahuense de interés: 1) Planicies del centro del Desierto Chihuahuense, 2) Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Norte, 3) Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Sur y 4) Planicies del Altiplano Zacatecano – Potosino según INEGI-CONABIO (2008). Las cubiertas

proyectadas en coordenadas geográficas se transformaron a la proyección Cónica de Albers Equal-Area para sumar y determinar la superficie total (García, 2011) que ocupa la zona árida y semiárida en hectáreas de Durango.

### **Vegetación**

Se recortó la carta digital de Uso del suelo y vegetación de la serie II de INEGI y se obtuvieron los siguientes tipos de vegetación presentes en la zona árida y semiárida de Durango (INEGI, 2005): chaparral, matorral crasicaule, matorral desértico micrófilo y rosetófilo, matorral submontano, mezquital, pastizal cultivado, pastizal natural, vegetación de desiertos arenosos, vegetación gipsófila y pastizal halófilo; para determinar el tipo de vegetación donde se distribuye la cacto flora (Pérez-Farrera *et al.*, 2012).

*Registros para Durango.* A partir del año 2010 y 2011 se realizaron colectas los 16 municipios que constituyen la zona árida y semiárida de Durango. El muestreo consistió en el registro de todas las especies presentes para cada municipio al igual que se siguieron los criterios de Pérez-Farrera *et al.* (2012), después se determinó la identidad taxonómica incluyendo categoría infraespecíficas. La lista florística obtenida se señala en el Apéndice I de la presente contribución, donde se indica al primer colector, el primer juego de los ejemplares se deposito en el herbario HFCE-UANL y se consultaron ejemplares de herbarios. Posteriormente se consultaron bases de datos REMIB (Red Mundial de Información sobre Biodiversidad)–CONABIO con filtrado para Durango, así bases de herbarios nacionales y extranjeros (MEXU, GEO.B.HINTON, XAL, USON, ARIZ, K y TEX). También se realizó consulta bibliográfica sobre la distribución de cactáceas en la región del Desierto Chihuahuense delimitada a Durango, a partir de los estudios florísticos existentes (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1995; Hernández *et al.*, 2004; Villarreal-Quintanilla y Encinas-Domínguez , 2005), listas de especies (Gold, 1967; González–Elizondo *et al.*, 1991), así como también estudios florísticos de lugares particulares (Cornet, 1985; Canela, 1988; Blanco, 1989; Borjas, 1994; García–Arévalo, 2002; Sánchez–Salas y Romero–Méndez, 2003; Sánchez–Salas *et al.*, 2004). De igual forma se consideraron trabajos realizados en los estados circunvecinos y próximos a la región de estudio, como el caso de Culiacán (Vega Aviña *et al.*, 2000), Zacatecas (Enríquez-Enríquez *et al.*, 2003) y Chihuahua (Lebgue-Keleng *et al.*, 2011). La nomenclatura se ordenó de acuerdo con Hunt (2006) y Guzmán *et al.*, (2007). Complementariamente se revisaron colecciones virtuales (ajenas a REMIB) con registros en línea

para Durango, considerando únicamente los registros limitados para la zona árida y semiárida del estado como: MEXU-UNIBIO (<http://test.unibio.unam.mx>), Data set XAL (<http://data.gbif.org/datasets/resource>) y GEO. B. HINTON-IREKANI (<http://unibio.unam.mx/irekani>).

*Análisis de conglomerado.* Se organizó una matriz de datos en el programa Excel con datos de presencia/ausencia de especies en los 16 municipios que forman la zona árida y semiárida para Durango. Se asignó valor de 1 a presencia y 0 para ausencia (Gauch, 1982; Manly, 1992; Estrada-Castillón *et al.*, 2012). Se aplicó el método jerárquico politético aglomerativo mediante el índice de similitud de Sorensen (Gauch, 1982; Manly, 1992; Estrada-Castillón *et al.*, 2012) con la técnica de varianza mínima (Ward, 1963) expresado como  $2C/A+B$  donde: C= número de especies comunes en los sitios bajo comparación, A= número total de especies en sitio A y B= número total de especies en sitio B. Para este análisis se utilizó el programa estadístico Multivariate Statistic Program (Kovach, 1988). El programa MXCOMP se utilizó para calcular la matriz de correlación cofenética entre la matriz de similitud y la matriz original para determinar si los datos presentaban significancia en el análisis de agrupamiento (Becerra *et al.*, 2007; Sokal y Rolf, 1962; Steel y Torrie, 1985; Estrada – Castillón *et al.*, 2012).

*Formas de crecimiento.* Se siguió el criterio de cuatro formas básicas de crecimiento establecido por Vázquez-Sánchez *et al.*, (2012) como sigue: 1) Globosa, el tallo posee aproximadamente la misma altura que diámetro; 2) Globosa-deprimida, el diámetro del tallo es mayor que la altura con eje vertical deprimido; 3) Cilíndrica, mayor altura que diámetro, pero la altura no alcanza más del doble que su diámetro y 4) Columnar, la altura puede ser hasta cinco veces mayor que el diámetro.

## **Resultados**

*Zona árida y semiárida de Durango.* La ecorregión tiene una extensión total de 2,111,400 ha., de las cuales 25,800 ha corresponden a la zona árida ubicada hacia el noreste y sureste del municipio de Gómez Palacio y 2,085,600 ha., de semiárida de acuerdo con SAGARPA – SIAP (2010), formada por 16 municipios (Fig. 1). Además, se ubicaron cuatro ecorregiones para la zona árida y semiárida de Durango (Fig. 2) y 11 tipos de vegetación (Fig.3).



Figura 1. Zona árida (rojo) y semiárida (amarillo) delimitada mediante criterio Hernández et al., 2004; Shreve, 1942; Contreras, 1955; Henrickson y Straw, 1976; Johnston, 1977; Medellín – Leal, 1982 y Muldavin, 2002 con modificaciones de acuerdo a SAGARPA – SIAP, 2010.



Figura 2. Ecorregiones propuestas para la zona árida y semiárida de Durango a partir de SAGARPA – SIAP, 2010 y CONABIO e INE. 2008.

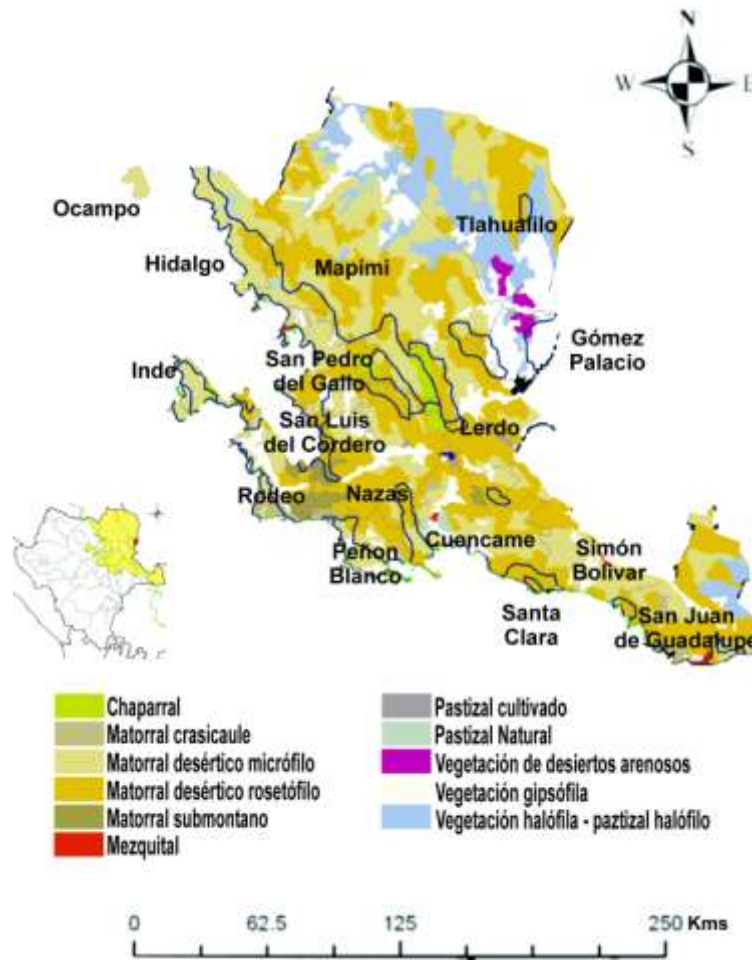


Figura 3. Tipos de vegetación determinados según INEGI (2005).

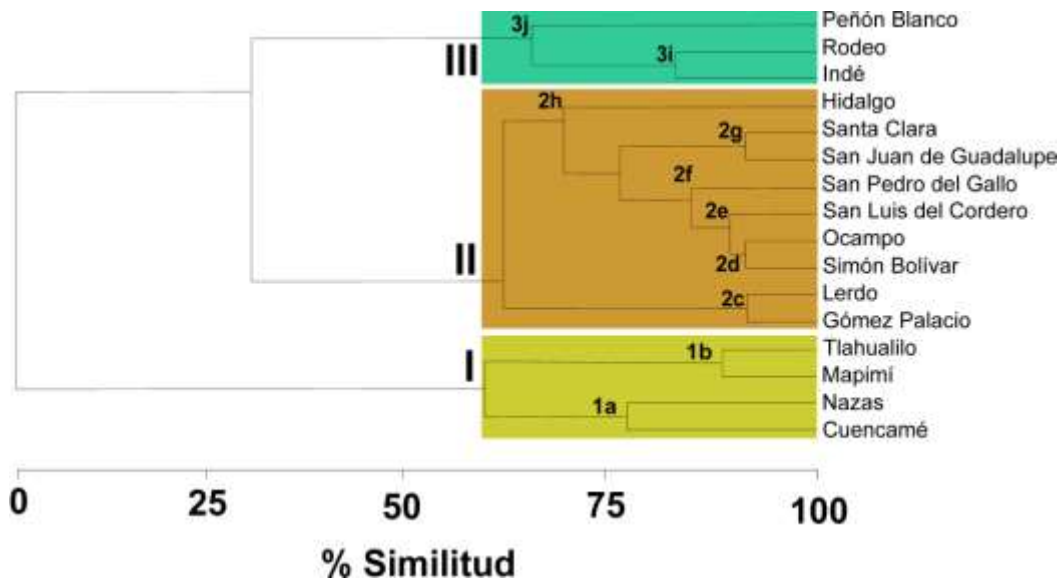


Figura 4. Dendrograma mostrando el agrupamiento de los 16 municipios de acuerdo a la presencia y ausencia de la cactoflora para la zona árida y semiárida de Durango. El grupo I con 83%, grupo II con 82% y grupo III con 66% de similitud respectivamente.

*Cactoflora de la zona árida y semiárida de Durango.* Se obtuvo una lista con 18 géneros repartidos en 59 especies y 9 categorías infraespecíficas. Los géneros de mayor aporte específico para la zona árida y semiárida de Durango son *Coryphantha* (26%), *Opuntia* (15%), *Echinocereus* (12%) y *Mammillaria* (11%). Los géneros *Cylindropuntia* y *Ferocactus* tienen menor participación (5%), seguido por *Sclerocactus* (3%). Los géneros *Astrophytum*, *Ariocarpus*, *Corynopuntia*, *Epithelantha*, *Grusonia*, *Leuchtenbergia*, *Lophophora*, *Peniocereus*, *Stenocactus* y *Thelocactus* presentaron el porcentaje más bajo de aporte (2%). Las cactáceas con crecimiento globoso son las más comunes para la zona árida y semiárida en Durango, siendo el representante de esta el género *Coryphantha* (58%), seguida de la cilíndrica (13%) con *Echinocereus*. Los municipios con mayor porcentaje de especies son Mapimí (67%), Tlahualilo (61%) y Nazas (60%); mientras que entre los de menor se encuentra San Luis del Cordero (28%), General Simón Bolívar y Ocampo (23%). Los municipios con mayor registro de especies en riesgo son Peñón Blanco (78%), Mapimí (70%), Tlahualilo y Nazas (61%) y los de menor son Indé, Gral. Simón Bolívar y Ocampo (15%).

### **Registro para la zona árida y semiárida: herbarios y REMIB**

Se obtuvieron siete bases de datos de herbario con registros de cactáceas para la zona árida y semiárida, incrementando la lista a 50 taxas. Cuatro son bases nacionales (57%) y 3 extranjeras (42%). El mayor número de registros corresponden a bases nacionales con 49 (62%) y las extranjeras con 29 (38%). Las bases nacionales presentan una duplicidad de 10 registros (71%) mientras que las extranjeras solo cinco (35%). Las bases de datos de herbarios nacionales no rebasan los 10 registros distintos y las extranjeras poseen minoría de registros duplicados. En lo que respecta a registros REMIB, este organismo posee un 28% de la cactoflora registrada para la zona árida y semiárida de Durango. El mayor porcentaje de registros le corresponde al herbario K 28% (18 registros) seguido del TEX y ARIZ con 14% (9 registros). El mayor porcentaje de registros duplicados lo presentó éste mismo con 11% y el resto de los herbarios oscilaron entre el 3%. Solo el herbario K presentó un porcentaje del 8% de registros incompletos. La literatura especializada con registros de cacto flora que involucro la zona árida y semiárida arrojó una lista promedio de 28 especies distintas, un promedio muy bajo considerando que se registraron 64 especies y 10 categorías infraespecíficas.

### **Agrupación**

El dendrograma mostró una correlación de  $r = 0.95$  y un coeficiente cofenético  $r = 0.91$ . Se reconocen tres grupos principales y diez diferentes subgrupos con base en la distribución de la diversidad cacto-florística presente en los 16 municipios, con un nivel de similitud del 62% (Fig. 4). La agrupación basada en presencia y ausencia se dio en función de las ecorregiones reconocidas que son: 1) Planicies del centro del Desierto Chihuahuense, 2) Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Norte, 3) Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Sur y 4) Planicies del Altiplano Zacatecano – Potosino y los 11 tipos de vegetación de acuerdo a INEGI (2005): chaparral, matorral crasicaule, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, mezquital, pastizal cultivado, pastizal natural, vegetación de desiertos arenosos, vegetación gipsófila y vegetación halófila – pastizal halófilo. Las formas de crecimiento dominantes son las globosas (57%) y en menor porcentaje las cilíndricas (12%). Los grupos I y II se caracterizaron por el porcentaje de similaridad obtenido del 83% y 82% respectivamente. Estos grupos, comparten especies con tallos cilíndricos (*Coryphantha*, *Cylindropuntia* y *Echinocereus*) y distribuidos ampliamente sobre matorral desértico micrófilo y



rosetófilo. El grupo III resulto el más disímil con respecto a los grupos I y II con un 66% debido a que la diversidad del género *Coryphantha* es menor y domina *Cylindropuntia* y *Echinocereus* distribuidos en matorral desértico micrófilo – rosetófilo asociado con vegetación gipsófila y matorral crasicaule. **Grupo I.** Incluye cuatro municipios que comparten los géneros *Cylindropuntia*, *Echinocereus*, *Mammillaria* y *Opuntia* con 22 especies a un nivel de similaridad del 83%. La distribución de las especies se dio a partir de las ecorregiones presente en la zona árida y semiárida limitadas a Durango. Los municipios representantes del norte de la zona son Mapimí-Tlahualilo pertenecientes a las ecorregiones Planicies del centro del Desierto Chihuahuense y Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Norte. Al sur de la zona de interés los municipios son Nazas-Cuencamé en las ecorregiones Lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense Sur y Planicies del altiplano Zacatecano-Potosino (Fig.2). El grupo se distribuye principalmente sobre matorral desértico micrófilo–halófilo y matorral desértico micrófilo–rosetófilo. Particularmente las especies de Tlahualilo se distribuyen principalmente sobre vegetación halófila y pastizal halófilo asociado a matorral desértico rosetófilo y al sur con vegetación de desiertos arenosos y gipsófila. **Grupo II.** Incluye la mayoría de los municipios de la zona árida y semiárida para Durango con nueve y comparten los géneros *Opuntia* (4), *Cylindropuntia* (3), *Coryphantha* (2) y *Echinocereus* (2) y 15 especies a un nivel de similaridad del 82% que se distribuyen sobre las cuatro ecorregiones determinadas para la zona árida y semiárida en Durango (Fig.2) así como en todos los tipos de vegetación presentes para la zona, con acepción de vegetación perteneciente a desiertos arenosos (Fig. 3). **Grupo III.** Únicamente lo forman tres municipios que son Indé, Peñón Blanco y Rodeo donde con un 66% de similaridad donde los géneros dominantes son *Opuntia* (4), *Cylindropuntia* (3), le siguen *Coryphantha* (2) y *Echinocereus* (2); distribuidos totalmente en la ecorregión lomeríos y sierras bajas del Desierto Chihuahuense. Las especies del municipio Indé se distribuyen mayormente sobre matorral desértico micrófilo, al centro entre chaparral y al sur en matorral desértico rosetófilo. Las especies de Rodeo se distribuyen principalmente del noroeste al suroeste sobre vegetación gipsófila y en menor área sobre matorral crasicaule y micrófilo. Hacia el lado noreste y sureste se distribuyen principalmente sobre matorral desértico rosetófilo, en menor grado sobre micrófilo y en el sur sobre matorral submontano.

### **Especies en riesgo**

El 20% (13 sps) se encuentran en riesgo de acuerdo a la Nom-059-Semarnat-2010. Los géneros que mas especies en riesgo poseen son *Coryphantha* (4) y le sigue *Mammillaria* (2). El 62% están consideradas como sujetas a protección (Pr) y 38% como amenazadas (A)

### **Discusión**

La delimitación de la zona se baso en las anteriormente presentadas por González-Elizondo *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2004; Muldavin, 2002; CONABIO e INE, 2008); 2008; Medellín-Leal, 1982; Johnston, 1977; Henrickson y Straw, 1976; Contreras, 1955 y Shreve, 1942. La zona se considera como perteneciente a la ecorregión Altiplano norte de Chihuahua (CONABIO e INE, 2008) o bien como ecorregión árida y semiárida de Durango (González-Elizondo *et al.*, 2007). La extensión determinada en este estudio es de 2,111,400 ha., en base a SAGARPA – SIAP (2010) y se aproxima con la reportada por González- Elizondo *et al.*, (2007) de 2,385,916 Ha para la ecorregión árida y semiárida. La diferencia en hectáreas, posiblemente se deba a que González-Elizondo *et al.*, (2007), basaron el cálculo en función de la cobertura de vegetación xerófila que se extiende más allá de los límites de la zona árida y semiárida del estado; o bien, por el sistema origen utilizado para el procesamiento de datos.

La lista obtenida abarca todos los registros existentes para la zona y además incrementó en promedio 40 especies (Apéndice I). De los registros para el Desierto Chihuahuense, Hernández *et al.*, (2004), posee la mayoría de registros que coinciden con la lista de éste estudio (21). Le siguen los registros para Durango con González–Elizondo *et al.*, (1991), quienes comparten 47 especies con el presente; siete registros más que los obtenidos y compartidos con Gold, 1967 (40). En cuanto a los registros de sitios particulares que pertenecen a la zona árida y semiárida, los obtenidos por Cornet, 1985 (29) son los que más coinciden con el presente, seguido por los obtenidos por Sánchez–Salas *et al.*, 2004 y Sánchez–Salas y Romero – 2003 (24).

La red interinstitucional que comparte información con centros de investigación y herbarios que resguardan colecciones científicas sirvió de punto de partida para obtener los registros de cactáceas en Durango. Además, se encontró que la REMIB presenta mayor información de herbarios extranjeros como H–RBGK y LL–TEX. Posiblemente al hecho de que herbarios

extranjeros poseen mayor número de registros, refleja parcialmente el interés histórico sobre el conocimiento de la diversidad florística de México por parte de instituciones extranjeras. Los registros de herbarios, debieran coincidir con las de REMIB, sin embargo, aparentemente las bases no se actualizan constantemente. No obstante la base de datos que más registros posee es nacional (MEXU con 34) seguida de una extranjera (H–RBGK con 14).

Los géneros que dieron origen a los tres grupos principales por disimilitud en los grupos II y III fueron *Ariocarpus*, *Corynopuntia*, *Grusonia*, *Mammillaria* y *Peniocereus*. Los géneros comunes entre grupos son *Cylindropuntia*, *Echinocereus*, *Ferocactus*, *Opuntia*, *Sclerocactus* y *Thelocactus*. La forma del agrupamiento, mostró un patrón similar a la tendencia general de la distribución de climas a nivel República Mexicana y estado. El grupo I, aglutinó los municipios de Norte – Sur (y viceversa), coincidiendo con el patrón determinado por Rzedowski (1981) y González-Elizondo (1983). Esto es una tendencia del gradiente de aridez transversal que corre de suroeste a noreste, donde los climas más secos se localizan al noreste, como el subgrupo Mapimí–Tlahualilo y los más húmedos hacia el suroeste, como el subgrupo Cuencamé–Nazas. Los grupos II y III adoptaron una directriz opuesta al subgrupo Mapimí–Tlahualilo pero igual a Cuencamé–Nazas; por encontrarse los municipios más húmedos y seguir la tendencia general de la distribución de la aridez para la República Mexicana, donde el sur es más húmedo y el norte árido (Rzedowski, 1981; González-Elizondo, 1983). De acuerdo con Rzedowski (1991a) y Anderson (2001), el Desierto Chihuahuense se considera como centro importante de diversidad a nivel mundial (Rzedowski, 1991a; Anderson, 2001) pues la mayor diversidad se concentró en los municipios considerados como más áridos (González-Elizondo, 1983). El grupo I formado por los municipios Nazas–Cuencamé y Mapimí–Tlahualilo. Mapimí en particular albergó la mayor diversidad específica, pues posee un 58% (38) de las especies registradas para la zona árida y semiárida de Durango. El grupo II, donde se ubicó Gómez Palacio – Lerdo, el municipio de Lerdo registró el 50% de la cactoflora registrada para la zona. En el grupo III formado por Peñón Blanco registró un 52% de diversidad del total registrado para la zona. La estructura específica cambio, pues la ocurrencia de los géneros *Coryphantha*, *Echinocactus*, *Echinocereus*, *Mammillaria* y *Opuntia* fue mayor con respecto a los grupos I y II. Esto se debe a que las condiciones de humedad son mayores de acuerdo con Rzedowski (1981) y González-Elizondo (1983) y a que

los géneros de *Coryphantha*, *Echinocactus*, *Echinocereus*, *Mammillaria* y *Opuntia* posiblemente toleran mayores niveles de humedad en comparación al resto de los géneros.

Se concluye que una búsqueda y recopilación exhaustiva de la flora cactológica puede generar una sobre estimación de especies en determinadas zonas si no se tiene un método bajo el cual se pueda ser evaluada. En zonas donde se generan trabajos de sitios extremadamente puntuales o bien no determinan atributos ecológicos y de distribución de la flora cactológica como en Durango, se corre el riesgo de listar especies ajenas a la región o bien no considerar aquellas que pueden ser claves para un ecosistema. Los análisis de conglomerados proporcionan una aproximación de mayor veracidad para regionalizar a nivel genérico los grupos taxonómicos presentes. Estos resultados se validan cuando son comparados con los registros de herbarios o bien por la base REMIB. Estos últimos, para Durango fueron escasos y no actualizados con respecto a las bases de herbarios.

**CAPÍTULO III**  
**REGISTRO DE DOS NUEVAS LOCALIDADES Y REUBICACIÓN DE**  
**INDIVIDUOS DE UNA DE ELLAS DE *Astrophytum myriostigma***  
**Lemaire (CACTACEAE) EN DURANGO, MÉXICO**

Jaime Sánchez Salas, Gisela Muro Pérez, Eduardo Estrada Castellón y  
Mario García Aranda

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado postal 41,  
67700, Linares, N.L., México.

[jimmybios@hotmail.com](mailto:jimmybios@hotmail.com)

**PUBLICADO: BOTANICAL RESEARCH INSTITUTE OF TEXAS**

RESUMEN

*Astrophytum myriostigma* es una especie endémica extremadamente codiciada y saqueada en las áreas donde se distribuyen. Se encuentra catalogada como Amenazada de extinción y no se había reportado para el estado de Durango. La especie se distribuye en zonas calcáreas que son utilizadas para aprovechamiento minero extractivo (caliche), por lo que el riesgo de extinción es latente.

ABSTRACT

*Astrophytum myriostigma* is endemic species highly coveted and looted disytribution sites. Is listed as threatened and there were no reports for the state of Durango, México. It is distributed in areas used for extractive mining explotación, begin in latent extinction risk.

El Desierto Chihuahuense se caracteriza por su rica diversidad y endemismo de cactáceas (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcenas, 1995), muchas de las cuales se encuentran en alguna categoría de riesgo (Hernández y Godínez, 1994; Hernández y Bárcena, 1995, 1996; Gómez-Hinostrosa and Hernández, 2000; Hernández et al., 2001) como es el caso de *Astrophytum myriostigma* Lemaire (Semarant, 2002) cuya distribución se localiza en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luís Potosí (Bravo y Sánchez-Mejorada, 1991; Guzmán et al., 2003; Henrickson & Johnston, 1997) y Durango, habitando pendientes pedregosas, asociado a comunidades de *Agave lecheguilla* y *Hechtia* (Henrickson and Johnston, 1997). Actualmente se reconocen dos variedades de esta especie *A. m. var. myriostigma* y *A. m.*

var. coahuilense (H. Moeller) Y. Ito, esta última con alto grado de polimorfismo (Henrickson and Johnston, 1997), aunque otros autores reconocen solo una especie (Guzmán et al., 2003); la especie es considerada evolutivamente como calcícola apomórfica (Del Castillo, 1996) y al menos en el las áreas del Desierto Chihuahuense, donde se ha registrado esta especie, los rangos altitudinales entre los 1170-1205 m y suelos de tipo calcáreos parecen ser su hábitat preferente (Sánchez-Salas, 2002).

### ***Población de *Astrophytum myriostigma* en la Sierra El Sarnoso***

En junio de 2002 se registró una nueva población de este taxa (Fig. 1) en Durango, localizada en la sierra “El Sarnoso” (25°35’N, 103°35’W), dentro del municipio Lerdo, Durango (Sánchez-Salas y Romero, 2003), la vegetación en esta área corresponde a matorral rosetófilo, predominando *Agave lechuguilla* Torr., *Opuntia leptocaulis* DC. y *Jatropha dioica* Sessé; esta población es diferente a la reportada por Henrickson y Johnston (1997), localizada el Cerro “La bola” en las montañas cercanas al poblado de Viesca, 350 Km al Noreste de Torreón, Coahuila.

La población de *A. myriostigma* localizada en la sierra “El Sarnoso” abarca una superficie de aproximadamente 7.11 Km<sup>2</sup>. Con al finalidad de conocer la densidad de individuos de la población, en Junio de 2002 realizamos un primer muestreo estratificado (Franco, 1985) geoposicionando ocho cuadrantes de 10 X 10 m, donde registramos un total de 75 individuos (Muro-Pérez, 2002), posteriormente, en Septiembre del mismo año, se geoposicionaron otros ocho cuadrantes en lugares diferentes dentro de la misma población, esta vez se registraron 27 individuos más, totalizando 102 individuos (Sánchez 2002; Sánchez y Romero, 2003).

En Octubre de 2006, utilizando la misma metodología, se cuantificaron de nuevo los individuos de *A. myrisotigma* en los mismos 16 cuadrantes, en esta ocasión el registro de individuos disminuyó a 92 individuos, 10 individuos menos que en el anterior registro (Septiembre, 2002), esta disminución es debida a la extracción ilegal de las plantas (Muro-Pérez, 2006), pues se pudo constatar visualmente los huecos en la tierra que dejaron las plantas al ser extraídas.

En Mayo de 2009, se realizó otra cuantificación de individuos de esta especie en los mismos cuadrantes y con la misma metodología, en esta ocasión contamos únicamente 75 individuos en la población, 35 menos que los registrados en Octubre de 2006, estas 35 plantas extraídas

fueron localizadas a 40 m de la población de esta especie, en dos costales, con 15 y 20 individuos respectivamente, desafortunadamente, los individuos extraídos corresponden a individuos adultos, de 35 cm de largo o mayores, reportados como “plantas madre” (Reza, 2008), mismos que proveen las semillas que mantienen a la población estable in situ, y al ser saqueadas ocasionan una disminución en la producción de nuevos individuos que reemplazarán a los adultos seniles.

La extracción ilegal de esta especie en la zona es llevada a cabo por pobladores de la región, por encargo de traficantes extranjeros que pagan cantidades irrisorias por la venta de ejemplares de esta especie (Sánchez-Salas, 2002; Muro-Pérez, 2002). En el presente año se realizará una nueva cuantificación de individuos, ya que de acuerdo con los pobladores del área, esta zona aún no está exenta de saqueo y comercio ilegal por parte de coleccionistas extranjeros quienes pretenden poseer esta codiciada planta dadas sus peculiaridades morfológicas de gran belleza, y a título de ejemplo, destacamos el caso de los oficiales aduanales del Aeropuerto Schiphol, en Amsterdam, Holanda, que al registrar el equipaje de ropa de un turista alemán proveniente de México encontraron varias especies de cactáceas, incluyendo plantas de *Astrophytum* (CITES, 2002) posiblemente de la especie *myriostigma*.

### ***Población de Astrophytum myriostigma en el Ejido Villa Nazareno***

El Ejido Villa Nazareno (Fig. 1) se localiza en el Municipio Gómez Palacio, Durango, México (25°24'N, 103°25'W), la vegetación en esta zona corresponde a comunidades de matorral rosetófilo, donde las especies predominantes son: *Agave lecheguilla* Torr, *Yucca torreyi* Shafer, *Larrea tridentata* Coville y *Hechtia glomerata* Zucc. En febrero de 2004 registramos la presencia de 3 individuos de esta especie, la población se delimitó geográficamente con geoposicionador para conocer la superficie de distribución, la cual abarca aproximadamente 25 m<sup>2</sup>. En octubre de 2004, se geoposicionaron 6 cuadrantes de 10 X 10 m dentro de esta población para cuantificar el número de individuos, en total se cuantificaron 32 plantas de *A. myriostigma*. Adyacente a esta población de individuos, se localiza un área donde actualmente se extrae mineral (caliche) y su área de impacto se expande hacia esta población de *A. myriostigma*. Una semana después, localizamos otra pequeña población de individuos a una distancia de aproximadamente 50 m al E de la primera población y al igual que la población anterior, la delimitamos geográficamente con

GPS, ésta abarca una superficie de 250 m<sup>2</sup>, dispusimos tres cuadrantes de 10 X 10 m para calcular la densidad de individuos en su superficie, en esta población se registraron 10 individuos, en total ambas poblaciones suman 42 individuos.

Para evitar la destrucción de la población y muerte de los individuos de la población adyacente al área de extracción de mineral de caliche, se presentó un programa de rescate de esta especie a SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), para remover los 32 individuos de la primera población a la segunda de éstas; concedida la autorización (No. Oficio: SG/130.2.2.1/002193; No. Tramite: 3532), reubicamos los 32 individuos a la segunda población. En la actualidad, los individuos parece se han adaptado bien al sitio donde se reubicaron, pues no ha habido mortandad en ninguno de ellos; seguiremos monitoreando esta población para tratar de seguir protegiendo esta especie en inminente peligro de extinción.

La presencia de estas poblaciones de *A. myriostigma* para el municipio de Gómez Palacio, Dgo., aunadas a las de Cerro Bola cerca de San Pedro de las Colonias (Britton y Rose, 1963; Henrickson y Johnston, 1997; Villarreal y Encina, 2005) en Coahuila (Fig. 1); permiten suponer preliminarmente que las poblaciones de esta cactácea posiblemente tengan distribución de tipo continua, pudiendo ser activa o pasiva y que este patrón de distribución se presente a través de corredores o filtros (Miranda et al., 2003), en este caso, en las serranías.



## CAPÍTULO IV

# REGISTRO DE UNA NUEVA LOCALIDAD DE *LOPHOPHORA WILLIAMSII* J. M. COULT. A PUNTO DE EXTINCIÓN POR SAQUEO EN COAHUILA, MÉXICO.

Jaime Sánchez Salas<sup>1,2</sup>, Gisela Muro Pérez<sup>1,2</sup>, Eduardo Estrada Castellón<sup>1</sup>,  
Mario García Aranda<sup>1</sup> y Jorge A. Alba Ávila<sup>1</sup>.

1. Escuela Superior de Biología – Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad sin número, Fracc. Filadelfia, CP. 35010, Gómez Palacio, Durango, México.
2. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León  
Apartado postal 41, 67700, Linares, N.L., MÉXICO

[jimmybios@hotmail.com](mailto:jimmybios@hotmail.com)

**PUBLICADO: BOTANICAL RESEARCH INSTITUTE OF TEXAS**

### Resumen

Las cactáceas son un recurso no renovable que está siendo saqueado de manera indiscriminada. En casos particulares como la cactácea *Lophophora williamsii* distribuida en el ejido Saucedá, las especies no son aprovechadas medicinalmente y mucho menos en ritos ancestrales de la cual es sujeto esta especie. Desgraciadamente la desaparición de poblaciones como esta y otras especies de interés (medicinal y ecológico), están ocurriendo diariamente a causa de los cactófilos.

### Abstract

Cacti are a non renewable resource plundered indiscriminately. Cases such as *Lophophora williamsii* distributed in the Saucedá ejido, where the specie not are exploited medicinally and rites less. Unfortunately the demise of spices like this and other occurs by the cactophiles.

México es reconocido por la diversidad de plantas albergadas (Rzedowski, 1978; Gómez-Pompa et al, 1994) como consecuencia de las condiciones fisiográficas, climáticas y edáficas (Villarreal y Encinas, 2005). Además, la Región del Desierto Chihuahuense le confiere elementos representativos únicos de la familia cactácea (Hernández y Bárcenas 1995). La mayor parte del estado de Coahuila está incluida en el Desierto Chihuahuense (Henrickson y Johnston, 1997). En la región Coahuilense, se distribuyen 29 especies de cactáceas amenazadas (Hernández y Godínez 1994). *Lophophora williamsii* J. M. Coult (IPNI, 2011) es una especie de distribución no endémica (NOM-059-SEMARNAT-2010), sin embargo, se encuentra sujeta a protección especial y es un elemento importante de la flora cactológica del desierto Chihuahuense (Hernández y

Godinez 1994; Hernández y Bárcenas 1995 y 1996; Gómez-Hinostrosa y Hernández 2000; Hernández et al. 2001). Esta especie se distribuye desde la cuenca del Río Bravo en la parte de Texas y México (Bravo-Hollis y Sánchez Mejorada, 1991), extendiéndose hasta los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (Guzmán et al, 2003; Henrikson y Johnston, 1997; Britton y Rose, 1963). La especie no ha sido reportada anteriormente para el municipio de Saucedá, Coah. (Guzmán et al, 2003; Henrikson y Johnston, 1997; Britton y Rose, 1963) solo de manera general para el municipio de Ramos Arizpe, Coah. (Villarreal, 2001). De acuerdo a las condiciones de precipitación anuales para Coahuila (< 600 mm) *L. williamsii* es una especie abundante (Jímenez 2011); sin embargo, la extracción desmesurada disminuyó considerablemente la población localizada al norte de Saucedá en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila México.

#### **Hallazgo de la población de *L. williamsii*.**

En agosto del 2006 realizando recorridos por la zona candelillera del ejido Saucedá (25° 49' 41.6'' N y 101° 17' 49.6'' W) municipio de Ramos Arizpe, se localizó una planta adulta de 20 cm de diámetro a nivel de suelo con 22 clones. Posteriormente en septiembre del 2006, se regreso al área para realizar un censo de la especie, la cual se distribuye en matorral parvifolio de *Larrea tridentata* J. M. Coult, *Agave lechuguilla* Torr. y *Fouquieria splendens* Engelm., (IPNI, 2011). La totalidad de las plantas fueron ubicadas a dosel de *A. lechuguilla* aún y cuando el elemento dominante y de mayor cobertura es *L. tridentata*. El tipo de suelo donde se distribuye la población corresponde a xerosol háplico (Anónimo, 1995) poco pedregoso.

#### **Primer censo de la población.**

En septiembre del 2006 se aplicó el primer muestreo estratificado (Franco 1985) para censar la población, la cual ocupaba un área de 1.2 Km<sup>2</sup>. Se geoposicionaron 12 cuadros de 10 X 10 (Sánchez-Salas et al, 2010) donde se cuantificaron 165 ejemplares. La totalidad de los ejemplares presentaron en promedio tres rebrotes (clones) y el estado de los individuos se consideró como vigoroso. Las plantas pertenecían a diferentes edades debido a que presentaban variabilidad en la forma de la corona (Schultes y Hofmann, 1982)

## **Segundo censo del 2011.**

En marzo del 2011 se realizó nuevamente un recorrido por la zona y se cuantificaron los individuos en los mismos cuadrantes. Desafortunadamente como sucede con la mayoría de las cactáceas, y en particular con aquellas con efecto alucinógeno como el “Peyote” la población disminuyó drásticamente (Batis y Rojas, 2002; Hernández-Ortiz, 2008; Montero y García, 2010). Se procedió a la aplicación del mismo proceso metodológico. De las 165 plantas cuantificadas para septiembre del 2006 se encontraron un total de 28 y solo 12 presentaron tres rebrotes (clones) en promedio. Esto significa que 30 plantas en promedio se pierden al año por el saqueo desmesurado. Considerando lo determinado por Schultes y Hofmann (1982) podemos decir que aparentemente las plantas eran de la misma edad (adultas) por presentar formas similares de corona, lo cual pone en riesgo su permanencia *in situ*.

## **Estado actual de la población.**

*L. williamsii* está adaptada al microambiente semiárido y responde satisfactoriamente con altos niveles de sobrevivencia y regeneración que se puede observar por la generación excesiva de rebrotes sobre las plantas adultas (Terry, 2005). Este patrón de regeneración se observó por primera vez en septiembre del 2006, sin embargo, actualmente la producción de clones disminuyó. Podemos suponer que la disminución se deba al sobre pastoreo y las prácticas agrícolas. Anderson (1995) considera que las poblaciones de esta especie utilizadas para corte ritual (corte de parte aérea del peyote) en un periodo de tres años se recuperan por completo debido a su alta capacidad resiliente. Considerando el tiempo transcurrido desde que se encontró por primera vez la población de *L. williamsii* (septiembre del 2006) a la fecha (hace cuatro años y medio) la población debería estar recuperada totalmente (Anderson, 1995). No obstante, ésta va en declive, pues la planta no es usada para rituales ni con fines medicinales según pobladores del ejido Saucedá; simplemente los “Peyoteros” están sobre explotándola.

## **Fragmentación del ecosistema donde se distribuye *L. williamsii*.**

*L. williamsii* muestra selectividad por plantas nodriza según el estado de conservación o degradación en que se encuentre el sitio. La especie muestra una asociación con *L. tridentata* cuando el ecosistema se encuentra en buen estado y con *Opuntia leptocaulis* cuando el nivel de perturbación es medio (Montero y García, 2010). La totalidad de plantas de *L. williamsii* se

encontraron a dosel de *A. lechuguilla*, y ninguna asociada a las determinadas por Montero y García (2010). Esto hace suponer que el estado de perturbación del ecosistema puede ser de medio a alto, explicando así el estado deplorable que poseen las plantas y el bajo nivel de reproducción asexual que presentan las plantas adultas (Terry, 2005).

## CAPÍTULO V

### El MER: un instrumento para evaluar el riesgo de extinción de especies en México

Jaime Sánchez-Salas<sup>1,2</sup>, Gisela Muro<sup>2</sup>, Eduardo Estrada–Castillón<sup>1</sup>, Jorge A. Alba-Avila<sup>2</sup>  
y Cesar Cantú Ayala<sup>1</sup>.

1. Facultad de Ciencias Forestales - UANL, A.P. 41. Carretera Nacional km 145, Linares, N.L.  
67700 México.

2. Facultad de Ciencias Biológicas - UJED, Av. Universidad s/n, Frac. Filadelfia, C.P. 35010.  
Gómez Palacio, Dgo., México

**Autor para la correspondencia:** jimmybios@gmail.com

**SOMETIDO: REVISTA CHAPINGO SERIE ZONAS ÁRIDAS**

#### El MER: un instrumento para evaluar el riesgo de extinción de especies en México

#### MER: An instrument for risk assessing of extinction of species in Mexico

##### Resumen

Al referirnos a la determinación del riesgo de extinción, forzosamente se debe considerar a la especie como eje central de la evaluación. Variedad de métodos existen para medir la diversidad biológica, sin embargo, los métodos oficiales en México son los que determinan el grado de deterioro que puede presentar una especie, o bien, establecer la categoría de riesgo a la que deben pertenecer los grupos taxonómicos o especies. En México, la Nom-059-Semarnat-2010 es el documento que determina, en su anexo normativo I, el método conocido como MER para determinar la categoría de riesgo para las especies mexicanas.

**Palabras clave:** extinción, especies, MER, categorías y UICN.

## **MER: an instrument for risk assessing of extinction of species in Mexico**

### **Abstract**

Referring to determination of risk of extinction, necessarily the species must consider as the core of the evaluation. Different methods exist to measure biodiversity; however, official methods in Mexico are those which determine the degree of deterioration that may have a species or also to establish the risk category that should belong to the taxonomic groups or species. In Mexico, the Nom-059-Semarnat-2010 is the document that determines in its Normative Annex I, the method known as MER which determine the risk category for the species.

Key Words: Extinction, Species, MER, Categories and UICN.

### ***Introducción***

Estudiar los sistemas naturales resulta complejo dado que son regulados por múltiples factores y su consideración simultánea debe formar una visión global de los elementos que conforman la diversidad (Noss, 1990; Steneck, 2005; Nicholson y Possingham, 2006). Desafortunadamente la velocidad con que el crecimiento demográfico avanza provoca cambios en los sistemas naturales que obliga a diseñar y aplicar esfuerzos para tratar de medir el estado de conservación de la biodiversidad (Isasi-Catalá, 2010) y poder aplicar medidas necesarias para plantear soluciones a corto plazo (Carignan y Villard, 2002; Butchart et al., 2006). Bajo estas consideraciones en la 7ª Reunión sobre el Convenio de la Diversidad Biológica (2004) se propuso establecer estrategias para evaluar el estado de la biodiversidad (Balmford et al., 2005a, b; Dobson, 2005). En este sentido, México cuenta con una herramienta de aplicación exclusiva para el país que evalúa los factores que afectan los taxones. El presente documento tiene por objeto mostrar una síntesis del panorama de las normas y métodos bajo los cuales se evalúa el riesgo de extinción de especies en México.

### ***Determinación del riesgo de extinción de las especies en México***

Es imprescindible definir que es el Método de Evaluación de riesgo de extinción de especies silvestres en México o MER de acuerdo con sus siglas y como se citará en el presente documento. El MER es una herramienta que se aplica exclusivamente en México y se encarga de la documentación de forma sencilla de los factores que afectan un taxón en el país. Estos factores son ampliamente reconocidos por incrementar la tendencia o vulnerabilidad de la

extinción. Se constituye de cuatro criterios, tres de los cuales consideran la biología e historia natural de una especie o subespecie y el cuarto, básicamente se enfoca en la interacción con el hombre (SEMARNAT, 2002). Para evaluar el riesgo de extinción de una especie es necesario considerar mínimamente la distribución, características del hábitat y características biológicas que puedan aumentar su fragilidad ante eventos de disturbio e impacto del que hacer antrópico sobre las poblaciones (Tambutti *et al.*, 2001).

### ***El riesgo de extinción según el MER y sus criterios***

El riesgo de extinción en el MER, se considera como el grado del riesgo de extinción que enfrenta un taxón (especie o subespecie) silvestre en México al momento de realizar la evaluación (Semarnat, 2002). Los criterios del MER son: A) Amplitud de distribución del taxón (con cuatro niveles), B) Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural de la especie (con tres niveles), C) vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón (con tres niveles) y D) Impacto de la actividad humana sobre el taxón (con tres niveles).

### ***Antecedentes sobre el surgimiento del MER***

El Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en 1997 se encargaron de organizar y conducir el proceso de revisión y actualización de la NOM. En éste proceso participaron sociedades científicas, instituciones académicas y de investigación, secretarías de estado, organizaciones civiles y expertos independientes. El resultado fue la elaboración de una Norma que actualmente exige una documentación objetiva y específica del riesgo de extinción de las especies silvestres en México, que no deja de ser flexible cuando falta información, es escasa o la que se tiene es de diferente calidad y tipo (Semarnat, 2002).

### ***El MER, herramienta primordial de la NOM-059***

La modificación de la Norma de 1994 promovió la objetividad para dar mayor relevancia, credibilidad y legitimidad a la lista de especies en riesgo de extinción. Bajo este contexto fue formulado el MER como herramienta complementaria de la NOM-059. Por esta circunstancia, el método solo puede ser modificado a través de la evaluación y análisis de dicha norma; convirtiéndose en un método estrictamente inseparable (Semarnat, 2002). La Nom-059 es un

instrumento jurídico-administrativo que identifica especies silvestres en riesgo de extinción y tiene aplicación solo a nivel nacional, por lo que es de carácter operativo fundamental. Esta determina como evaluar el riesgo de extinción a través del MER bajo una serie de disposiciones obligatorias para la aplicación. Estas disposiciones hacen a la Norma Oficial 059 y al MER instrumentos inseparable y para entender más sobre su relación, así como del funcionamiento actual del método es necesario identificar disimilitudes entre la Nom-059-Semarnat-2001 y 2010 (Semarnat, 2002).

### ***Determinación del riesgo de extinción de las especies en México***

La palabra extinción, en su sentido estricto es la muerte de la especie o bien la desaparición física de la totalidad de los individuos que la constituyen (Tambutti *et al.*, 2001). De igual forma se considera un gremio extinto cuando desaparece a nivel local o de país. En México, la norma encargada de determinar el riesgo de extinción de las especies es la Nom-059. La propia norma determina la “extinción” como: la desaparición total de las poblaciones de una especie nativa del territorio mexicano. A través de varios años, se ha modificado con la finalidad de formar un elemento de consulta regulatorio y coherente que sobres dictamen pueda sufrir cambios para mayor protección de las especies (Tambutti *et al.*, 2001).

El instrumento normativo encargado de la determinación del grado de riesgo en México es la norma oficial mexicana 059-Semarnat., la cual es una modificación de la primer Norma Oficial Mexicana “Nom-059-Ecol-1994”. La constitución de ésta, se realizó con base en la consulta de expertos en los diferentes grupos taxonómicos de México. Desafortunadamente, la amplia variación de criterios y múltiples imprecisiones que presentaba la Nom-059-Ecol-1994, como la inclusión de especies que no se distribuían en el territorio mexicano, la omisión de especies que requerían protección y la inclusión de otras sobre las cuales no habían considerado (Tambutti *et al.*, 2001), aceleró su modificación. Sin embargo, la Nom-059-1994 se mantuvo vigente y se identificaron las necesidades primordiales para el mejoramiento de la protección de las especies.



### **Similitud entre la Nom-059-Semarnat 2001 y 2010**

La Norma Oficial 059 del 2010 agregó el numeral 8, así como el Anexo Normativo II correspondiente al MER de Extinción para Plantas Mexicanas. El resto de la Norma no presentó cambios de gran relevancia (Cuadro 1). Al igual que la 2001, la categoría de “amenazada” en la norma vigente es la única que coincide con la de “vulnerable” de la UICN, mientras que la categoría de “sujeta a protección especial” incluye algunas categorías menores de riesgo de la UICN.

<b>Cuadro 1. Comparación de los cambios sufridos en la Nom-059-Semarnat del año 2001 al 2010.</b>	
<b>Cambios estructurales de la Nom-059-Semarnat 2001 a 2010</b>	
1.- Objetivo.	1.- Objetivo y campo de aplicación.
2.- Campo de aplicación.	2.- Definiciones
3.- Definiciones.	3.- Abreviaturas.
4.- Abreviaturas.	4.- Especificaciones generales.
5.- Especificaciones de categorías	5.- Especificaciones de categorías e integración de la lista
6.- Criterios para inclusión, cambio o exclusión de especies, subespecies y poblaciones en las categorías de riesgo.	6.- Criterios para inclusión, cambio o exclusión de especies, subespecies y poblaciones en las categorías de riesgo.
7.- Concordancia con las normas y lineamientos internacionales.	7.- Concordancia con las normas y lineamientos internacionales.
8.- Bibliografía.	8.- <b><u>Procedimiento para la evaluación de la conformidad.</u></b>
9.- Observaciones: Anexo Normativo I: MER Anexo Normativo II: Lista de especies y poblaciones en riesgo.	9.- Bibliografía. 10.- Observaciones: Anexo Normativo I: MER <b><u>Anexo Normativo II: MER de extinción de Plantas en México.</u></b> Anexo Normativo III: Lista de especies en riesgo.

### **Modificaciones del MER 2010 respecto a las 2001**

Para el MER vigente, la Nom 059 realizó modificaciones exclusivamente en el método de evaluación de plantas. Se agregó el anexo normativo II “Método de evaluación del riesgo de extinción de plantas en México”. Este nuevo anexo se adicionó por considerar que las plantas poseen características particulares como la distribución geográfica, especificidad del hábitat y cuestiones demográficas que obligan a ser evaluadas de manera distinta a los animales

(Semarnat, 2010). Otra sección que se agregó fue la evaluación del “Índice de impacto antropogénico” para determinar si el efecto de los disturbios en las especies responden positivamente a la regeneración. Por estas circunstancias, el anterior anexo Normativo II, ahora es anexo Normativo III (Semarnat, 2010).

### ***Causas de la pérdida de especies***

Es necesario entender los procesos que mantienen en riesgo a las especies para aplicar programas de conservación. Al respecto, las actividades antrópicas son consideradas como la causa principal. Mientras que los factores que hacen vulnerable un taxón varían en función de la historia de vida de cada especie (Baena *et al.*, 2008). De considerarse este factor para la formulación de la lista de especies en riesgo, esta pudiera ser interminable (Jablonski, 1986). Otro factor no considerado es la extinción en masas súbita, que puede presentarse y suceder en pocos años (Molina *et al.*, 2006a; Molina, 2007; Raup, 1981) provocando extinciones aceleradas. Precisamente, las extinciones son otra forma de vislumbrar la pérdida de especies. Se estima que en México se han extinto por lo menos 22 especies de peces y 11 especies de aves y mamíferos (Ceballos y Márquez-Valdemar, 2000) y en todo el mundo se calculan 486 especies desaparecidas desde el año 1600 (Eldredge, 1998). Sin embargo, este proceso seguramente se subestima dado el número de especies que se extinguen sin que el humano se percate de ello. Otra situación que provoca la subestimación de la extinción es la suposición considerada sobre “presencia de especies = viabilidad óptima”. Desafortunadamente, la persistencia de algunos individuos no significa aseguramiento poblacional (Gaston y Spicer, 2000). Podemos decir que el efecto principal, independientemente de las diferentes causas de extinción, es la baja respuesta adaptativa de las especies al aumento o disminución de la temperatura global, cambios en el régimen de la pluviosidad, fragmentación repentina de hábitats (cambio de uso de suelo), competencia entre poblaciones y especies, así como la llegada de nuevos organismos ante un sistema ecológico totalmente nuevo (Castellanos, 2006)

Es inminente la disminución continua de la diversidad por el uso y sobre explotación de los recursos naturales. Esta situación es el efecto de la búsqueda continua del bienestar del ser humano, pues los ecosistemas sufren un desequilibrio severo por el uso insostenible de los servicios que brinda (PNUMA, 2010; Chapin *et al.*, 2000). El uso alimenticio y medicinal, son los

servicios básicos que ponen en riesgo continuo de disminución e incluso de la extinción a grupos particulares de diversidad (Figura 1) como aves, peces y mamíferos (Alkemade, *et al.*, 2009). Un ejemplo es la extinción de arrecifes de coral que tiene un costo promedio de 172.000 millones de dólares anualmente. La extinción de estos arrecifes, afecta aproximadamente a 500 millones de personas cuya supervivencia depende de los servicios que estos proporciona (Martínez, 2007).

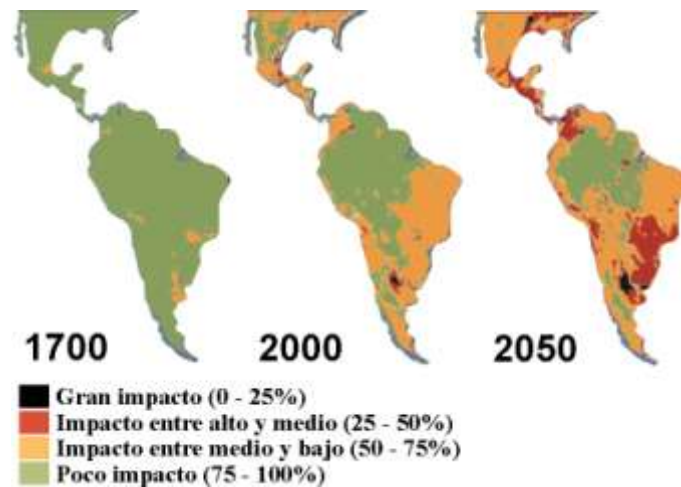


Figura 1. Pérdida de biodiversidad en América Latina y el Caribe debido a la expansión agrícola, contaminación, cambio climático y desarrollo de infra-estructuras. Fuente: Alkemade et al. 2009.

### ***Los criterios del MER (Tambutti et al., 2001; SEMARNAT, 2002)***

Esté método utiliza cuatro criterios a los cuales se les asigna una escala de tres a cuatro valores que indican grados ascendentes del riesgo de extinción. Se trató de que los criterios fuesen independientes entre sí, para que guarden una relación directa con el grado acumulativo del riesgo de extinción al momento de realizar la suma cumulativa del puntaje, quedando como sigue:

#### **A. Amplitud de la distribución del taxón en México.**

- i) Muy restringida = 4
- ii) Restringida = 3
- iii) Medianamente restringida o amplia = 2
- iv) Ampliamente distribuida o muy amplia = 1

### **B. Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón.**

- i) Hostil o muy limitante = 3
- ii) Intermedio o limitante = 2
- iii) Propicio o poco limitante = 1

### **C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón.**

- i) Vulnerabilidad amplia = 3
- ii) Vulnerabilidad media = 2
- iii) Vulnerabilidad baja = 1

### **D. impacto de la actividad humana sobre el taxón.**

Alto impacto = 4

Impacto medio = 3

Bajo Impacto = 2

Aplicados los criterios del MER, se procede a la suma del puntaje obtenido en cada criterio y se determina el riesgo de extinción con base a los intervalos ya establecidos para la asignación de la categoría de riesgo a la que va a pertenecer:

Taxón con suma de: 12 – 14 = Peligro de Extinción (Pr).

Taxón con suma de: 10 – 11 = Amenazado (A).

### ***Lo que no ejecuta el MER (Tambutti et al., 2001)***

- 1) No evalúa el riesgo de extinción sin considerar los cuatro criterios.
- 2) No asigna valores éticos o de conservación a cada especie.
- 3) Evalúa cualitativamente el riesgo de extinción.

### ***UICN y su relación con la Norma Oficial 059***

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), es un organismo que resuelve la problemática que el medio ambiente enfrenta. Apoya la investigación científica, mediante la gestión de proyectos de campo alrededor del mundo. Reúne distintos gobiernos, ONG, las Naciones Unidas, convenciones internacionales y empresas para que laboren en el desarrollo de políticas, leyes y buenas prácticas (UICN, 2011). La relación de los criterios UICN para acordar la unificación de la forma de evaluación y determinación del riesgo de extinción a

través del MER de la NOM-059, fueron determinados por diversas sociedades científicas. Estas propusieron adoptar las categorías del riesgo de extinción de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2001). No obstante, el sistema de la UICN presentaba dificultades para el MER, pues debía aplicarse a especies poco conocidas en México y además los criterios no podían aplicarse claramente a escala regional y nacional (Isaac y Mace, 1998).

### ***La problemática de México ante los criterios UICN***

El desconocimiento de la demografía y biología de un gran número de especies mexicanas (Mittermeier *et al.*, 1997) es la causa principal que complica la aplicación de los criterios de la UICN. Esta carencia de información provocó que el subcomité encargado de las modificaciones a la Nom-059-Ecol-1994 desarrollara un método propio para poder determinar el riesgo de extinción de las especies en México. Además, para poder aplicar el método de la UICN, es necesario ponderar las reducciones poblacionales (más de 80, 50 ó 20%) para los 10 años más recientes, o bien, en tres generaciones evaluadas. Una situación más que complicó la aplicación de los criterios UICN en México fue el análisis requerido sobre viabilidad de las poblaciones, el cual determina la probabilidad de extinción de especies en el medio silvestre (Semarnat, 2002).

### ***El único criterio relativamente fácil de la UICN para su aplicación en México***

La amplitud de la distribución de las especies o taxones parece ser fácil de aplicar ya que únicamente abarca una dimensión de amenaza de la especie. No considera la biología intrínseca, el estado del hábitat y mucho menos el efecto directo de actividades antrópicas. Esto ha determinado que muchos expertos, a pesar de tener información de varios criterios sobre la especie que están evaluando, sólo basan su recomendación de clasificación en el resultado del criterio que más acerca a la especie a la extinción, sin reportar los resultados obtenidos de otros criterios (UICN, 2001). Aun así, se coincidió en que las listas de la UICN representan un marco de referencia importante sobre el estado de riesgo global de algunos taxones, por lo que se estableció una comparación básica de las categorías de la NOM y de la UICN (Semarnat, 2002).

### ***Relación de la Ley General de Vida en la Norma Oficial Mexicana 059***

En el proceso de reelaboración de la norma NOM-059-SEMARNAT-2001 se redefinieron algunas de las categorías de riesgo establecidas en la versión de 1994, lo cual se incluyó en la Ley

General de Vida Silvestre (LGVS). La LGVS prevé la actualización permanente de las listas de especies asignadas a categorías de riesgo, al menos cada tres años, con la meta de generar y actualizar la información acerca de las especies y poblaciones en riesgo de extinción en un proceso continuo. Las especificaciones de manejo de las especies, poblaciones o ejemplares de especies en riesgo se establecen en la Ley General de Vida Silvestre en el título VI “Conservación de la Vida Silvestre, Capítulo I “Especies y Poblaciones en Riesgo y Prioritarias para la Conservación” (DOF, 3 de julio de 2000, artículos 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 85, 87 y 88). Con esta medida se establecieron mejores y mayores especificaciones de protección que las que había en la norma oficial mexicana de 1994, dada la naturaleza jurídica de ambos instrumentos (Semarnat, 2002; LDVS, 2011).

### **Conclusiones**

Determinar qué nivel de deterioro, vulnerabilidad o riesgo posee una especie, pareciera tener un futuro dudoso, pues el ejecutor aplicará un criterio propio que intrínsecamente represente las categorías establecidas por el MER o UICN. Desafortunadamente, la única realidad es que las especies siguen desapareciendo a una velocidad incalculable a consecuencia de las triviales razones ya conocidas. El crecimiento demográfico exponencial y descontrolado, parece ser el motivo por el que las especies se encuentran en riesgo continuo e inminente de extinción. Finalmente tratar de determinar que una especie este en mayor o menor riesgo de extinción es tan sombrío como decir que conocemos en su totalidad a las especies del mundo, más aún, la biología de cada una de ellas, sea planta o animal. Sabemos que cada organismo es un eslabón que forma parte de una cadena importante y que al zanjarlo, solo a largo plazo se verán los efectos y repercusiones que se tendrá en el ecosistema aún sin pertenecer a alguna categoría de riesgo.

### **Agradecimientos**

A la Coordinadora Juana María Castillo Moreno de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Forestales campus Linares Nuevo León, México por facilitar información para la elaboración del presente documento.

## CAPÍTULO VI

### TRADITIONS: REALITY THAT EXTINGUISHES *FEROCACTUS PILOSUS* IN SEMIARID ZONE IN DURANGO, MÉXICO.

JAIME SÁNCHEZ-SALAS, \* EDUARDO ESTRADA-CASTILLÓN, GISELA MURO

Y JESÚS LECCINUM GARCÍA-MORALES.

*Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado postal 41. Carretera Nacional Km 145, Linares, Nuevo León., C. P. 67700 México (JSS, EEC)*

*Facultad de Ciencias Biológicas – Universidad Juárez del Estado de Durango, Avenida. Universidad s/n, Fraccionamiento Filadelfia, C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo., México (JSS, GMP)*

*Herbario, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil 1301 Poniente, A.P. 175, C.P. 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas (JLGM)*

**SOMETIDO: SOUTHWESTERN ASSOCIATION OF NATURALISTS**

**Resumen**--*Ferocactus pilosus* es una cactácea de fuerte potencial económico al ser utilizada como alimento e incluso medicina, por lo cual es considerada con alto valor étnico por ser utilizado por diversos grupos étnicos que habitan a lo largo del desierto Chihuahuense y usan los diferentes productos para sobrevivir. Para la zona árida y semiárida de Durango, no se tenía documentado que la especie fuera utilizada para la preparación de un dulce considerado tradicional y cultural; el “acitrón o dulce de biznaga” preparado en el municipio de San Juan de Guadalupe.

**Abstract**--*Ferocactus pilosus* is a cacti with economic potential since it is used as food and medicinal, it is considered with high cultural value since it is used by several ethnic groups inhabiting the Chihuahuan Desert region and use it in several ways to survive. There is not scientific information respect to this species, which is used for make the candy called “acitrón” or “biznaga dulce (sweet biznaga)” in the semiarid areas, in San Juan Guadalupe, Durango.

Cacti are a group of multiple uses that drew attention from Mesoamerican prehistoric times (Casas, 2002) documented the historical, cultural, economic, medicinal and food (Bravo-Hollis, 1978; Bravo-Hollis and Sánchez-Mejorada, 199a; Bravo-Hollis and Scheinvar; 1999; Velazco and Alanis, 2009). Precisely during the Mesoamerican in Mexico is where are recorded ethnobotanical use, medicinal and food used by indigenous peoples to 118 different cacti (Bravo-Hollis, 1978). Of these, a group of 22 columnar cacti are considered slow growing, blooming after several decades, not present or are grown vegetative propagation (Casas et al., 1999) and the remaining 23 lower-class (2 to 8 meters height) are considered fast growing and have flowering vegetative propagation is after six or eight years (Casas, 2002). Of these, a group of 22 columnar cacti are considered slow growing, blooming after several decades, not present or are grown vegetative propagation (Casas et al., 1999) and the remaining 23 lower-class (2-8 meters height) are considered fast growing and have flowering vegetative propagation is after six or eight years (Casas, 2002). Among the lower class are three important species, a genus *Echinocactus* and two *Ferocactus* genus, which in particular are highly coveted for the preparation of traditional sweet called acitron Mexico from colonial times or Virreinato (XVI century) to the present (The Crime of Reyes rosca, <http://archivo.lajornadamichoacan.com.mx>). Is categorized by Nom-059-Semarnat-2010 as "subject to special protection" (Semarnat, 2010). In particular, from semiarid zone *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm. or "lemon biznaga" is using only in Durango to make acitron sweet. This practice populations decreases dramatically, in addition, consumption of fruits and vegetables does not allow regeneration of the species in situ and extraction of the whole plant for forage exacerbates damage to the populations in San Juan de Guadalupe, Durango., Mexico.

**SPECIES AND ACITRON SWEET**--The elaboration of traditional sweet has strong roots in Mexico and you get only of three endemic species of cacti: *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto distributed in Coahuila, Zacatecas, Nuevo Leon, Tamaulipas, San Luis Potosi, Guanajuato, Queretaro, Hidalgo, Puebla and Oaxaca (Guzman et al., 2003); *Ferocactus histrix* Lindsay in Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacan, Queretaro, San Luis Potosi and Zacatecas (Guzman et al. 2003) and *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm., Durango, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosi, Nuevo Leon and Tamaulipas (Guzman et al., 2003). The first record of *F. pilosus* was to Coahuila and Zacatecas (Britton and Rose, 1963). Later in the northern states of the altiplano in Durango, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosi and Nuevo Leon (Bravo-Hollis and



Sánchez-Mejorada, 1991, Henrickson and Johnston, 1997). Only Bravo-Hollis and Sánchez-Enhanced (1991) reported in Tamaulipas, as Guzman et al, (2003) and González-Elizondo et al, (1991) in Durango. However, it was unknown in the town of San Juan de Guadalupe, Durango., Is made with sweet acitron regularly to be marketed on a small scale, are consumed fruit and whole plant.

**POPULATION SAMPLING *F. PILOSUS* IN SAN JUAN DE GUADALUPE**--In February 2012 we find the first population associated with rosette desert scrub of *Yucca filifera* Chabaud. and microphyll shrub-land of *Larrea tridentata* JMCoult., and between submontane shrub-land of *Acacia berlandieri* Benth., (González - Elizondo et al, 2007). Delimit a minimum area of sample (plot) to scrub 25 m<sup>2</sup>, covering the largest number of individuals of *F. pilosus*. The total area was 400 m<sup>2</sup>, area where individuals stopped appearing and what was built with the graphic "minimum area - number individuals" to determine the number of replications (plots). We conducted six replications (six plots 400m<sup>2</sup>) considered minimum sampling area of the species (Franco, 1985). We determined that an adult organism (capable of reproduction) each 100m<sup>2</sup> is distributed as four individuals were located every 400m<sup>2</sup>. Possibly this is because the species has a mechanism of allelopathy between the same species (Weston, 1996) by adhering rhizosphere phytotoxins in preventing the growth of other organisms of the same species (Weidenhamer, 1996).

**PREPARATION OF SWEET ACITRON--PLANT SELECTION**--Plants are selected medium to large sizes (2-8 m height). Eliminate the skin, bones and plant whole plant extract. This process takes about four hours. If the plant is young flower buds are harvested and canned ready to eat as vegetable. The plant is cut into small segments and transported to the site of preparation. Larger size plants (three meters high) are at greater distances, resulting in production of sweet next select plants for small size and in greater quantity. As a result young plants disappear immediately without the slightest possibility of regenerating the population. **WASH AND RISE**--Impurities are eliminated from the pieces of plant and rinsed with water for the next phase. **BLEACHING**--The pieces of the plant are stuck to the "cal" penetrate the mucilage, softening the fibers for easy intake. The bleaching may take up to two days, depending on how the plant is dehydrated. The process finish with mucilage is softly. **PLANT COOKING**-- Consists of three phases; the first two are for baking mucilage sugar over low heat until it forms syrup, it takes up to six hours depending on the amount of fresh produce. The third steps is to lets the sweet and cook again the next day repeating the first two

stages, only high heat and chill. *SWEET FILTERING*--Sweet is drained on a metal mesh to drain the excess syrup dry. *STORAGE*-- Stored in cardboard boxes and last up to a year.

***THE USES THAT THREATENED TO F. PILOSUS***--This specie is used by various indigenous groups that inhabit the Chihuahuan Desert (Alanís y Velazco, 2008), turning it into a cactus with high economic potential (Bravo-Hollis y Scheinvar; 1999; Casas, 2002). It is a very sacked because the plant is fully used. In the municipality of San Juan de Guadalupe, Dgo., the plant is used to making acitron sweet. Unfortunately, young flowers or "cabuches" are part of the diet of people (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991) as vegetables entrees (Diversidad de cactáceas y su aprovechamiento en México, <http://www.ine.gob.mx/descargas/>; Bravo-Hollis y Scheinvar; 1999) and thornless plant is used as cattle feed. The acitron sweet is used in dishes Mexican as "rosca de reyes", tamal dulce" and "chiles en nogada" (El delito de la rosca de reyes, <http://archivo.lajornadamichoacan.com.mx>).

***IMPLICATIONS FOR CONSERVATION***--Traditions are hard to change and a sustainable use approach is not right for this species. An immediate conservation measure is to use other fruits to prepare acitron sweets, managed to preserve the centennial plants (more than three meters high) of *F. pilosus* and only remain as a record traditional use and cultural preparation acitron since colonial or Virreinato times. Now is a federal crime extract, market and buy a copy or derivatives of the three species where you get the citron, the penalty is nine years in prison and up to 164,000 dollars fine (Semarnat, 2010).

We thank the Herbarium of the Faculty of Forestry Sciences at the Autonomy University of Nuevo Leon for the facilities provided for research and Faculty of Biological Sciences of University Juarez State of Durango.

## CAPÍTULO VII

# MORFOMETRÍA DE SEMILLAS EN LA CACTÁCEA AMENAZADA DE EXTINCIÓN *Astrophytum myriostigma* Lemaire

**Jaime Sánchez-Salas<sup>1,2</sup>, Joel Flores<sup>3</sup>, Gisela Muro-Pérez<sup>1,2</sup>, Salvador Arias-Montes<sup>4</sup>,  
Enrique Jurado<sup>1</sup> y Eduardo Estrada Castellón<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Apdo. postal 41, 67700 Linares, Nuevo León, México.

<sup>2</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, Avenida Universidad s.n., Fraccionamiento Filadelfia, 35010 Gómez Palacio, Durango, México.

<sup>3</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C., División de Ciencias Ambientales, camino a la presa San José 2055, Colonia Lomas 4ª Sección, 78216 San Luis Potosí, S.L.P., México.

<sup>4</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Jardín Botánico, Circuito exterior s.n., Ciudad Universitaria. Apdo. postal 70-614, 04510 México D.F., México.

**ENVIADO: POLIBOTÁNICA**

### **RESUMEN**

Se presenta un estudio morfométrico y micro estructural en semillas de una población de la cactácea amenazada *Astrophytum myriostigma* Lemaire removida en su totalidad en el sitio por saqueo. Se incluyen resultados que separan tamaños de semillas y embriones (grandes y pequeños) así como promedios para ambos. Se realizó una descripción de características en la semilla obtenidas mediante estereoscopía. Se incluye una descripción detallada de la forma y color, así como de micro estructurales del funículo, capa funicular y otras estructuras que le acompañan.

Palabras clave: micro estructuras, morfometría, semillas, *Astrophytum myriostigma*.

## **ABSTRACT**

We present a morphometric and micro-structural study in seeds of a population of the threatened cactus *Astrophytum myriostigma* Lemaire entirely removed from the location. The results are for sizes of seeds and embryos (large and small) and description of features in the seed using a stereoscopic microscope. We include a detailed description of the shape, color and structural micro funicle, funicular layer and other surrounding structures.

Key words: micro structures, morphometry, seeds, *Astrophytum myriostigma*.

## **INTRODUCCIÓN**

La micromorfología de semillas en la familia Cactaceae es diversa en forma, tamaño, color y arreglos tegumentarios (Buxbaum, 1951; Anderson y Ralston, 1978; Barthlott y Voit, 1979; Stuppy y Huber, 1991; Elizondo-Elizondo et al., 1994). Estas características se relacionan con la capacidad germinativa de las especies (Bregman y Bouman 1983; Maití et al., 1994), con el fin de establecer relaciones filogenéticas entre especies que comparten rasgos estructurales o de cubiertas (Anderson y Ralston, 1978). Se han realizado contribuciones de valor taxonómico en relación con las cubiertas tegumentarias en la familia Cactaceae (Bravo-Hollis, 1978; Barthlott y Voit, 1979) como en semillas de *Neoevansia zopilotensis* (Sánchez-Mejorada, 1977), *Mammillaria seitziana* (Scheinvar, 1982), *Aztekium hintonii* (Glass y Maurice-Fitz, 1992), *Astrophytum capricorne*, *Echinocactus* y *Epithelantha* (Elizondo-Elizondo et al., 1994). *Astrophytum myriostigma* posee las microestructuras de mayor complejidad en este taxón (Barthlott, 1981) y, mediante el estudio morfológico y micro estructural, se pueden determinar las estructuras tegumentarias externas e internas que indican las adaptaciones (Elizondo-Elizondo et al., 1994) para su dispersión en ambientes semiáridos. Bajo estas consideraciones se planteó como objetivo realizar un análisis estudio morfológico y micro estructural en las semillas de *Astrophytum myriostigma*.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Obtención de frutos y semillas***

En el 2002 se colectaron 2000 semillas de una población removida en su totalidad por el saqueo irracional en la sierra El Sarnoso del Municipio de Lerdo, Dgo., México (Sánchez-Salas et al., 2006).

### ***Separación de las semillas***

Las semillas seleccionadas fueron revisadas en estereo para evaluar la calidad y utilizar solamente las que se encontraban en buen estado. En este proceso se observaron diferencias en cuanto a tamaños, por lo que se separaron y agruparon en dos; semillas pequeñas y grandes (Sánchez-Salas et al., 2006).

### ***Análisis métrico***

De cada grupo, se seleccionaron aleatoriamente 20 semillas para medirlas en longitud, diámetro, espesor y peso; al igual que en los embriones. El peso de las semillas y embriones se tomó inmediatamente después de pasar por el proceso de secado de 24 horas a temperatura ambiente (Moreno et al., 1992).

### ***Análisis estadístico para grupos de semilla***

Se construyó una base de datos con longitud, diámetro y espesor tanto en semillas como en embriones grandes y pequeños. Se aplicó la prueba de Wilcoxon considerando que ambas muestras de semillas (pequeñas y grandes) están relacionadas. Los datos fueron analizados para corroborar las diferencias de los tamaños de semillas con el programa SPSS® 11.0.0 (Pardo y Ruíz, 2002). Mediante un análisis estadístico se estableció el tamaño promedio de ambos grupos de semillas.

### ***Análisis morfológico de la semilla***

Mediante estereoscopia se capturaron diferentes ángulos de la semilla, considerando las estructuras características de la especie (Elizondo-Elizondo et al., 1994).

## RESULTADOS

El análisis se dividió en caracteres morfométricos y micro estructurales.

### Caracteres morfométricos

1.- Tamaño. La longitud de semillas (grandes y pequeñas) mostró diferencias significativas ( $F=0.011$ ;  $P<0.05$ ) y para peso fue altamente significativa ( $F=0.001$ ;  $P<0.05$ ). Para embriones se encontraron diferencias altamente significativas ( $F=0.000$ ;  $P<0.05$ ) en longitud, diámetro y peso (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diferencia de tamaños entre semillas y embriones para *A. myriostigma*. Diferentes letras dentro de cada tamaño de semillas y embriones indican diferencia significativa entre ellos ( $P<0.05$ ).\*

Diferencia significativa. \*\* Diferencia altamente significativa.

	SEMILLAS (Grandes y Pequeñas)				EMBRIONES (Grandes y Pequeños)			
	Longitud	Diámetro	Peso	Espesor	Longitud	Diámetro	Peso	Espesor
Prueba de Wilcoxon	0.011a*	0.070b	0.001a**	0.797b	0.000a**	0.000a**	0.000a**	0.001b

### 2.- Métricas de semillas y embriones

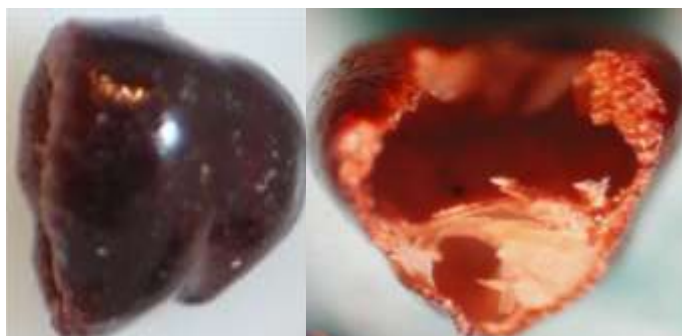
Se establecieron los tamaños máximos y mínimos para ambos grupos de semillas y embriones. Las semillas grandes y pequeñas son diferentes estadísticamente ( $P<0.05$ ) en longitud y peso. En el caso de los embriones son diferentes estadísticamente en longitud, diámetro y peso (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tamaño promedio de semillas y embriones en *A. myriostigma*. (\*Promedio  $\pm$  E. E.). Diferentes letras dentro de cada tamaño de semillas y embriones indican diferencia significativa entre tamaños de semillas ( $P < 0.05$ ).

Promedios* en grupos de semillas y embriones				
Medidas	Semillas		Embriones	
	Pequeñas	Grandes	Pequeños	Grandes
Longitud (mm)	2.925 $\pm$ 0.033a	3.105 $\pm$ 0.032a	1.900 $\pm$ 0.089a	1.525 $\pm$ 0.206a
Diámetro (mm)	2.125 $\pm$ 0.075b	2.215 $\pm$ 0.057b	1.030 $\pm$ 0.092a	0.990 $\pm$ 0.013a
Espesor (mm)	1.875 $\pm$ 0.076b	1.875 $\pm$ 0.063b	0.921 $\pm$ 0.042b	1.125 $\pm$ 0.023b
Peso (mg)	0.0001 $\pm$ 0.148a	0.0002 $\pm$ 0.092a	0.0016 $\pm$ 0.000138a	0.0017 $\pm$ 0.000134a

### 3.- Forma

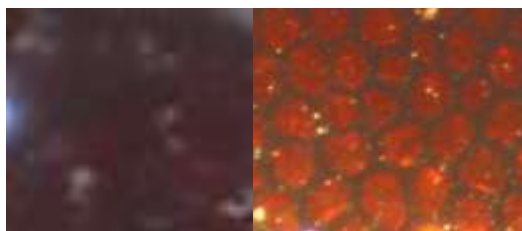
Navicular o de barco con doble cámara. La cámara uno (C1) es la superior y de mayor espacio, mientras que la cámara dos (C2) de menor tamaño posee una membrana embrionaria delgada que protege a éste (Fig. 1).



**Figura 1.** La imagen (izquierda) muestra la forma característica de barco o navícula e interiormente las cámaras que forman la semilla (derecha) encontrando en la parte superior la cámara de aire de mayor tamaño e inferior la cámara que contiene el embrión y lo protege. 60X

### 4.- Color

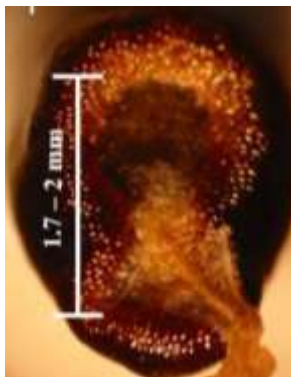
*A. myriostigma* posee una cubierta seminal lustrosa, dura y casi lisa que a simple vista refleja una tonalidad café oscura o negro brillante y a estereoscopio es café rojiza (Fig. 2)



**Figura 2.** Se observa el color de la epidermis en la testa de la semilla de un color rojizo (izquierda) a simple vista, mientras que con estere se puede observar la tonalidad rojiza que posee la testa (derecha). 100X

### **5.- Forma del Hilo (H)**

Amplio el cual llega a exceder el tamaño del embrión y es de forma biclavada pliegues marginales hacia el interior llamados “bordes crateriformes” (Fig. 3).



**Figura 3.** El hilo prominente es biclavado y se extiende por hasta 2 mm de longitud y es la parte de donde la capa funicular se sujeta para proteger la cámara de aire principal que ayuda a la dispersión durante eventos pluviales.

### **Caracteres micro estructurales.**

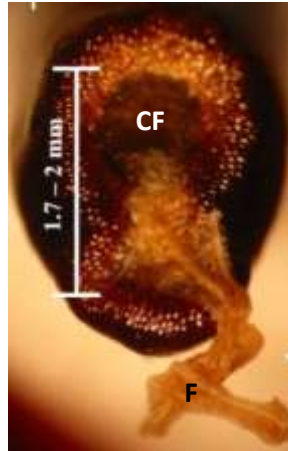
#### **6.- Funículo (F)**

La mayoría de las semillas de *A. myriostigma* presentan un funículo (F) persistente, alargado de hasta 3 mm y quebradizo (Fig. 4).

#### **7.- Capa funicular (CF)**

La mayoría de las semillas conservan la capa funicular (CF) al caer del fruto, es quebradiza y frágil (Fig. 4).

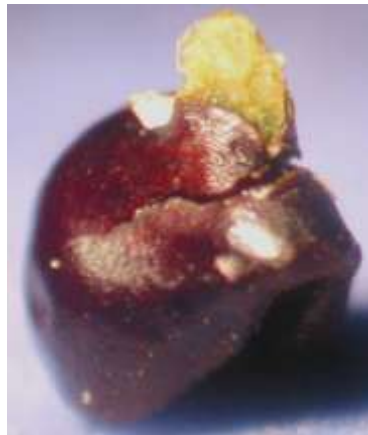




**Figura 4.** Esquematación del funículo (F) sujeto de la capa funicular de la semilla (CF).

### **8.- Micrópilo (M)**

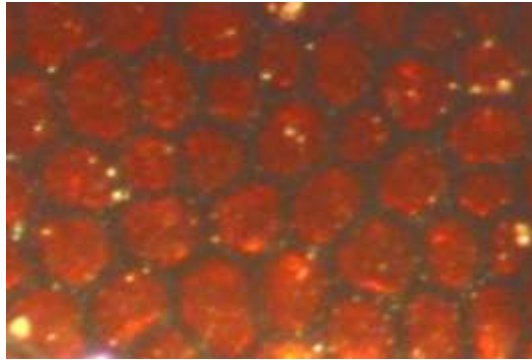
No se ubicó con estéreo, sin embargo, la mayoría de las semillas germinan por el gorro o navícula donde se ubica el micrópilo (Barthlott y Hunt, 2000), estructura que conecta el embrión con el exterior y por donde inicia la emergencia del sistema radicular (Fig. 5).



**Figura 5.** Germinación de *A. myriostigma* a través del micrópilo.

### **9.- Contorno de las células seminales (CCS)**

El patrón o arreglo de las células seminales presenta un acomodo isomorfológico el cual está representado por formas hexagonales en su mayoría, además de algunos pentágonos resaltados por un límite diferenciado en tonalidad con respecto al contorno (Fig. 6).



**Figura 6.** La imagen muestra los hexágonos y pentágonos formados por las células epidérmicas de la testa.

#### **10.- Relieves marginales de las células seminales (RMCS)**

Comúnmente las uniones epidérmicas seminales son acanaladas. *A. myriostigma* posee uniones planas (Fig. 7). Sin embargo, aquellas que se ubican entre los “bordes crateriformes” de las células hexagonoirregulares epidérmicas, pueden aparentar un margen acanalado como consecuencia de la elevación de las mismas (Fig. 6).



**Figura 7.** El relieve produce el efecto de borde observado en las células epidérmicas hexágono y pentágono irregulares.

#### **11.- Curvatura de la pared periclinal externa (CPPE)**

En *A. myriostigma* la curvatura es ausente, dando apariencia seminal casi plana; sin embargo la curvatura se puede observar en los “bordes crateriformes” que forman el hilo como consecuencia de la elevación de las células hexagonoirregulares (Fig. 7).

#### **12.- Relieve de la pared celular externa (RPCE)**

Se observó un patrón de relieve fino de la pared celular lisa en la totalidad del cuerpo seminal, dando lustrosidad a la misma y conservándose aun en los “bordes crateriformes” (Fig. 6 y 7).

### **13.- Embrión**

Es de forma ovoide recto se ubica en el gorro de la semilla o cámara dos (C2) protegido por una membrana embrionaria de color blanco amarillento y se oscurece cuando se extrae de la cubierta seminal. Tiene una longitud de 2 mm por 1 mm de ancho y 0.5 mm de espesor (Fig.8).



**Figura 8.** Embrión diseccionado (izquierda) y embrión con cubierta que separa la cámara principal (C1) de la cámara embrionaria (C2, derecha).

## **DISCUSIÓN**

### **Morfometría**

Los tamaños de semilla de *A. myriostigma* han sido considerado anteriormente de una manera general (Britton y Rose, 1937; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Elizondo-Elizondo et al. 1994 y Henrickson y Johnston, 1997), llegando a establecer medidas para el taxón como si fuese mono-específico (Barthlott y Voit, 1979; Arnim y Deng, 1996). Según Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) las semillas de esta especie miden 3 mm de longitud y 2 mm de espesor, sin embargo, no consideró el diámetro, peso ni espesor. El diámetro es una característica importante en esta especie debido a que presenta un hilo extremadamente grande, el cual le hace ser una de las semillas más grandes de la tribu Cactoideae. Según Elizondo-Elizondo et al. (1994) *Astrophytum capricorne* posee una de las semillas de mayor tamaño (1.7 – 1.8 mm) del género *Astrophytum*, pero esos valores son menores a los que presenta *A. myriostigma* tanto en este estudio como en Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991).

Se han formulado probables respuestas para explicar la formación de distintos tamaños de semillas en las plantas. Al respecto, se determinó que *A. myriostigma*, posee semillas de tamaño mediano y grande (Lamb, 1959); sin embargo, no se establecieron las métricas. Esta especie

forma dos grupos de tamaño de semillas (grandes  $3.105 \pm 0.032\text{mm}$ ) y pequeñas ( $2.925 \pm 0.033\text{mm}$ ) que difieren estadísticamente entre sí (Sánchez-Salas et al., 2006). Se sabe que las variantes en tamaños de partículas en general (ej. granos de arena y semillas) experimentan mayor recorrido y movilidad en las mismas (Bagnold, 1979); por tanto, se considera que las semillas pequeñas recorrerán mayores distancias, favoreciendo la dispersión y conservación del germoplasma. El tamaño de semillas es también una estrategia para disminuir la pérdida del banco de germoplasma formado por la especie, debido a que a menor dimensión de las semillas mayor número de pérdida de éstas por fracturas (Moles et al., 2004). Por otro lado, el tamaño de semilla se relacionado con la capacidad de formar bancos terrestres que tendrán mayores posibilidades de germinar en condiciones óptimas (Thompson, 1987; Venable y Brown, 1988); o bien, que el tamaño de semillas puede aumentar o disminuir el desplazamiento en topografías irregulares (Chambers et al., 1991) como en los sitios donde se distribuye la especie, en donde abundan rocas (Muro-Pérez et al., 2009) y grietas.

La función de la producción de varios tamaños de semillas en una misma especie, sugiere que semillas grandes poseen mayores nutrientes pero germinación lenta (Harper et al., 1970; Zammit y Zedler, 1990). Autores como Zammit y Zedler (1990), Aiken y Springer (1995), Simons y Johnston (2000) y Baloch et al. (2001) consideraron que las semillas pequeñas poseen pocas reservas de nutrientes pero capacidades germinativas superiores.

Autores como Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991); Elizondo-Elizondo et al. (1994) y Henrickson y Johnston (1997) coinciden con el color café rojizo de la testa para *A. myriostigma*, mientras que Barthlott y Hunt, (2000) la consideran café oscuro brillante. En cuanto a micro-estructuras, los mismos autores consideraron que la pared celular externa es muy débil y convexa aunque suave, con un hilo hueco muy ensanchado y con forma de tazón. En el presente estudio se constató que dicho hueco corresponde a una de las cámaras, la cual está cubierta por la capa funicular (Figs. 1A, 2A y 2B).

### **Morfología**

El género *Astrophytum* se caracteriza por tener un hilo de forma biclavada grande, basal que excede el tamaño del embrión (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991) y que en conjunto con la pared anticlinal (Fig. 2A, 2B y 3A) forman las cámaras seminales (la cámara del embrión y la

cámara de aire) que protegen el embrión y dan la forma peculiar de gorro (Elizondo-Elizondo et al., 1994; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991 y Henrickson y Johnston, 1997). Esta estructura presenta de manera marginal pliegues hacia el interior llamados “bordes crateriformes” (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991), los cuales mientras más se aproximan al margen micropilar se tornan rugosos. De acuerdo con Lateur (2002) las características seminales van ligadas a particularidades del hábitat, y menciona que semillas grandes, ligeras y de forma navicular o de “barco” como las de *A. myriostigma* flotan en el agua, y posiblemente son dispersadas a través de escorrentías provocadas por la lluvia en hábitat con poca elevación. Las semillas que se utilizaron para este estudio, se obtuvieron de una localidad con características topográficas similares a las descritas por Lateur (op. cit.), con elevaciones desde 1170 msnm hasta 1340 msnm. El mayor peso de la semilla posiblemente se encuentra en la cámara dos (C2) o navícula (Figs. 2 A y B) donde se ubica el embrión, la cual le proporciona la posición boyante, que seguramente le permite ejercer un empuje hacia abajo igual al peso del fluido desalojado (principio de Arquímedes) y ser dispersada a través del agua. Además, en la cámara uno (C1), se ubica la capa funicular que posee cierta permeabilidad temporal y cubre por completo la cámara, evitando posiblemente que el agua entre al interior de la cámara dos (C2). La cámara uno (C1) es de mayor tamaño y hueca, posiblemente es utilizada como cámara de aire que brinda estanqueidad y equilibrio durante los movimientos de hidrodispersión provocados por las lluvias torrenciales que se presentan en el hábitat donde se distribuye la especie (Valencia-Castro, 2003). Posiblemente esta flotabilidad prolonga su recorrido (Fig. 2B). Lindorf et al. (1985) sugieren que las combinaciones de distintas estrategias de dispersión (policoria) dentro de una misma especie tienden a aumentar su eficiencia. En el caso de *A. myriostigma*, por la forma de barco, presenta dispersión por agua, viento (Bregman, 1988); así como por hormigas que es un mecanismo básico y activo (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991) de dispersión en ambientes áridos (Wunderle, 1997).

La capa funicular cubre al hilo y se considera como una extensión membranosa de la testa (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). Tiene adherida el funículo, estructura persistente alargada, constituida por aceites odoríferos que funciona como atrayente para insectos y facilitar su dispersión (Escala y Xena de Enrech, 1991). El micrópilo fue una de las estructura no consideradas por Elizondo-Elizondo et al., (1994). En el presente estudio, no se ubico, sin

embargo, Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) mencionan que es pequeño y se ubica fuera del hilo próximo a la región aquillada. El resto de las estructuras fueron de fácil identificación para la descripción, coincidiendo con Engel y Barthlott (1988) quienes consideran que la especie posee micro-estructuras seminales complejas en la familia Cactaceae, y a su vez son las de mayor facilidad para su descripción. La coloración típica de las semillas en la tribu Cacteeae subfamilia Cactoideae es café rojiza de acuerdo con Britton y Rose (1937); Henrickson y Johnston (1997) y Elizondo-Elizondo et al. (1994); mientras que Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) la describió color castaño coincidiendo con ambos autores.

### **CONCLUSIONES**

La semilla morfológicamente se considera como “semilla de doble cámara tipo barco”.

Las semillas tienen características anatómicas como la cámara de aire y morfológicas como la forma de barco, que demuestran ser los principales caracteres que poseen estas para su dispersión en ambientes semiáridos.

La flotabilidad de las semillas posiblemente depende de la permeabilidad de la capa funicular, así como de la duración de la precipitación en el micro hábitat de la especie.

Estructuralmente las semillas poseen una capa funicular donde tiene adherido el funículo que posiblemente tiene aceites odoríferos que atraen a insectos y facilitan su dispersión en ausencia de agua (mirmecocoria).

## CAPÍTULO VIII

Desert species adapted for dispersal and germination during floods.

Experiment in two *Astrophytum* species (Cactaceae)

**Jaime Sánchez-Salas\*‡, Enrique Jurado\*, Joel Flores†, Eduardo Estrada-Castillón\*, and Gisela Muro-Pérez‡\***

\*Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. A. P. 41. Carretera Nacional km 145, Linares, N.L. 67700 México. E-mail: [enrique\\_jurado@hotmail.com](mailto:enrique_jurado@hotmail.com); [aeduardoestrada@prodigy.net.mx](mailto:aeduardoestrada@prodigy.net.mx)

‡Facultad de Ciencias Biológicas-UJED, Av. Universidad s/n, Fracc. Filadelfia, C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo., México. E-mails: [jimmybios@gmail.com](mailto:jimmybios@gmail.com); [gismuro@gmail.com](mailto:gismuro@gmail.com)

†Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. (IPICYT), División de Ciencias Ambientales. Camino a la Presa San José No. 2055, Lomas 4a Sección, San Luis Potosí, 78210, S.L.P., México. E-mail: [joel@ipicyt.edu.mx](mailto:joel@ipicyt.edu.mx)

**PUBLICADO: FLORA-MORPHOLOGY, DISTRIBUTION, FUNCTIONAL ECOLOGY OF PLANTS**

## **Summary**

Dispersal of organisms by water is known as hydrochory and is an important means of seed transportation. We present experimental evidence of possible dispersal and germination in water for arid land cacti. We show that seeds from *Astrophytum* spp. have unusual traits for arid environments that are typical of water dispersed seeds. We studied potential adaptations of *Astrophytum capricorne* and *A. ornatum* to disperse by floating in the Chihuahuan Desert. The effect of water immersion on germination was also determined. Seeds of native species (*Acacia farnesiana*, *Opuntia streptacantha* and *Prosopis laevigata*) were used as control, as well as commercial beans (*Phaseolus vulgaris*). Seeds of *A. capricorne* and *A. ornatum* showed traits consistent with water dispersal (hat shape, a funicular envelope covering a prominent hilum, and air chambers throughout the tegument). Seeds of *A. capricorne* showed the greatest permeability compared to *A. ornatum* which had similar permeability to common beans and mesquite. *Acacia farnesiana* and *Opuntia streptacantha* had the lowest permeability. Seeds of *A. capricorne* without a funicular layer floated more than those with a funicular layer. All seeds of *A. ornatum* floated initially, but 10% of those with funicular layer sank after 30 d. *P. laevigata* seeds floated but less so than those of *Astrophytum* spp., and seeds of *A. farnesiana* and *Phaseolus vulgaris* did not float. Germination of *A. capricorne* was high across treatments. Germination of *A. ornatum* was low (<30%), with < 5% germination for seeds immersed in water and for those placed on a water film. Seeds of *A. capricorne* germinated slower in a water layer than in other treatments. Seeds of *A. ornatum* had similar germination rate across treatments.

### *Keywords:*

Hydrochory

Seed flotation

Seed germination

Seed imbibition



## **Introduction**

Some arid environments are characterized by sporadic rainfall that can result in floods (Molnar, 2001; El-Sheikh et al., 2010), as is the case for the Chihuahuan Desert where *Astrophytum* spp. occur (Guzmán et al., 2003). Seeds of some desert species must deal with surviving long droughts with follow-up torrential rains (often unpredictable) (Gutterman, 2000) and even temporary lakes (Rheede van Oudtshoorn and Rooyen, 1999). Adaptations for long dry spells have been well documented for adult plants (Patrick et al., 2009; Stahlschmidt et al., 2011) and seeds (Venable and Brown, 1988; Peters et al., 2009; Yang et al., 2012). While adaptations to heavy rainfall have been studied for germination (Gutterman, 2000; Parolin, 2006), seedling establishment (León et al., 2011) and rapid water uptake by adult plants (Salguero-Gómez and Casper, 2011), little attention has been given to the effect that floods and standing water on otherwise dry grounds may have on seeds (Kubitzki and Ziburski, 1994; Moegenburg 2002; Capon, 2007; Vittoz and Engler, 2007; Nilsson et al., 2010). Seeds that fall on the ground require transport to reach a stream; buoyant seeds are then transported on the water surface and are subjected to wave and wind influences, until they are deposited (Chambert and James, 2009). The way that seeds respond to the hydraulics and boundary conditions is determined by their density, size and shape (Chambert and James, 2009).

We argue that seeds from *Astrophytum* are adapted to hydrochory and are also able to germinate in water. These seeds are hat-shaped (Lux, 1990; Bravo-Hollis and Sánchez-Mejorada, 1991; Elizondo-Elizondo et al., 1994; Barthlott et al., 1997; Henrickson and Johnston, 1997; Barthlott and Hunt, 2000), have a prominent hilum (Bregman, 1988a; Lux, 1990; Elizondo-Elizondo et al., 1994) and have air chambers (Becerra-López et al., 2010). These adaptations are considered unusual for arid environments (Chambert and James, 2009) but occur in some cacti from moist environments (Barthlott et al., 1997), and they are typical for hydrochory (Bregman, 1988a; Chambert and James, 2009). We studied seed structures of *Astrophytum capricorne* and *A. ornatum* and their potential adaptations to dispersal by floating in currents formed after widely spaced torrential rains that occur in the Chihuahuan Desert (Reynolds et al., 2000; Robertson et al., 2009). The effect of water immersion on seed germination was also determined, as there might be an advantage for seeds in desert environments to germinate immediately after rainfall and make the most of available moisture (Jurado and Westoby, 1992).

## **Materials and methods**

Seeds were collected in October 2008 from 35 plants of each species in their natural habitat. *A. capricorne* seeds were collected in the state of Coahuila and seeds from *A. ornatum* in the state of Hidalgo, Mexico. Seeds were kept at room temperature in paper bags (Moreno et al., 1992; Flores et al., 2011). Damaged seeds were discarded after inspection under a stereoscopic microscope. The external morphology of seeds was observed with a high-resolution scanning electron microscope (ESEM/QUANTA 200 FEI, Low Vacuum/Water). Microphotographs were taken with the ESEM in a pressure chamber at 90 and 100 Pa, and a voltage of 15.0 Kv.

To determine permeability, 50 previously weighed seeds of each species were placed on top of moist filter paper inside Petri dishes (5 seeds in each one of ten Petri dishes for each species). Seeds were weighed at hourly intervals for the first 8 hr and then every 8 hr for the next 32 hr until no weight change was registered. Percentage of water uptake was calculated subtracting the initial weight of dry seeds from the final weight and dividing it by the initial weight multiplied by 100 (Dubrovsky, 1998; Orozco-Segovia et al., 2007).

In some species, embryos are too weak to protrude through the hard funicular layer that surrounds the seed and, although those seed covers are permeable the funicular envelope hardness restricts water uptake (Olvera-Carrillo et al., 2009; Delgado-Sánchez et al., 2010, 2011). Seed flotation was tested using two treatments for each species: intact seeds and seeds with the funicular layer removed. For each treatment five replicates were used with 10 seeds in each one. Seeds were placed on 450 ml of water inside 500 ml plastic containers away from wind currents and vibrations. Seeds of other species (*Acacia farnesiana*, *Opuntia streptacantha* and *Prosopis leavigata*) growing in the region, as well as commercial beans (*Phaseolus vulgaris*) were used for comparative purposes.

The germination treatments were: (1) moist filter paper (Rioja-Paradela and Romero-Méndez, 2002), (2) calcareous soil (Del Castillo, 1986, (3) sand (USDA, 2006) (all inside Petri dishes), immersion in (4) 30 ml of water (Li and Sun 1999), (5) a thin water film inside Petri dishes, calcareous soil wet at field capacity for seeds (6) whole seeds and (7) seeds without funicular envelope. There were five replicates with 20 seeds for each treatment. Germination was determined as the protrusion of the radicle and was recorded daily for one month.

Prior to ANOVA, percentage values of permeability, flotation and germination were arcsine transformed to comply with normal distribution (Sokal and Rohlf, 1994). In addition, an electron scan microscope was used to observe and compare the structural parts of the seeds of *A. capricorne* and *A. ornatum*.

## Results

### Seed shape traits

Seeds of *A. capricorne* and *A. ornatum* were found to have traits consistent with water dispersal. They had a hat shape, a funicular envelope covering a prominent hilum, and air chambers throughout the tegument that make a hypodermis with pores (Fig 1). Seeds of *A. capricorne* had more pores (Fig. 2A) than *A. ornatum* with a more compact hypodermis (Fig. 2B).

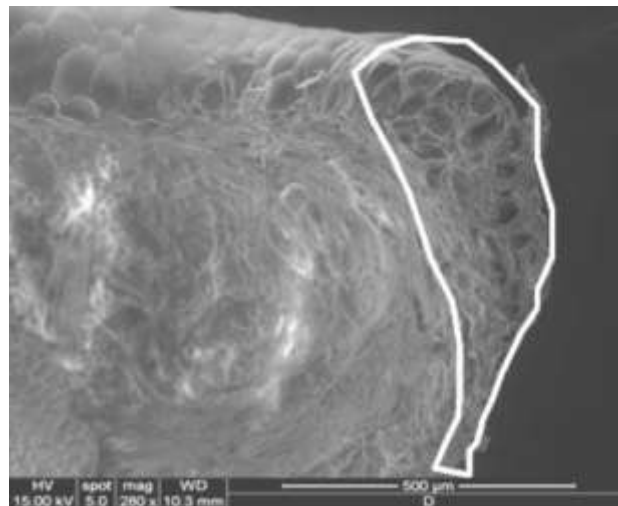


Fig. 1. Cross section of *A. ornatum* seed air chambers (outlined in white).

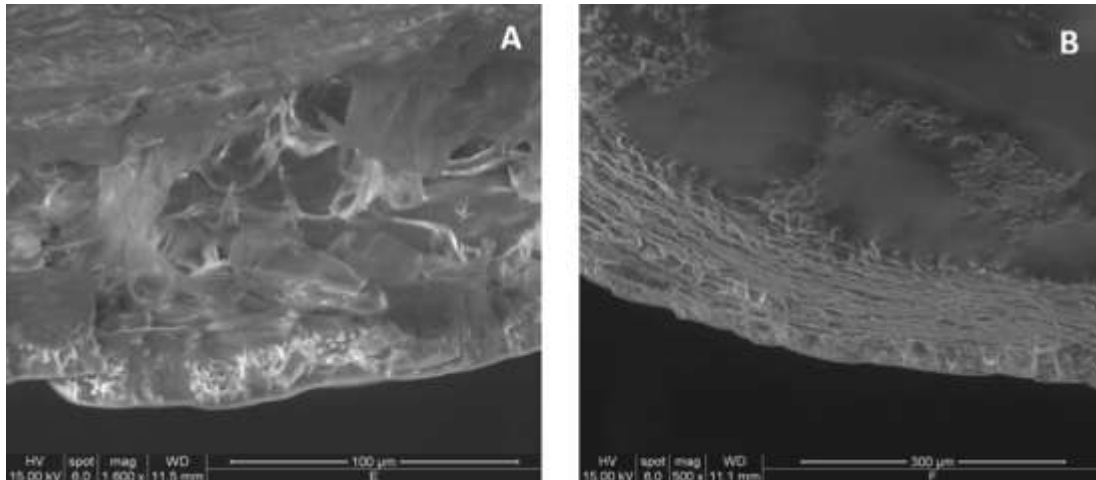


Fig. 2. Air chambers in the tegument of *A. capricorne* (A) are fewer than those in the tegument of *A. ornatum* (B), which has a more compact hypodermis.

Seeds of *A. ornatum* were longer ( $2.88 \pm 0.069$  mm, without funicular layers,) and narrower ( $1.44 \pm 0.035$  mm) than those of *A. capricorne* ( $2.40 \pm 0.210$  mm and  $1.90 \pm 0.040$ ). Seed teguments were thicker for *A. capricorne* ( $1.92 \pm 0.035$  mm) than for *A. ornatum* ( $1.72 \pm 0.036$  mm).

### **Seed Imbibition**

Imbibed seeds of *A. capricorne* showed the greatest permeability in terms of weight gained ( $222.2 \pm 47.2$ ) after 32 h when compared to *A. ornatum* ( $161.4 \pm 31.8$ ) that had similar permeability to common beans and mesquite. The lowest permeability was for *Acacia farnesiana* and *Opuntia streptacantha* (Fig. 3).

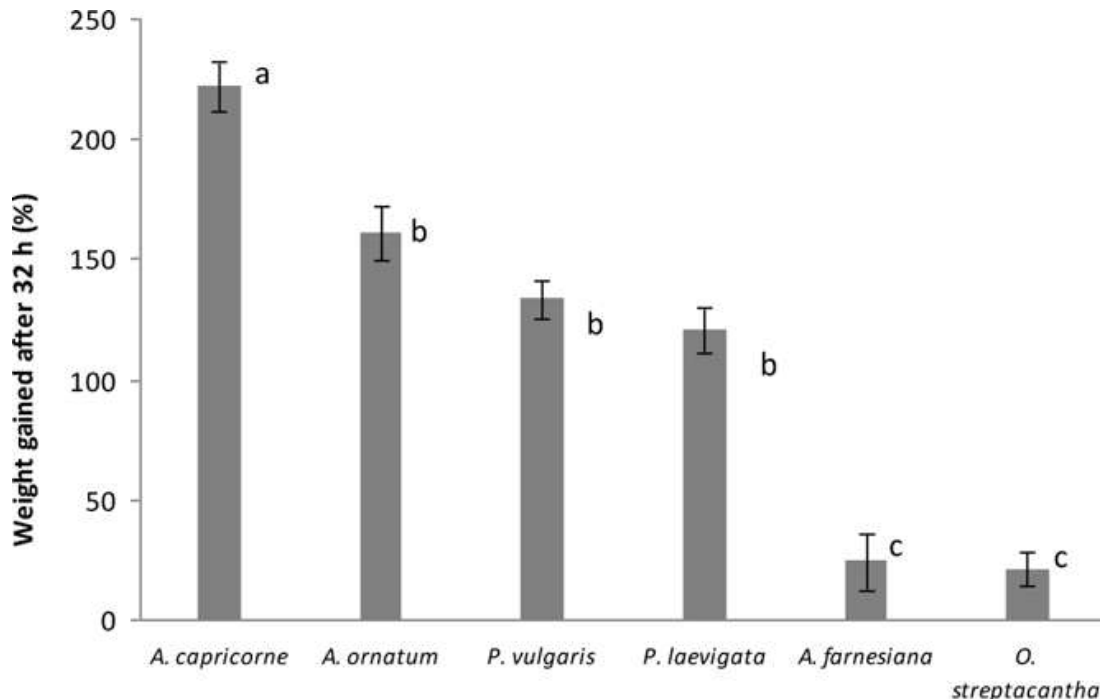


Fig. 3. Water permeability of *Astrophytum* spp. compared to control species, shown as the percentage of weight increase after 32 h of contact with water. No further weight increase was detected after this time. Error bars are confidence intervals ( $P= 0.05$ ). Different letters represent significantly different means ( $F = 8.435$ ,  $P = 0.043$ ).

### Seed flotation

Seeds of *A. capricorne* without a funicular layer floated more (70%) than those with a funicular layer (40%) after 30 d ( $F=27.226$  d.f.=1,  $P=0.005$ ). Most of the floating seeds germinated in water, and seedlings also floated (Fig. 4). All seeds of *A. ornatum* floated initially, but 10% of those with a funicular layer sank after 30 d. This was marginally less than for those without a funicular layer ( $F=5.00$ , d.f.=1,  $P=0.055$ ). *P. laevigata* seeds floated but less so than those of *Astrophytum* spp. (Fig. 4). *A. farnesiana* and *Phaseolus vulgaris* seeds did not float (Fig. 5).



Fig. 4. Floating seeds and seedlings of *A. capricorne* after 30 days in water.

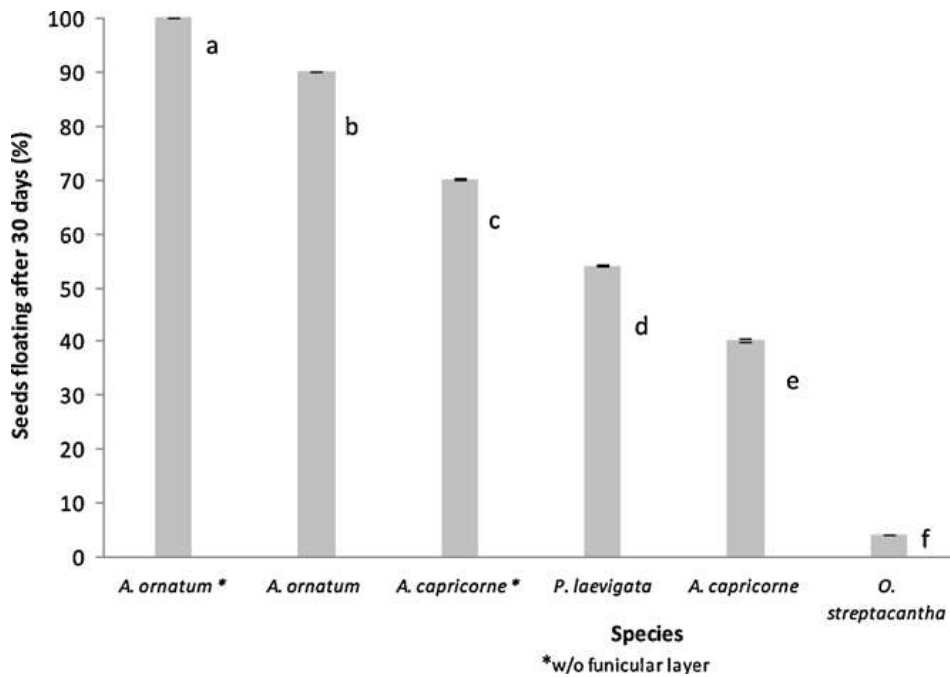


Fig. 5. Comparison of buoyancy of whole seeds of *Astrophytum spp.* and seeds without (w/o) funicular layer, with other species. Error bars are confidence intervals ( $\alpha = 0.05$ ). Different letters represent significantly different means ( $F = 27.226$ ,  $P = 0.005$ ).

### Seed germination (%)

Germination of *A. capricorne* was high across treatments. The highest germination was obtained for seeds in moist filter paper, and then for those in calcareous soil (both moist and wet at field capacity for whole seeds and seeds without funicular layer), sand and seeds immersed in water. The lowest germination percentage was obtained for seeds placed on a water film inside Petri dishes. Germination of *A. ornatum* was low (<30%) in contrast. There was < 5% germination for seeds immersed in water and for those placed on a water film inside a Petri dish (Fig. 6).

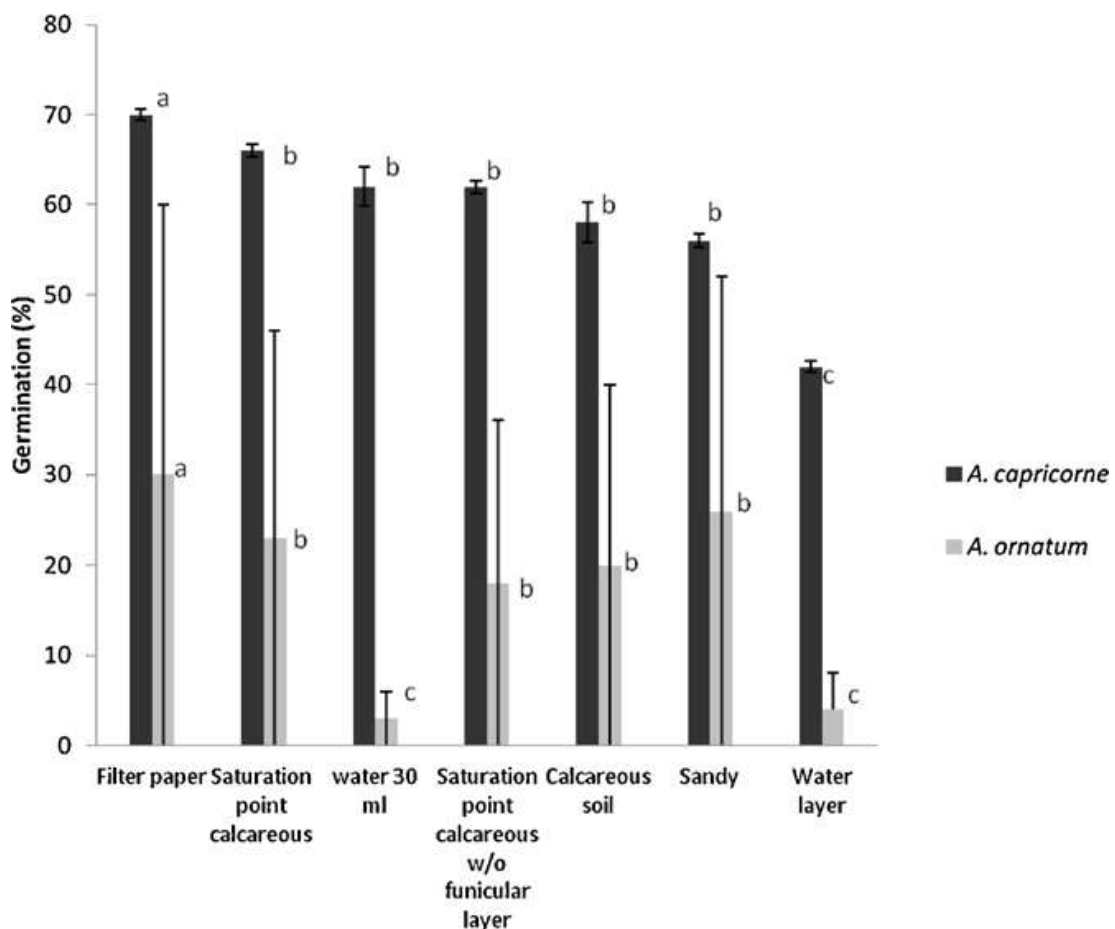


Fig. 6. Germination percentage of the two *Astrophytum* spp. under different treatments, as detailed in Material and methods. Error bars indicate confidence intervals ( $\alpha = 0.05$ ). Different letters represent significantly different means for each species (*A. capricorne*  $F = 7.818$ ;  $P < 0.001$  and *A. ornatum*  $F = 6.309$ ;  $P < 0.001$ ).

### Germination rate ( $t_{50}$ )

Seeds of *A. capricorne* germinated slower in a water layer than in other treatments. Seeds of *A. ornatum* had a similar germination rate across treatments (Fig. 7).

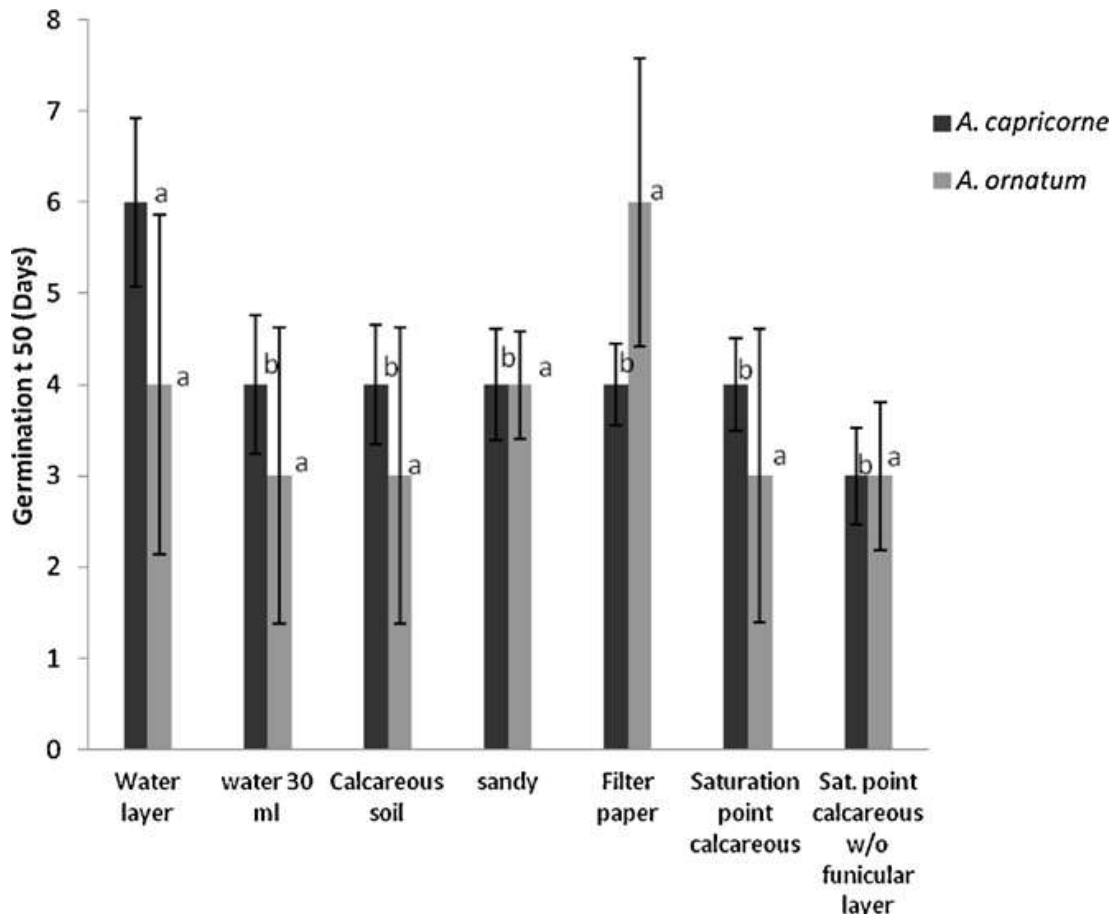


Fig. 7. Germination rate ( $t_{50}$ ) under different treatments of the two *Astrophytum* species. Error bars are confidence intervals ( $\alpha = 0.05$ ). Different letters represent significantly different means for each species (*A. capricorne*  $F = 6.759$ ;  $P < 0.001$  and *A. ornatum*  $F = 0.971$ ;  $P = 0.445$ ).



## **Discussion**

Seeds of *A. capricorne* and *A. ornatum* have traits consistent with water dispersal including a hat shape (Lux, 1990; Bravo-Hollis and Sánchez-Mejorada, 1991; Elizondo-Elizondo et al., 1994; Barthlott et al., 1997; Henrickson and Johnston, 1997; Barthlott and Hunt, 2000), a prominent hilum (Bregman, 1988a; Lux, 1990; Elizondo-Elizondo et al., 1994) and air-filled chambers (Becerra-López et al., 2010). These results are similar to findings by Barthlott et al. (1997) for seeds from *Selenicereus wittii* (Cactaceae), an epiphyte adapted to Amazonian Igapó inundation forests. However, *Astrophytum* spp. represent a hydrochorous species. Seeds from other Chihuahuan Desert cacti also have traits consistent with water dispersal, for example, *Epithelanta micromeris* seeds are hat-shaped and have a large hilum (Elizondo-Elizondo et al., 1994). Hat-shaped seeds occur in some species in several South American genera such as *Frailea* (Barthlott and Voit, 1979; Barthlott and Hunt, 2000; Metzging and Thiede, 2001), *Matucana* (Bregman, 1988b; Barthlott and Hunt, 2000), *Discocactus*, *Notocactus* (*Parodia*), and *Thrixanthocereus* (*Espostoa*) (Barthlott and Voit, 1979; Barthlott and Hunt, 2000). There is perhaps a common adaptation to water dispersal for these genera, as suggested by Bregman (1988a). Results presented here are the first experimental evidence of floating capabilities and potential water dispersal for hat-shaped seeds in Cactaceae.

In contrast to other cacti (i.e. *Opuntia*), seeds of both species of *Astrophytum* tested here floated for many days in still water. Mesquite seeds also floated but less so than *Astrophytum* seeds. Perhaps this flotation reflects an ability to float in temporary streams and thus be dispersed in their natural habitat. This means of dispersal has been documented in moist environments (Kubitzki and Ziburski, 1994; Chambert and James, 2009), but not in arid lands, in spite of the well understood principles of flash floods and temporary streams and ponds (Gutterman, 2000; Parolin, 2006).

As expected the removal of the funicular layer resulted in higher floating for both seeds of *A. capricorne* and *A. ornatum* because the funicular layer is a heavy structure and changes occurring in the funicular cover during ageing and seed dehydration play an important role in water uptake dynamics and germination of the seed (Orozco-Segovia et al., 2007).

Germination of *A. capricorne* was high across treatments, and higher for seeds in moist filter paper, but also high in other treatments including water immersion. This high germination is similar to findings for other *Astrophytum* species, *A. myriostigma* (Arredondo-Gómez and Camacho-Morfín, 1995; Rioja-Paradela and Romero-Méndez, 2002).

In contrast, germination of *A. ornatum* was low across treatments. There was less than 5% germination for seeds immersed in water. It is possible that while both species are adapted for dispersal by water currents, only one of them can germinate while immersed. This might provide the seedling with a head start to cope with a drying wet front and is in agreement with the faster imbibition rate found here for this species. Germination rate was fast ( $t_{50} < 6$  d) across treatments for both species as expected for desert species where moisture might only remain for short periods in the soil (Jurado and Westoby, 1992; Gutterman, 1994, 2000; Flores and Briones, 2001).

### **Acknowledgements**

We thank M. Avalos Borja for providing access to LINAN's electron microscopy facilities. Gladis J. Labrada-Delgado carefully took the microphotographs.

## IX. DISCUSIÓN GENERAL

Delimitar la zona árida y semiárida para Durango fue imperante por lo que se basó en estudios realizados para la zona (González-Elizondo et al., 2007; Hernández et al., 2004; Muldavin, 2002; CONABIO e INE, 2008); 2008; Medellín-Leal, 1982; Johnston, 1977; Henrickson y Straw, 1976; Contreras, 1955 y Shreve, 1942); sin embargo la delimitación final presentada en el documento, se apoyó en una combinación ostentada por los autores citados y en conjunción con los criterios de CONABIO e INE (2008). Anteriormente no se había reportado la extensión específica de la zona árida y semiárida de Durango (González-Elizondo et al., 2007; Hernández et al., 2004; Muldavin, 2002; CONABIO e INE, 2008); 2008; Medellín-Leal, 1982; Johnston, 1977; Henrickson y Straw, 1976; Contreras, 1955 y Shreve, 1942; CONABIO e INE, 2008) por lo que en el presente documento se reportó y lo cual permitirá dimensionar la distribución de otras especies basadas en un área lo más aproximada a la realidad. Estudios existentes (González-Elizondo et al., 2007; Hernández et al., 2004; Muldavin, 2002; CONABIO e INE, 2008); 2008; Medellín-Leal, 1982; Johnston, 1977; Henrickson y Straw, 1976; Contreras, 1955 y Shreve, 1942) no determinaron los tipos de ecorregiones y vegetación actual en la cual se distribuye la cactoflora, como se realizó en el presente documento.

Determinar el riesgo de extinción de las especies se ha convertido en un método o proceso sencillo el cual se cree que solamente consiste en consultar la categoría de riesgo que posee la flora o fauna actualmente. Desafortunadamente el término extinción involucra truncar la línea filogenética de los organismos (Baena y Halfter et al, 2008). Puede manifestarse como un proceso natural; sin embargo, respecto a los efectos que los cambios antrópicos están teniendo en la biosfera, lo que preocupa a los investigadores y a la sociedad en general no es en sí la extinción de especies sino el ritmo al cual está ocurriendo, por lo menos cuatro veces superior al existente antes del desarrollo de la sociedad industrial (May y Lawton 1995). Por esta razón diversas medidas se han tomado para tratar de evaluar el estado actual de conservación de las especies. (Noss, 1990; Steneck, 2005; Nicholson y Possingham, 2006). En México se cuenta con una herramienta de uso exclusivo para especies Mexicanas (Tambutti *et al.*, 2001); sin embargo, determinar el riesgo de extinción de las especies, pareciera que se convierte literalmente en consultar en la Nom-059-Semarnat-2010 la categoría de riesgo en que se encuentran las especies desconociendo el procedimiento para poder determinarla o bien el desconocimiento

total de las leyes, normas y lineamientos a seguir para considerarla en alguna de las categorías de riesgo. El Método de Evaluación de Riesgo (MER) considera factores ampliamente reconocidos por incrementar la tendencia o vulnerabilidad de la extinción y se encuentra constituido por cuatro criterios, tres de los cuales consideran la biología e historia natural de una especie o subespecie y el cuarto, básicamente se enfoca en la interacción con el hombre (SEMARNAT, 2002). Desafortunadamente aun cuando existe el MER aplicado por la Nom-059-Semarnat-2010 el hecho de considerar la historia de vida por taxón y especie (Baena *et al.*, 2008) hace imposible abarcar las especies de mayor vulnerabilidad y de acuerdo con Jablonski (1986) la lista sería interminable.

Una manera de disminuir el riesgo al que se enfrentan las especies en México, puede iniciar con el conocimiento de los usos etnobotánicos aplicados, pues los usos heredados actualmente ponen en riesgo algunas de las especies de importancia ecológica en nuestro país como sucede con la cactácea *Ferocactus pilosus*. Esta cactácea endémica de la zona semiárida de Durango posee usos históricos (Bravo-Hollis, 1978; Bravo-Hollis and Sánchez-Mejorada, 199a; Bravo-Hollis and Scheinvar; 1999; Velazco and Alanis, 2009) que actualmente pudieran ser erradicados si se sustituyen algunos usos como la fabricación del dulce de acitrón o cabuches en escabeche. Desgraciadamente en especies como la biznaga limón (*F. pilosus*) los programas de reforestación o reproducción masiva no son una opción para disminuir su uso, pues el lento crecimiento obligaría a esperar hasta 50 años para poder hacer uso de la especie (Alanís y Velazco, 2008; Sánchez-Salas *et al.*, 2012) y preparar el dulce de biznaga como una dulce tradición que amenaza de extinción las poblaciones de la especie (Casas, 2002).

La realidad es que poblaciones desaparecen por los usos indiscriminados, sobre explotación, saqueo o crecimiento demográfico acelerado y en ocasiones no se alcanzan a realizar estudios que ayuden a comprender la dinámica poblacional de la especie. Un claro ejemplo fue la población de *Astrophytum myriostigma*. Esta especie a sido saqueada intensamente y se distribuye en serranías de la zona árida y semiárida de Durango (Sánchez-Salas *et al.*, 2006) para cuestión ornamental, además de causar una extinción masiva debido a que el hábitat es destruido para obtener material para construcción (Sánchez-Salas *et al.*, 2006). Los tamaños de semilla de *A. myriostigma* se generalizaban (Britton y Rose, 1937; Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991; Elizondo-Elizondo *et al.* 1994 y Henrickson y Johnston, 1997), llegando a

establecer medidas para el taxón como si fuese mono-específico (Barthlott y Voit, 1979; Arnim y Deng, 1996). Al respecto, se determinó que *A. myriostigma*, posee semillas de tamaño mediano y grande (Lamb, 1959); sin embargo, no se establecieron las métricas. La función de la producción de varios tamaños de semillas en una misma especie, sugiere que las semillas grandes poseen mayores nutrientes pero una lenta germinación (Harper et al., 1970; Zammit y Zedler, 1990). Autores como Zammit y Zedler (1990), Aiken y Springer (1995), Simons y Johnston (2000) y Baloch et al. (2001) consideraron que las semillas pequeñas poseen pocas reservas de nutrientes pero capacidades germinativas superiores.

Las características morfológicas y anatómicas son esenciales para comprender la dinámica que siguen las especies para su mantenimiento *in situ*. Un claro ejemplo es la forma que poseen las especies del género *Astrophytum* y como se encontró en *A. capricorne* y *A. ornatum*; características morfológicas modificadas para movilización en agua (Lux, 1990; Bravo-Hollis and Sánchez-Mejorada, 1991; Elizondo-Elizondo et al., 1994; Barthlott et al., 1997; Henrickson and Johnston, 1997; Barthlott and Hunt, 2000); hilo prominente (Bregman, 1988a; Lux, 1990; Elizondo-Elizondo et al., 1994) y cámaras de aire (Becerra-López et al., 2010). Son resultados similares encontrados por Barthlott et al. (1997) en semillas de *Selenicereus wittii* (Cactaceae), una epífita adaptada a inundaciones en el bosque de Igapó en el Amazonas o bien en otras semillas de cactáceas del Desierto Chihuahuense como *Epithelanta micromeris* (Elizondo-Elizondo et al., 1994) que poseen un hilo prominente que les ayuda a la dispersión durante inundaciones.

## X. CONCLUSIONES GENERALES

Una búsqueda y recopilación exhaustiva de la flora cactológica puede generar una sobre estimación de especies en determinadas zonas si no se tiene un método bajo el cual se pueda evaluar. En zonas donde se generan trabajos de sitios extremadamente puntuales o bien no determinan atributos ecológicos y de distribución de la flora cactológica como en Durango, se corre el riesgo de listar especies ajenas a la región o bien no considerar aquellas que pueden ser claves para un ecosistema. Los análisis de conglomerados proporcionan una aproximación de mayor veracidad para regionalizar a nivel genérico los grupos taxonómicos presentes.

Determinar que una especie esté en mayor o menor riesgo de extinción es tan sombrío como decir que conocemos en su totalidad a las especies del mundo, más aún, la biología de cada una de ellas, sea planta o animal. Sabemos que cada organismo es un eslabón que forma parte de una cadena importante y que al zanjarlo, solo a largo plazo se verán los efectos y repercusiones que se tendrá en el ecosistema aún sin pertenecer a alguna categoría de riesgo.

Las costumbres y tradiciones difícilmente cambiarán, sin embargo, un enfoque de desarrollo sustentable pudiese ser más factible y en éste sentido se pudiera realizar un programa de rescate de plantas centenarias (más de 3 metros) productoras de semilla para la reproducción masiva en vivero que permita reforestar las áreas donde ha desaparecido este recurso no renovable. En su defecto, utilizar nuevas frutas para sustituir la tradición de la fabricación del dulce de acitrón permitirá la conservación de esta especie, pues aparentemente es lo que más acelera su desaparición y extinción masiva de plantas.

Las semillas de *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* poseen características anatómicas como las cámaras de aire y morfológicas como la forma de barco, que demuestran ser los principales caracteres que poseen para su dispersión en ambientes semiáridos.

## XI. LITERATURA CITADA

- Aiken, G. E. y T. L. Springer. 1995.** Seed size distribution, germination and emergence of 6 switchgrass cultivars. *J. Range Manage.* 48: 455-458.
- Alanís – Flores, J. G. Y G. C. Velazco – Macías. 2008.** Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México. *Revista Ciencia UANL* 11:5-11.
- Alcaraz – Ariza, J. F. 2009.** Geobotánica. Tema 2. Biografía. Universidad de Murcia. España. p. 3.
- Alkemade R., Oorschot M. V., Miles L., Nellemann C., Bakkenes M. and Brink T. B. 2009.** GLOBIO3: A framework to investigate options for reducing global terrestrial biodiversity loss. *Ecosystem* 12: 374-390.
- Anderson, E. F. 2001.** *The Cactus Family*. Timber Press, Portland.
- Anderson, E. F. y M. E. Ralston. 1978.** A study of *Thelocactus* (Cactaceae). I.: The status of the proposed genus *Gymnocactus*. *Cact. Succ. J.* 50: 216-224.
- Anderson, F. E., Arias, M. S. y Taylor P. N. 1994.** Threatened Cacti of Mexico. Succulent Plant Research. Vol. 2. Royal Botanic Gardens KEW. p.8.
- Anónimo. 1995.** Carta edafológica escala 1:1000000. Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Arnim, A.G. y X.-W. Deng. 1996.** Light control of seedling development. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 215–243.
- Arredondo-Gómez, A., Camacho-Morfín, F., 1995.** Germinación de *Astrophytum myriostigma* (Lemaire) en relación con la procedencia de las semillas y la temperatura de incubación. *Cact. Suc. Mex.* 40, 34-38.
- Baena, M.L., G. Halffter et al. 2008.** Extinción de especies, en *Capital natural de México*, vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 263-282.
- Bagnold, R. A. 1979.** Sediment transport by wind and water. *Nordic Hydrol.* 10: 309-322.
- Balmford A, Bennun L, ten Brink B, Cooper D, Coñe I, Crane P, Dobson A, Dudley N, Dutton I, Green RE et al.: 2010.** The convention on biological diversity's 2010 target. *Science* 307:212-213.
- Balmford A., Crane P., Dobson A., Green R.E. and Mace G.M. 2005b.** The 2010 challenge: data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Phil. Trans. Roy. Soc. B* 360: 221-228.

- Baloch, H. A., A. DiTommaso y A. K. Watson. 2001.** Intrapopulation variation in *Abutilon theophrasti* seed mass and its relationship to seed germinability. *Seed Sci. Res.* 11: 333-345.
- Barthlott, W. 1981.** Epidermal and seed surface characters of plants: Systematic applicability and some evolutionary aspects. *Nordic J. Bot.* 1: 345-355.
- Barthlott, W. y G. Voit. 1979.** Mikromorphologie der Samenschalen und Taxonomie der Cactaceae: Ein raster-electronenmikroskopischer Überblick. *Plant Syst. Evol.* 132: 205-229.
- Barthlott, W., Hunt, D. 2000.** Seed-diversity in the Cactaceae subfam. Cactoideae. *Succ. Plant Res.* 5, 1-173.
- Barthlott, W., Porembski, S., Kluge, M., Hopke, J., Schmidt, L. 1997.** *Selenicereus wittii* (Cactaceae): an epiphyte adapted to Amazonian Igapó inundation forests. *Pl. Syst. Evol.* 206, 175-185.
- Barthlott, W., Voit, G. 1979.** Mikromorphologie der samensehalen und taxonomic der Cactaceae: Ein raster-elektronenmikroskopischer Überblick. P1. *Syst. Evol.* 132, 205-229.
- Batis, A. y M. Rojas. 2002.** El peyote y otros cactus alucinógenos de México. CONABIO. *Biodiversitas* 40:12-17.
- Becerra, V. V., Paredes, C. M., Rojo, M. C. y France, A. 2007.** RAPD and ITS Reveal Molecular Variation of Chilean Populations of *Beauveria bassiana*. *Agricultura Técnica* 67:115-125.
- Becerra-López, J.L., Romero-Méndez, U., Berumen-Padilla, S., Martínez-García, E. 2010.** Análisis morfológico de la semilla de *Astrophytum myriostigma* Lem. (1839). *Nakari* 21(3), 39-45.
- Blanco Contreras, E. 1989.** Inventario florístico del cerro de San Ignacio municipio de Gómez Palacio, Dgo. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Dgo., 57 pp.
- Borjas Villarreal, E. 1994.** Inventario y usos convencionales de la flora en la sierra del Sarnoso municipio de Lerdo, Dgo. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Biología – Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Dgo., 47 pp.
- Bravo-Hollis, H. y L. Scheinvar. 1999.** El interesante mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica. UNAM. México, D. F.
- Bravo-Hollis, H. 1978.** Las cactáceas de México. Vol. I. 2a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 744 pp.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991.** Las Cactáceas de México. Vol. II. 2a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 570 pp.



- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991.** Las Cactáceas de México. Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Pp. 220–221.
- Bregman, R. 1988a.** Forms of seed dispersal in Cactaceae. *Act. Bot. Neerl.* 37, 395-402.
- Bregman, R. 1988b.** A note on the genus *Matucana* (Cactaceae). *Willdenowia* 17, 173-180.
- Bregman, R. y Bouman, F. 1983.** Seed germination in Cactaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society.* 86: 357–374.
- Britton, N. L. and Rose, J. N. 1963.** The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plantas of the cactus family. Vol. II. Second editions. p. 182-183.
- Britton, N. L. y J. N. Rose. 1937.** The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Volumen III. Dover Publications, Inc. New York. 259 pp.
- Britton, N.L. and J.N. Rose. 1963.** The Cactaceae: descriptions and ilustrations of plantas of the cactus family. Vol. II. Second editions. Dover Publications, New York, NY. U.S.A. Pp. 83–84.
- Butchart S., Akcakaya R., Kennedy E. and Milton-Taylor C. 2006.** Biodiversity Indicators Based on Trends in Conservation Status: Strengths of the IUCN Red List Index. *Cons. Biol.* 20: 579-581.
- Buxbaum, F. 1951.** Morphology of Cacti. Abbey Garden Press. Pasadena, CA. 223 pp.
- Canela Duarte, D. 1988.** Contribución al estudio de las cactáceas del municipio de Mapimí, Dgo. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Biología – Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Dgo., 72 pp.
- Capon, S. 2007.** Effects of flooding on seedling emergence from the soil seed bank of a large desert floodplain. *Wetlands* 27, 904-914.
- Carignan V. and Villard M. 2002.** Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. *Env. Monit. Assess.* 78: 45-61.
- Casas, A. 2002.** Usos y manejo de las cactáceas columnares Mesoamericanas. CONABIO. *Biodiversitas* 40:18-23.
- Casas, A., J. Caballero y A. Valiente-Banuet. 1999.** Use, management and domestication of columnar cacti in south-central México: A historical perspective. *Journal of Ethnobiology* 19:71-95.
- Castellanos M. A. C. 2006.** Extinción: Causas y Efectos sobre la Diversidad Biológica. *Rev. Luna.Azúl* 23: 33-37.
- Ceballos, G. y Márquez Valdemar, L.M. 2000.** Las aves de México en peligro de extinción. Vol. 1. Instituto de Ecología, Conabio. Fondo de Cultura Económica, México.

- Chambers, J. C., J. A. MacMahon y J. H. Haefner. 1991.** Seed entrapment in alpine ecosystems: effects of soil particle size and diaspore morphology. *Ecology* .72(5): 1668-1677.
- Chambert, S., James, C.S. 2009.** Sorting of seeds by hydrochory. *River Res. & Appl.* 25, 48-61.
- Chapin III, S.F., E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek et al. 2000.** Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Chapman, P. y M. Martin. 1989.** Successful indoor gardening. Exotic Cacti. HPBooks a division of Price Stern Sloan. Los Angeles. 96 pp.
- Contreras, A. 1955.** Definición de las zonas áridas y su delimitación en la República Mexicana. En Beltrán, E. Eds. *Problemas de las zonas áridas de México*, pp. 3–40. Instituto Mexicano de Recursos Naturales, México.
- Cornet A. 1985.** Las *Cactáceas de la Reserva de la Biósfera de Mapimí*. Instituto de Ecología, México, D.F.
- Delgado-Sánchez, P., Ortega-Amaro, M., Jimenez-Bremont, J.F., Flores, J. 2011.** Are fungi important for breaking seed dormancy in desert species? Experimental evidence in *Opuntia streptacantha* (Cactaceae). *Plant Biol.* 13, 154-159.
- Delgado-Sánchez, P., Ortega-Amaro, M.A., Rodríguez-Hernández, A.A., Jiménez-Bremont, J.F., Flores, J. 2010.** Further evidence from the effect of fungi on breaking *Opuntia* seed dormancy. *Plant Sign. Behav.*, 5(10): 1229-1230.
- Dobson A. 2005.** Monitoring global rates of biodiversity change: challenges that arise in meeting the Convention on Biological Diversity (CBD) 2010 goals. *Phil. Trans. Roy. Soc. B.* 360: 229-241.
- Dubrovsky, J.G. 1998.** Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *J. Torr. Bot. Soc.* 125, 33-39.
- Eldredge N. 1998.** Life in the balance. Humanity and the biodiversity crisis. Chapter I. Princeton University Press, Nueva Jersey. p. 240.
- Elizondo-Elizondo, J., J. Valdés Reyna, S. Arias Montes y L. S. Hatch. 1994.** Micromorfología de las semillas de algunas cactáceas de la tribu Cacteeae (Cactaceae). *Cact. Suc. Mex.* 39(3): 59-67.
- EI-Sheikh, M.A., Abbad, G.A., Bianco, P.M. 2010.** Vegetation ecology of phytogenic hillocks (nabkhas) in coastal habitats of Jal Az-Zor National Park, Kuwait: Role of patches and edaphic factors. *Flora* 205, 832-840.

- Engel, T. & W. Barthlott. 1988.** Micromorphology of epicuticular waxes in Centrosperms. *Plant Syst. Evol.* 161: 71-85.
- Enríquez–Enríquez, E. D., Koch, D. S. y González–Elizondo, M. S. 2003.** Flora y vegetación de a sierra de Órganos, Municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. *Acta Botánica Mexicana* 64:45–89.
- Escala, M y N. Xena de Enrech. 1991.** Estudio morfoanatómico de semillas mirmecócoras en un ecosistema semiárido venezolano. *Orsis.* 6: 45-59.
- Estrada–Castillón, E., Villarreal–Quintanilla, A. J., Jurado–Ybarra, E., Cantú–Ayala, C., García–Aranda, A. M, Sánchez–Salas, J., Jiménez–Pérez, J. y Pando–Moreno, M.** Clasificación, estructura y diversidad del matorral submontano adyacente a la planicie Costera del Golfo Norte en el Noreste de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 90:1-16.
- Flores, J., Briones, O. 2001.** Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. *J. Arid Environ.* 47, 485-497.
- Flores, J., Jurado, E., Chapa-Vargas, L., Ceroni-Stuva, A., Dávila-Aranda, P., Galíndez, G., Gurvich, D., León-Lobos, P., Ordóñez, C., Ortega-Baes, P., Ramírez-Bullón, N., Sandoval, A., Seal, C.E., Ulian, T., Pritchard, H.W. 2011.** Seeds photoblastism and its relationship with some plant traits in 136 cacti species. *Environ. Exp. Bot.* 71, 79-88.
- Franco, L. J. 1985.** Manual de ecología. Tema 5. Distribución y estimación del tamaño de la población a partir de la densidad y Tema 14. Análisis de la Comunidad: Área mínima y método del cuadrado para comunidades vegetales. 2º edición. Editorial Trillas. México, D.F. Pp. 29-37; 93-94.
- García Aranda, A. M. 2011.** Distribución potencial y análisis ecológico de *Taxus globosa* en México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León., 55 pp.
- García–Arévalo, A. 2002.** Vascular Plants of the Mapimí biosphere reserve, México: A Checklist. *SIDA* 2:797–807.
- Gaston, K. and Spicer, J. 2000.** Biodiversity: an introduction. 2<sup>nd</sup> edition. Blackwell Science, Gran Bretaña. p. 183.
- Gauch H.G.1982.** *Multivariate Analysis in Community Ecology.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Glass, C. & R. Foster. 1977a.** The genus *Thelocactis* in the Chihuahuan Desert. *Cact. Succ. J.* (Los Angeles) 49:213-251.
- Glass, C. y A. W. Maurice-Fitz. 1992.** Nuevos taxos de cactáceas en Nuevo León, México. *Cact. Suc. Mex.* 37: 11-21.

- Glass, E. C. 1998.** Guía para la identificación de cactáceas amenazadas de México. Vol. 1. CONABIO – CANTE. p. I.
- Gold D.B. 1967.** Las Cactáceas del Estado de Durango. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 13:17-20.
- Gómez-Pompa, A., R. Dirzo, A. Kaus., C. R. Noguera-Chang y M. de J. Ordoñez. 1994.** Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). México, D. F. 331 pp.
- González – Elizondo, M., S. González – Elizondo y Y. Herrera – Arrieta. 1991.** Listados florísticos de México IX. Flora de Durango. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- González – Elizondo, S. M., González – Elizondo, M. y Márquez – Linares, M. A. 2007.** *Vegetación y Ecorregiones de Durango*. Plaza y Valdés, Durango, México.
- González-Elizondo, M. S. 1983.** La vegetación de Durango. Cuad. Inv. Tecnolo, CIIDIR-IPN, Durango, Méx.
- González-Elizondo, M., López-Enríquez, I. L., González-Elizondo, M. S. y Tena-Flores. A. J. 2004.** *Plantas medicinales del estado de Durango y zonas aledañas*. Tresguerras 27, México, D. F.
- Gutterman, Y. 1994.** Strategies of seed dispersal and germination in plants inhabiting deserts. *Bot. Rev.* 60, 373-425.
- Gutterman, Y. 2000.** Environmental factors and survival strategies of annual plant species in the Negev Desert, Israel. *Plant Spec. Biol.* 15, 113-125.
- Guzmán, a., Arias, S. y P. Dávila, 2003.** Catálogo de cactáceas Mexicanas. UNAM. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F.
- Guzmán, A., S. Arias, y P. Dávila. 2003.** Catálogo de Cactáceas Mexicanas. UNAM. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Pp. 111.
- Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, P. 2007.** Catálogo de autoridades taxonómicas de las cactáceas (Cactaceae: Magnoliopsida) de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Base de datos SNIBCONABIO, proyectos Q045 y AS021. México.
- H. GEO. HINTON – IREKANI, 2012.** Base de datos cactáceas Durango. [http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/12813/simple-search?query=CACTACEAS&sort\\_by=0&order=DESC&rpp=10&etal=0&start=0&proyecto=Irekani](http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/12813/simple-search?query=CACTACEAS&sort_by=0&order=DESC&rpp=10&etal=0&start=0&proyecto=Irekani) (accessed febrero, 2012).

- Harper, J. L., P. Lovell y K. G. Moore. 1970.** The shapes and sizes of seeds. *Annu. Rev. Ecol. Systemat.* 1: 327-356.
- Henrickson J. and M. C. Johnston. 1997.** A flora of the Chihuahuan Desert Region. Edition 1. 2. Vol. 1. manuscript. p. 255 – 256
- Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1997.** A flora of the Chihuahuan Desert Region. Edition 1. 2. Vol. 1. Manuscript. 412 pp.
- Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1997.** A flora of the Chihuahuan Desert Region. Edition 1. 2. Vol. 1. Manuscript. 280 p.
- Henrickson, J., and R. Straw. 1976.** *A Gazetteer of the Chihuahuan Desert Region. A Supplement to the Chihuahuan Desert Flora.* California State University, Los Angeles.
- Henrickson, J., Johnston, C.M. 1997.** A flora of the Chihuahuan Desert Region, Vol. 1. Publisher by James Henrickson, Los Angeles.
- Hernández, H. M. and H. Godínez. 1994.** Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26:33–52.
- Hernández, H. M. and R. T. Bárcenas. 1995.** Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. I. Distribution patterns. *Conservation Biol* 9:1176–1188.
- Hernández, H. M., C. Gómez-Hinostrosa and Barbara Goettsch. 2004.** Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. *Harvard Papers in Botany* 9:51-68.
- Hernández, H. M., C. Gómez-Hinostrosa, and R. T. Bárcenas. 2001.** Diversity, spatial arrangement and endemism of Cactaceae in the Huizache area, a hot-spot in the Chihuahuan Desert. *Biodiversity and Conservation* 10:1097–1112.
- Hernández, H.M y H. Godínez. 1994.** Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Bot. Mex.* 26: 33–52.
- Hernández, H.M. y R.T. Bárcenas. 1995.** Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. I. Distribution patterns. *Conservation Biol.* 9:1176–1188.
- Hernández-Ortiz, V., 2008.** Estado Actual de *Lophophora williamsii* (Lemaire) Coulter y Técnicas de Propagación como Estrategias para su Conservación. Tesina de Licenciatura presentada en la Universidad Autónoma de Querétaro. México, septiembre 2008.
- Herrera Arrieta, Y, y Cortés Ortiz, A. 2009.** Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica* 28:49 – 68.
- Herrera-Arrieta, Y. 2001.** *Las gramíneas de Durango.* CONABIO, Durango, Méx.

- Herrera-Arrieta, Y. y Pámanes-García S. D. 2006.** *Guía de pastos para el ganadero del estado de Durango*. Instituto Politécnico Nacional, Durango, Méx.
- Hunt D. 2006.** *The New Cactus Lexicon*. Milborn Port, UK.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) - Instituto Nacional de Ecología (INE). 2008.** 'Ecorregiones Terrestres de México'. Escala 1:1000000. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2005.** Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III. México. <Disponible form URL: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen/02\\_vegetacion/cap2.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/02_vegetacion/cap2.html)> (accessed marzo, 2012)
- Isaac, N. y G., Mace. 1998.** The UICN Criteria Review: report of the scoping workshop. UICN, Gland, Suiza.
- Isasi-Catalá E. 2010.** Los conceptos de especies Indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia* (36) 31- 38.
- Jablonski D. 1986.** Background and mass extinctions: the alternation of macroevolutionary regimes. *Science*, 231:129-133.
- Jiménez Sierra, C. L. 2011.** Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria*. Volumen 12 Número 1.
- Jiménez Sierra, L. C. 2011.** Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria* 12:3-23.
- Johnston, M. C. 1977.** Brief resume of botanical, including vegetational, features of the Chihuahuan Desert Region with special emphasis on the uniqueness. In: R. H. wauer and D. H. RISKIND, Eds. *Transactions of the Symposium on the Biological Resources of the Chihuahuan Desert Region, United States and Mexico*, pp 335-359, Washington, D.C.
- Jurado, E., Westoby, M. 1992.** Germination biology of selected central Australian plants. *Austr. J. Ecol.* 17, 341-348.
- Kovach Computing Service. 1988.** *Multivariate Statistical Package*. Anglesey, Wales.
- Kubitzki, K., Ziburski, A., 1994.** Seed dispersal in flood plain forests of Amazonia. *Biotropica* 26, 30–43.
- Lamb, E. 1959.** *Cacti from seed – the easy way*. Bradford Press, Londres, R.U. 64 pp.
- Lateur, A. 2002.** Las semillas y los frutos. Palma de Mallorca. Consultado el 9 de agosto del 2005 [http://www.sinix.net/paginas/sargaweb/secciones/cactus\\_llavors.htm](http://www.sinix.net/paginas/sargaweb/secciones/cactus_llavors.htm)

- Lebgue–Keleng, T., Viramontes–Olivas, A. O., Soto–Cruz, A. R., Quiñonez – Martínez, M., Balderrama–Castañeda S. y Aviña–Domínguez E. Y. 2011.** Cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 1:27–33).
- León, M.F., Squeo, F.A., Gutiérrez, J.R., Holmgren, M. 2011.** Rapid root extension during water pulses enhances establishment of shrub seedlings in the Atacama Desert. *J. Veg. Sci.* 22, 120-129.
- Ley General de Vida Silvestre. 2011.** Publicada en el DOF – 07 – 06 – 2011. pp 1 – 54.
- Li, C., Sun, W.Q. 1999.** Desiccation sensitivity and activities of free radical-scavenging enzymes in recalcitrant *Theobroma cacao* seeds. *Seed Sci. Res.* 9, 209-217.
- Lindorf, H., L de Parisca y P. Rodríguez. 1985.** Botánica: Clasificación. Estructura. Reproducción. Ediciones de la Biblioteca. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Caps. XVI, XVII y Addenda B.
- Llorente-Bousquets, J. y Ocegueda, S. 2008.** *Estado del conocimiento de la biota, Capital natural de México.* CONABIO, México.
- Lux, A. 1990.** Ultrastructure of seeds in the family Cactaceae. Mature embryo of *Astrophytum asterias* (Zucc.) Lem. *Acta Facult. Rer. Nat. Univ. Com. Physiol. Plant.* 26, 59-66.
- Magaña, P. y Villaseñor, J. L. 2002.** La flora de México. *Revista ciencias* 66:24-26.
- Maití, R. K., J. L. Hernández-Piñero y M. Valdéz Marroquín. 1994.** Seed ultrastructure and germination of some species of Cactaceae. *Phyton.* 55: 97-105.
- Manly B.F.J. 1992.** *Multivariate Statistical Methods: A primer.* Chapman and Hall, Londres.
- mariposensis* Hester. *Cact. Suc. Mex.* 37, 21-27.
- Martínez M.L., Intralawan A., Vázquez G., Pérez-Maqueo O., Sutton P. and Landgrave R. 2007.** The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics* 63: 254–272.
- May, R.M., y J.H. Lawton. 1995.** Assessing extinction rates, en J.H. Lawton y R.M. May (eds.), *Extinction rates.* Oxford University Press, Oxford, pp. 1-24.
- Medellín–Leal, F. 1982.** The Chihuahuan Desert. In: G. L. Bender. Eds. *Deserts of North America*, pp. 321–372, Greenwood Press, Westport, Conn.
- Metzing, D., Thiede, J. 2001.** Testa sculpture in the genus *Freilea* (Cactaceae). *Bot. J. Linn. Soc.* 137, 65-70.

- MEXU-UNIBIO, 2012.** Base de datos cactáceas Durango. <[http://test.unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=MEXU\\_Herbario](http://test.unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=MEXU_Herbario)> (accessed febrero, 2012)
- Mittermeier, R., Robles G. P y Goettsch, C. 1997.** Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo. Agrupación Sierra Madre, S.C. y CEMEX, México, D. F. p. 501.
- Moegenburg, S.M. 2002.** Spatial and temporal variation in hydrochory in Amazonian floodplain forest. *Biotropica* 34, 606–612.
- Molina E. 2007.** Causas de los principales eventos de extinción en los últimos 66 millones de años. *Rev. Real Academia de Ciencias. Zaragoza.* 62:37-64.
- Molina E., Alegret L., Arenillas I., Arz JA., Gallala N., Hardenbol J., Von Salis K., Steurbaut E., Vandenbeghe N. y Zaghib-Turki D. 2006a.** The Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Danian Stage (Paleocene, Paleogene, "Tertiary", Cenozoic) at El Kef, Tunisia: original definition and revision. *Episodes*, 29(4), 263-278.
- Molnar, P. 2001.** Climate change, flooding in arid environments, and erosion rates. *Geology* 29, 1071-1074.
- Montero-Anaya, D. y García-Rubio, R. O. 2010.** Análisis espacial por índices de distancia (SADIE) de *Lophophora williamsi* en tres parcelas con diferente grado de perturbación en San Luis Potosí. Memorias VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. 217-231.
- Moreno, N., J. J. Lopez & L. Arce. 1992.** Aspectos sobre las semillas y su germinación de *Echinomastus mariposensis* Hester. *Cact. Suc. Mex.* 37: 21–27.
- Muldavin, E. H. 2002.** Some floristic characteristics of the northern Chihuahuan Desert: A search for its northern boundary. *Taxon* 51:453–462.
- Muro – Pérez, G. 2006.** Efecto de la altitud y las propiedades del suelo sobre la densidad poblacional de *Astrophytum myriostigma*. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). p. 72-74.
- Muro-Pérez, G. 2002.** Algunos aspectos sobre el nodrizaje en *A. myriostigma*, Lemaire (1839) en la sierra el Sarnoso, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango. Escuela Superior de Biología. p. 102.
- Muro-Pérez, G., U. Romero-Méndez, J. Flores y J. Sánchez-Salas. 2009.** Algunos aspectos en el nodrizaje en *Astrophytum myriostigma* LEM. (1839) Cactae: Cactaceae, en la Sierra El Sarnoso, Durango México. *Bol. Nakari.* 20(3): 43-48.
- Nicholson E. and Possingham H. 2006.** Objectives for multiple-species conservation planning. *Cons. Biol.* 20: 871-881.



- Nilsson, C., Brown, R.L., Jansson, R., Merritt, D.M. 2010.** The role of hydrochory in structuring riparian and wetland vegetation. *Biological Reviews* 85:837-858.
- 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 2011-07-06.
- 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 2011-07-06
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.** Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010.
- Noss F. R. 1990.** Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Cons. Biol.* 4: 355-364.
- Olvera-Carrillo, Y., Méndez, I., Sánchez-Coronado, M.E., Márquez-Guzmán, J., Barradas, V.L., Huante, P., Orozco-Segovia, A. 2009.** Effect of environmental heterogeneity on field germination of *Opuntia tomentosa* (Cactaceae, Opuntioideae) seeds. *J. Arid Environ.* 73, 414-420.
- Orozco-Segovia, A., Márquez-Guzmán, J., Sánchez-Coronado, M.E., Gamboa de Buen, A., Baskin, J.M., Baskin, C.C., 2007.** Seed anatomy and water uptake in relation to seed dormancy in *Opuntia tomentosa* (Cactaceae, Opuntioideae). *Ann. Bot.* 99, 581-592.
- Pardo, A. y M. A. Ruíz. 2002.** SPSS 11. Guía para el análisis de datos. Editorial McGraw-Hill. Madrid. 716 pp.
- Parolin, P. 2006.** Ombrohydrochory: Rain-operated seed dispersal in plants – With special regard to jet-action dispersal in Aizoaceae. *Flora* 201, 511-518.
- Patrick, L.D., Ogle, K, Bell, C.W., Zak, J., Tissue, D. 2009.** Physiological responses of two contrasting desert plant species to precipitation variability are differentially regulated by soil moisture and nitrogen dynamics. *Global Change Biol.* 15, 1214-1229.
- Pérez-Farrera, A. M., Martínez, Martínez-Camilo, R., Martíne-Meléndez, N., Farrera-Sarmiento, C. y Maza-Villalobos, S. 2012.** Listado florístico del cerro Quetzal (polígono III) de la reserva de la biosfera El Triunfo, Chiapas, México. *Botanical Sciences* 90(2): 113-142.
- Peters, E.W., Martorell, C., Ezcurra, E. 2009.** The adaptive value of cued seed dispersal in desert plants: Seed retention and release in *Mammillaria pectinifera* (Cactaceae), a small globose cactus. *Amer. J. Bot.* 96, 537-541.

- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América Latina y el Caribe). 2010.** XVII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. 14 p.
- Raup D. M. 1981.** Extinction. Bad genes or bad luck?. *Acta Geol. Hispanica* 16:25-33.
- Rentería Arrieta, I. L. 2010.** Contribución al conocimiento de la biodiversidad bajo estatus de protección legal y las áreas naturales protegidas del estado de Durango, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León., 272 pp.
- Reynolds, J.F., Kemp, P.R., Tenhunen, J.D. 2000.** Effects of long-term rainfall variability on evapotranspiration and soil water distribution in the chihuahuan desert: a modeling analysis. *Plant Ecol.* 150, 145-159.
- Reza-Carrillo, M. 2008.** Aspectos demográficos de una población de *Astrophytum myriostigma* Lemaire (1839) Cactaceae en la sierra el Sarnoso, Durango, México. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Biología. Universidad Juárez del Estado de Durango. p. 37.
- Rheede van Oudtshoorn, K., Rooyen, M.W., 1999.** Dispersal biology of desert plants. Adaptations of desert organisms. Springer, Berlin.
- Ricketts, T., T. Brooks, M. Hoffmann, S. Stuart, A. Balmford, A. Purvis, B. Reyers, J. Wang, C. Revenga, E. Kennedy, S. Naeem, R. Alkemade, T. Allnutt, M. Bakarr, W. Bond, J. Chanson, N. Cox, G. Fonseca, C. Hilton-Taylor, C. Loucks, A. Rodrigues, W. Sechrest, A. Stattersfield, B. Janse-Rensburg, C. Whiteman et al., 2005.** Biodiversity. In: G. Mace, H. Masundire and J. Baillie, Eds. *Ecosystems and Human Well-being*, p 122, Current State and Trends, Washington, DC.
- Rioja-Paradela, T.M., Romero-Méndez, U. 2002.** Efecto del remojo sobre el potencial reproductivo sexual de *Astrophytum myriostigma* Lem. (Cactaceae) en condiciones controladas. *Nakari* 13, 21-34.
- Robertson, T.R., Bell, C.W., Zak, J.C., Tissue, D.T. 2009.** Precipitation timing and magnitude differentially affect aboveground annual net primary productivity in three perennial species in a Chihuahuan Desert grassland. *New Phytol.* 181, 230-242.
- Rzedowski, J. 1978.** Vegetación de México. Limusa. México, D.F.
- Rzedowski J. 1978.** Vegetación de México. Limusa. México. D.F. 431 pp.
- Rzedowski, 1981.** *Vegetación de México*. Limusa. México, D.F.
- Rzedowski, J. 1991a.** Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21.

- Rzedowski, J. 1991b.** El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* **15**:47-64.
- SAGARPA-SIAP. 2010.** Zonas Áridas. <<http://www.campomexicano.gob.mx/Zonas/zonas.html>> (accessed febrero, 2012)
- Salguero-Gómez R., Casper B.B. 2011.** Introducing short roots in a desert perennial: anatomy and spatiotemporal foraging responses to increased precipitation. *New Phytol.* **191**, 173-183.
- Sánchez – Salas J, Romero-Méndez, U. (2003).** Listado de la flora cactológica de la Sierra El Sarnoso, Durango, México. *Nakari* **14**: 27-36.
- Sánchez – Salas, J. 2002.** Distribución geográfica de la flora cactológica con estatus de conservación, de la sierra el Sarnoso, Durango, Méx. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango. Escuela Superior de Biología. p. 13.
- Sánchez, S. J. Martínez, G. E. y Flores, R, J. 2006.** Efecto del tamaño de semillas en la germinación de *Astrophytum myriostigma* LEMAIRE (CACTACEAE), especie amenazada de extinción. *Interciencia*. Vol. 31. No.5. p .371
- Sánchez-Mejorada, H. 1977.** Notas sobre la semilla de *Neoevansia zopilotensis*. *Cact. Suc. Mex.* **22**: 93-95.
- Sánchez-Salas, J. y U. Romero-Méndez. 2003.** Listado de la flora cactológica de la Sierra El Sarnoso, Durango, México. *Nakari* **14**:27–36.
- Sánchez-Salas, J., J. Flores-Rivas y E. Martínez-García. 2006.** Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire. (CACTACEAE), especie amenazada de extinción. *Interciencia*. **31**(5): 5.
- Sánchez-Salas, J., Muro, P. G., Estrada-Castillón, E. y García. A. M. 2010.** Registro de dos nuevas localidades y reubicación de individuos de una de ellas de *Astrophytum myriostigma* (CACTACEAE) en Durango, México. *J. Bot. Res. Inst. Texas* **4**(2): 741 – 745.
- Sánchez–Salas, J., Muro–Pérez, G. y Romero–Méndez, U. 2004.** *Sierra el Sarnoso: Cactáceas*. UJED-ESB, Durango, Méx.
- Scheinvar, L. 1982.** *Mammillaria seitziana*, una especie del Valle de México. *Cact. Suc. Mex.* **27**. (4): 85-90.
- Schultes, R.E. y A. Hoffman. 1982.** Plantas de los dioses: orígenes del uso de los alucinógenos. México, Fondo de Cultura Económica.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2009.** Biodiversidad Mexicana. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx).

<[http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/resumen\\_2009/04\\_biodiversidad/cap4\\_1.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/resumen_2009/04_biodiversidad/cap4_1.html)>  
accessed febrero, 2012).

- SEMARNAT. 2002.** Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 Protección ambiental– especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo de 2002, Segunda Sección. México.
- SEMARNAT. 2010.** Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 Protección ambiental– especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 Diciembre de 2010, Segunda Sección. México.
- Shreve, F. 1942.** The desert vegetation of North America. *Bot. Rev. (Lancaster)*8:195–246.
- Simons, A. M. and M. O. Johnston. 2000.** Variation in seed traits of *Lobelia inflata* (Campanulaceae): sources and fitness consequences. *Am. J. Bot.* 87: 124 - 132.
- Sokal R.R. y Rohlf F.J. 1962.** The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon* 11:33-40.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J. 1994.** Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. New York, W.H. Freeman.
- Sosa, M., Galarza, J. L., Toutcha, L. Soto, R. y Puga, S. 2006.** Clasificación de las comunidades vegetales en la región árida del estado de Chihuahua, México. *Ecología aplicada* 5:53-59.
- Stahlschmidt Z.R., DeNardo D.F., Holland J.N., Kotler B.P., Kruse-Peeples M. 2011.** Tolerance mechanisms in North American deserts: Biological and societal approaches to climate change. *J. Arid Environ.* 75, 681-687.
- Steel R.G.D. y Torrie J.H. 1985.** *Bioestadística:Principios y Procedimientos*. McGraw-Hill, México, D.F.
- Steneck R. 2005.** An ecological context for the role of large carnivores in conserving biodiversity. En Ray J, Redford K, Steneck R, Berger J (Eds.) *Large Carnivores and the Conservation of Biodiversity*. Island Press. Washington, DC, EEUU. pp. 9-33.
- Stuppy, W. & H. Huber. 1991.** Samenmerkmale und Gattungsgliederung der Opuntioideae. *Kakt.and.Sukk.* 42 (5): 122-126.
- Tambutti M., Aldama A., Sánchez O., Medellín R. y Soberón J. 2001.** La determinación del riesgo de extinción de especies silvestres en México. *Gaceta Ecológica.* 60:11–21.

- Terry, M.K., 2005.** Chapter IV: Root-Shoot anatomy and post-harvest vegetative clonal development in *Lophophora williamsii*: Implications for conservation in A tale of two cacti: studies in *Astrophytum asterias* and *Lophophora williamsii*. Tesis para obtener el grado de doctorado presentada en Texas A&M University. Diciembre del 2008.
- The International Plant Names Index. 2011.** Published on the Internet <http://www.ipni.org> [accessed 20 March 2011]\*.
- Thompson, K. 1987.** Seed and seed banks. *New Phytologist*. 106: 23-24.
- Toutcha – Lebgue, K., Viramontes . Oliva A. O., Soto – Cruz, R. A., Quiñónez – Martínez, M., Balderrama – Castañeda, S. y Aviña – Domínguez, Y. 2011.** Cactáceas endémicas y raras del estado de Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 5:27-33
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.** Missouri Botanical Garden <<http://www.tropicos.org/Name/50335477>> (accessed febrero, 2012).
- UICN, 2001.** *UICN Red List Categories and Criteria: Versión 3.1.* UICN Species Survival Commission. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.(págs.)
- UICN. 2011.** UICN: Sobre UICN. Available form URL: <http://www.UICN.org>
- Valencia-Castro, C. M. 2003.** Plan de Manejo del Parque Estatal “Cañón de Fernández” en el municipio de Lerdo, Estado de Durango. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia – Escuela Superior de Biología. Venecia, Durango. 276 pp.
- Vázquez–Sánchez, M., Terrazas, T. y Arias, S. 2012.** El hábito y la forma de crecimiento en la tribu Cacteeae (Cactaceae, Cactoideae). *Botanical Sciences* 2:97-108.
- Vega Aviña, R., Aguiar Hernández, H., Gutiérrez García, A. J., Hernández Vizcarra, A., Vega López, I. y Villaseñor, L. J. 2000.** Endemismos regional presente en la flora del municipio de Culiacán, Sinaloa, México. *Acta Botánica Mexicana* 53:1–15.
- Velazco Macías, G. C. y Flores Alanís G. 2009.** Cactáceas de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. Primera Edición. Biblioteca Universitaria Raúl Rangel Frías. Nuevo León, México.
- Venable, D.L. y J. S. Brown. 1988.** The selective interactions of dispersal, dormancy and seed size as adaptations for reducing risks in variable environments. *The American Naturalist*. 131: 360-384.
- Villarreal – Quintanilla, A. J. y Encina – Domínguez, A. J. 2005.** Plantas Vasculares Endémicas de Coahuila y Algunas Áreas Adyacentes. *Acta Botánica Mexicana* 70: 1 – 46.
- Villarreal-Quintanilla, A. J. 2001.** Listados florísticos de México. XXIII. Flora de Coahuila. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 74 p.

- Villaseñor, J.L. 2003.** Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28:160-167.
- Villaseñor, J.L. 2004.** Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:105-135.
- Vittoz, P., Engler, R. 2007.** Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botanica Helvetica* 117, 109-124.
- Ward, J. 1963.** Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association* 58:236-44.
- Weidenhamer, J. D. 1996.** Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the impasse. *Agron. J.* 88:866-875.
- Weston, L. A. 1996.** Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agron. J.* 88:860-866.
- Wunderle, Jr., J. M. 1997.** The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*. 99:223-235.
- XAL. 2012.** Base de datos cactáceas Durango. <<http://data.gbif.org/datasets/resource>> (accessed febrero, 2012)
- Yang X, Baskin C.C., Baskin J.M., Zhang W., Huang Z. 2012.** Degradation of seed mucilage by soil microflora promotes early seedling growth of a desert sand dune plant. *Plant, Cell & Environ.* 35, 872-883.
- Zammit, C. y P. H. Zedler. 1990.** Seed yield, seed size, and germination behaviour in the annual *Popogyne abramsii*. *Oecologia*. 84: 24–28.