



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

## FACULTAD DE CIENCIAS

**Contribución al conocimiento taxonómico del género  
*Astrophytum* L. (Cactaceae)**

### TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS (BIOLOGÍA VEGETAL)

### PRESENTA

Biól. Laura White Olascoaga

Director de tesis: Dr. Héctor Manuel Hernández Macías

MÉXICO, D. F.

,2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

La elaboración de la presente fue posible gracias a la ayuda respaldo y confianza de las siguientes personas e Instituciones.

Al Dr. Héctor M. Hernández Macias por la dirección de este trabajo, así como por su apoyo y amistad durante el desarrollo de esta.

A la Dra. María Hilda Flores Olvera, a la Dra. Mercedes Isolda Luna Vega, al Dr. Fernando Chiang Cabrera y al Dr. Alfonso Valiente Banuet, por las sugerencias hechas en la revisión del manuscrito.

Al director del Instituto de Biología en turno: Dr. Héctor M. Hernández Macías.

A los jefes del Departamento de Botánica en turno: Dr. Alfonso Delgado Salinas, Dr. Miguel Ulloa Sosa, Dr. Héctor M. Hernández Macias y Dr. Claudio Delgadillo Moya, así como al jefe del Herbario Nacional en turno: M. en C. Mario Sousa S.

Al Departamento de Botánica del Instituto de Biología UNAM por permitirme la utilización de sus instalaciones para el desarrollo de este trabajo.

A la Facultad de Ciencias de la UAEMex. por proporcionarme todas las facilidades para la conclusión de este trabajo.

A la M. en C. Sara Fuentes Soriano por su ayuda en el manejo del Microscopio Electrónico de Barrido y la obtención de las fotografías utilizadas para este trabajo.

Al M. en C. Pedro Mercado Ruaro por permitirme la utilización del laboratorio de fanerogamia y por su ayuda en el manejo del Microscopio Axioskop Carl Zeiss en la obtención de las fotografías utilizadas para este trabajo, así como por su amistad.

Al Biól. Carlos Gómez Hinostrosa por su ayuda en el manejo del sistema de información geográfica CAMRIS y en la elaboración del mapa de distribución del género.

## **DEDICATORIA**

A mis papás por su paciencia y confianza en que algún día finalizaría.

A mi esposo David, por todo el amor, apoyo, confianza y fortaleza que me da y que es pilar en mi vida.

A mi niña Itzel por llegar a mi vida, ya que es lo más maravilloso y sorprendente que hay.

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA	5
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	
HISTORIA TAXONÓMICA	9
MORFOLOGÍA	
Plántulas	12
Semillas	13
Citogenética	15
Conservación	15
OBJETIVOS	16
MÉTODOS	
MORFOLOGÍA DE LAS PLÁNTULAS	17
MORFOLOGÍA DE LA EPIDERMIS	
Estructura celular	17
Tricomas	17
MORFOLOGÍA DE LAS SEMILLAS	18
CITOGENÉTICA	18
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	19
RESULTADOS	
MORFOLOGÍA VEGETATIVA	
Plántulas	20
Hábito	23
Costillas	23
Aréolas y espinas	23
Epidermis	
Estructura celular	24
Tricomas	27

MORFOLOGÍA REPRODUCTIVA	
Flores	33
Semillas	34
Citogenética	40
Distribución geográfica	41
CONSERVACIÓN	45
TRATAMIENTO SISTEMÁTICO	47
Descripción del género	
Clave para la identificación de las especies	48
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	64
LITERATURA CITADA	67

## RESUMEN

*Astrophytum*, descrito por Lemaire en 1839, es un género relativamente bien delimitado, perteneciente a la familia Cactaceae. Las especies de *Astrophytum* son bastante uniformes en los rasgos generales de su morfología; poseen habitualmente tallos simples, hemisféricos, con tubérculos alargados, y de globosos hasta cilíndricos. Pueden poseer o carecer de costillas y espinas, y presentan en el tallo un conjunto de mechones de tricomas blancos organizados en rosetas, los cuales, al igual que la semilla, que tiene forma de “sombrero”, son un carácter genérico diagnóstico muy importante. Las flores en el género son de antesis diurna, pueden ser completamente amarillas o amarillas con la garganta roja o naranja y el pericarpelo está recubierto con numerosas escamas triangulares, pungentes. El número cromosómico básico es  $x=11$ . En este trabajo se reconocen cinco especies: *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. myriostigma*, *A. ornatum* y *A. caput-medusae*. Se describe el proceso germinativo y se elaboran las descripciones de las plántulas de tres de las especies. Asimismo, se analiza la estructura celular de la epidermis del tallo, el cual presentó diferencias como son la presencia en cada célula de una papila central en *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*, mientras que *A. asterias* careció de esta papila. La superficie de los tricomas presentó diferencias a nivel de especie, como en *A. asterias* que es semi-lisa, mientras que los tricomas en *A. capricorne*, *A. myriostigma*, *A. ornatum* poseen perforaciones de diferentes formas y tamaños. La morfología de las semillas de cuatro especies se analizó con ayuda del microscopio electrónico de barrido (MEB), encontrándose células isodiamétricas y tetragonales, con márgenes de las paredes lisos o acanalados de tipo S. Finalmente, se establece que el género *Astrophytum* se distribuye en el Desierto Chihuahuense, desde el sureste de Texas, hasta la porción centro-este del estado de Hidalgo, en matorrales xerófilos, particularmente de tipo rosetófilo y micrófilo.

## INTRODUCCIÓN

La flora fanerogámica mexicana ha sido considerada como una de las más ricas y variadas del mundo; esto se debe principalmente a la presencia, en territorio nacional, de prácticamente todos los tipos de vegetación y climas conocidos, a la combinación de elementos boreales y meridionales, a su elevado número de endemismos, así como a la gran variedad de formas de vida que exhibe en su vegetación. Un componente primordial dentro de esta flora son las extensas zonas áridas y semiáridas con las que se cuenta, donde un elemento importante y diverso es la familia Cactaceae, superado en número de especies solamente por las familias Asteraceae, Fabaceae, Poaceae y Orchidaceae (Rzedowski, 1998).

La familia Cactaceae se encuentra distribuida principalmente, desde la parte sur de Canadá (59° latitud N) hasta el Estrecho de Magallanes (52° latitud S), y desde el nivel del mar hasta altitudes de 5,600 m. La única excepción es *Rhipsalis baccifera*, la cual se distribuye, además de la región neotropical, en las selvas de África, Madagascar y Sri Lanka, y cuya presencia ha dado lugar a diferentes conjeturas (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). En México, el principal centro de distribución de las cactáceas, y en particular de la subfamilia Cactoideae, es el Desierto Chihuahuense, el cual está limitado por la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental, extendiéndose desde Estados Unidos en el sur de Arizona, Nuevo México y Texas hasta el sur de San Luis Potosí, incluyendo las zonas áridas de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo (Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2005). Por otra parte, el país cuenta con otras áreas en las que se distribuyen muchas de las especies de la familia, como son el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y el Desierto Sonorense (Dávila *et al.*, 1993)

El Desierto Chihuahuense de acuerdo con estudios realizados recientemente (Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2005; Hernández *et al.*, 2004), es el principal centro de distribución de cactáceas, principalmente de la subfamilia Cactoideae, y de otros grupos de plantas y animales a escala global. Se ha estimado una riqueza de alrededor de 324 especies y 39 géneros de cactáceas, de los cuales 17 géneros (43.6%) y 229 especies (69.8%) son endémicos (Hernández *et al.*, 2004).

Dentro de esta diversidad se encuentra el género *Astrophytum* Lemaire, el cual está compuesto por cinco especies: *Astrophytum asterias* (Zucc.) Lem. *A. capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose, *A. myriostigma* Lem. *A. ornatum* (DC.) F.A.C. Weber ex Britton et Rose y *A. caput-medusae* D. Hunt.

El género *Astrophytum* fue descrito en 1839; sin embargo, a lo largo de su historia taxonómica el género ha sido ubicado varias veces y por diversos autores dentro del género *Echinocactus*; ciertamente, las especies *A. asterias*, *A. capricorne* y *A. ornatum* fueron descritas dentro del género *Echinocactus*. No es sino hasta después del trabajo de Britton y Rose (1922) cuando se reestructura al género *Echinocactus* reconociéndose a *Astrophytum* como género independiente; no obstante, posteriores trabajos han propuesto varias hipótesis sobre las relaciones entre las especies que conforman al género *Astrophytum*, así como de sus afinidades intergenéricas.

La taxonomía de *Astrophytum* esta generalmente bien entendida; sin embargo, los diferentes aspectos conocidos sobre la biología de estas especies están dispersos en la literatura botánica. Por tanto, en el presente trabajo se propone en primera instancia integrar en una revisión taxonómica la información disponible sobre el género. Además, se describe el proceso germinativo y se elaboran las descripciones de las plántulas hasta el momento en que se distinguen entre especies. Se estudió también la morfología celular de la epidermis y de los tricomas con ayuda del microscopio electrónico de barrido MEB, así como la morfología de las semillas; también se confirma el número cromosómico diploide ( $2n$ ) de las especies y se elaboran mediante CAMRIS (The Computer Assisted Resource Inventory System, Ecological Consulting, Inc.) los mapas de distribución geográfica de las especies. Finalmente, se elabora una clave y un tratamiento taxonómico de las especies reconocidas actualmente.

## ANTECEDENTES

### Historia taxonómica

Cronológicamente, la primera especie en ser descrita fue *Astrophytum ornatum*, la cual fue ubicada por De Candolle (1828) dentro del género *Echinocactus*; en su descripción el autor advierte ya los característicos tricomas blancos del género. La segunda especie en ser descrita fue *A. myriostigma* Lemaire, publicada en 1839 y designada por Britton y Rose (1922) como el tipo del género. En el mismo año, Galeotti describe a *Cereus callicoche*, quedado esta última como sinónimo de *A. myriostigma*. La tercera especie descrita fue *A. asterias*, también ubicada como *Echinocactus* por Zuccarini en 1843. Poco después, Dietrich (1851) describe a *Echinocactus capricornis*. En el 2002 se describe a *Digitostigma caput-medusae* por Velazco y Nevárez, especie claramente circunscrita dentro de *Astrophytum* por D. Hunt (2003)

Para fines del siglo XIX, Schumann (1898) reconoce a *Astrophytum* como subgénero de *Echinocactus*. Posteriormente Britton y Rose (1922) reestructuran al género *Echinocactus* reconociendo a *Astrophytum* como género. Estos mismos autores aclaran que *A. ornatum* había sido muchas veces acreditada a Weber, pero que él nunca la publicó formalmente (Tabla 1).

Después del trabajo de Britton y Rose (1922) se han propuesto varias hipótesis sobre las relaciones entre las especies que conforman al género *Astrophytum*, así como de sus afinidades intergenéricas (Megata, 1944; Buxbaum 1951, 1958; Hutchinson, 1964; Bravo-Hollis, 1978; Benson, 1982; Backeberg, 1958-62; IOS, 1990; Barthlott y Hunt, 1993; Wallace, 1995; Cota y Wallace, 1996).

Megata (1944) divide al género en dos secciones: *Austrastrophytum* y *Septentriastrophytum*, basándose en el tamaño y color de la garganta en la flor, en el tipo de fruto y en el número de semillas por fruto. Ubica dentro de la sección *Austrastrophytum* a *A. ornatum* y *A. myriostigma*, por tener la flor supuestamente más pequeña, con la garganta amarilla, los frutos maduros dehiscentes y con 40-60 semillas negras. Dentro de la sección *Septentriastrophytum* incluye a *A. asterias*, *A. capricorne* y *A. coahuilense* (= *A. capricorne*), por tener una flor más grande, con la garganta carmín o anaranjada, fruto parecido a una baya, con dehiscencia irregular en la base y con 80-300 semillas negras o de color marrón oscuro (Tabla 1).

Buxbaum (1951) estableció una hipótesis sobre las relaciones entre *Astrophytum*, *Echinocactus* y *Frailea*. Comparó las flores de *Astrophytum*, *Frailea* y *Echinocactus*, y las semillas de *Astrophytum* y *Frailea*, concluyendo que *Astrophytum* no tiene afinidad con *Echinocactus*, que *Astrophytum* se ha desplazado al norte del continente y que debe estar incluida formalmente en Trichocerei. Finalmente, que morfológicamente y geográficamente *Astrophytum* está relacionada con *Frailea*

Con lo anterior, Buxbaum (1958) propone la tribu Notocactaeae, y sitúa aquí a *Astrophytum*, junto con 15 géneros más (p. ej., *Eriosyce*, *Parodia*, *Frailea* y *Blossfeldia*, entre otros); sin embargo, separa a *Echinocactus* en la tribu, Echinocactaeae-Echinocactinae, junto con *Homalocephala* (Tabla 1). Para Hutchinson (1964), *Astrophytum* y *Echinocactus* constituyen la subtribu Cactinae (grupo F), perteneciendo a la tribu Cactaeae, junto a 20 géneros más (*Thelocactus*, *Ferocactus*, *Aztekium*, etc). Sin embargo, Benson (1982) consideró de nuevo a *Astrophytum* como un sinónimo de *Echinocactus*, reconociendo 13 especies (Tabla 1).

Posteriormente, Backeberg (1958-62) separa a los géneros y subdivide a *Astrophytum* en dos subgéneros, *Astrophytum* con *A. ornatum* y *A. myriostigma* y *Neoastrophytum* con *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. senile* (= *A. capricorne*) y *A. coahuilense* (= *A. capricorne*) (Tabla 1). En 1990 la International Organization of Succulent Plant Study (IOS) subdivide en grupos a la subfamilia Cactoideae y establece que *Astrophytum* y *Echinocactus* pertenecen al grupo VIIa que corresponde a la subtribu Echinocactinae de Britton y Ross. Mientras tanto, Bravo-Hollis (1991), al igual que Buxbaum (1958), separa a los dos géneros en tribus diferentes, colocando a *Astrophytum* en Notocactaeae, junto con *Melocactus* y a *Echinocactus* en Echinocactaeae-Echinocactinae junto con *Homalocephala*. Sin embargo; Barthlott y Hunt (1993) desconocen las dos subtribus y agrupan a 22 géneros en la tribu Cactaeae.

Posteriormente Wallace (1995) y Cota y Wallace (1996) usando ADN de cloroplasto elaboran, entre otras filogenias, la de estos dos géneros. Ellos concluyen que no hay aparente relación entre *Astrophytum* y los miembros de la tribu Notocactaeae y que *Astrophytum* y *Echinocactus* parecen ser monofiléticos, con *E. grusonii* como un taxón basal (“primitivo”); también se cuestionan el reconocimiento de *Astrophytum* como género y concluyen que “por cuestiones prácticas resulta más sencillo continuar tratando ambos géneros por separado, pero es conveniente tener en mente el grado de relación filogenética que estos dos géneros guardan

entre sí, así como el concepto de clasificaciones basadas en grupos monofiléticos.” Es importante notar que los resultados de Cota y Wallace (1996), en lo que respecta a las relaciones interespecíficas de *Astrophytum*, son congruentes con las hipótesis de Megata (1944) y Backeberg (1958-62).

A principios del siglo XXI, Velazco y Nevárez (2002) describen a *Digistotigma caput-medusae*; sin embargo Hunt (2003) aclara que su peculiar hábito no es suficiente justificación para excluirlo de *Astrophytum*, y que características como los tricomas blancos en el tallo, la semilla en forma de sombrero y las flores son características en común con el género *Astrophytum*, por lo que la transfiere y la ubica dentro del subgénero *Stigmatodactylus* D. Hunt. Posteriormente, Hunt (2003a) aclara que la publicación del nombre *Digistotigma caput-medusae* Velazco et Nevárez quedó invalidada de acuerdo con el Art. 37.5 del Código Internacional de Nomenclatura Botánica por la carencia de una diagnosis latina para la especie. De esta manera, quedando como sigue: *Astrophytum caput-medusae* D. Hunt.

Tabla 1. Historia taxonómica del género *Astrophytum* y de sus relaciones con *Echinocactus*.

Britton y Rose (1922)		Megata (1944)		Buxbaum (1958)	
Tribu	Cereeae			Tribu	Echinocacteeae
Subtribu	Echinocactae			Subtribu	Echinocactinae
	<i>Echinocactus</i>				<i>Echinocactus</i>
	<b><i>Astrophytum</i></b>			Tribu	Notocacteeae
	<i>myriostigma</i>	Subgénero	<i>Austrastrophytum</i>		<b><i>Astrophytum</i></b>
	<i>asterias</i>		<i>A. ornatum</i>		
	<i>capricorne</i>		<i>A. myriostigma</i>		
	<i>ornatum</i>	Subgénero	<i>Septentriastrophytum</i>		
			<i>A. capricorne</i>		
			<i>A. asterias</i>		
Hutchinson (1964)		Bravo-Hollis (1978)		Benson (1982)	
Tribu	Cacteeae	Tribu	Echinocacteeae	Tribu	Cacteeae
Subtribu	Cactinae	Subtribu	Echinocactinae	Subtribu	Cactinae
Grupo	F		<i>Echinocactus</i>		<i>Echinocactus</i>
	<i>Echinocactus</i>	Tribu	Notocacteeae		<i>grusonii</i>
	<b><i>Astrophytum</i></b>		<b><i>Astrophytum</i></b>		<i>ingens</i>
					<i>platyacantus</i>
					<i>grandis</i>
					<i>palmeri</i>
					<i>polycephalus</i>
					<i>parryi</i>
					<i>horizonthalonius</i>
					<i>texanus</i>
					<i>asterias</i>
					<i>capricorne</i>
					<i>myriostigma</i>
					<i>ornatum</i>

Backeberg (1958-62)		Hunt y Taylor (1990)		Barthlott y Hunt (1993)	
Tribu	Ceroideae	Tribu	Cactaeae (grupo VIIa)	Tribu	Cactaeae
Semitribu	Boreocereae				
Subtribu	Boreocatainae				
	Boreoechinocacti				
	Euboreoechinocacti				
	<i>Echinocactus</i>		<i>Echinocactus</i>		<i>Echinocactus</i>
	<b><i>Astrophytum</i></b>		<b><i>Astrophytum</i></b>		<b><i>Astrophytum</i></b>
Sección	<i>Astrophytum</i>				
	<i>myriostigma</i>				
	<i>ornatum</i>				
Sección	<i>Neoastrophytum</i>				
	<i>asterias</i>				
	<i>capricorne</i>				

## Morfología

### Plántulas

La germinación de una diáspora y el posterior desarrollo de la plántula son sumamente importantes. Los aspectos morfológicos, anatómicos y fisiológicos de las primeras etapas en la germinación son de particular interés, de igual manera el estudio de las plántulas, no solo desde el punto de vista morfológico, sino ecológico y evolutivo.

En especies arbóreas, el estadio de plántula es sorprendentemente diferente del adulto; por lo que el conocimiento e identificación de plántulas de aquellas especies implicadas en la conservación y regeneración de bosques y selvas es primordial, en especial en las selvas, debido al alto índice de diversidad existente. De igual manera, en el control natural de malezas el conocer las plántulas es también trascendente (Vogel, 1980).

La importancia de las plántulas se ve claramente en el trabajo de Léonard, 1957 (citado en Vogel, 1980) quien menciona que el estudio de esta etapa ayuda a establecer sinonimias entre géneros, también indica, que géneros morfológicamente relacionados con plántulas iguales no pueden ser genéricamente distintos, así como géneros heterogéneos pueden poseer diferentes tipos de plántulas y que la presencia de diferentes tipos de plántulas en un género puede ser indicador de un género heterogéneo. Todo esto conlleva a establecer que la morfología y anatomía de una plántula es básicamente igual en cada especie y más o menos la misma en (sub)géneros.

El estudio de las plántulas de cactáceas es primordial, no solo desde el punto de vista morfológico y de su evolución y desarrollo durante los primeros estadios, sino también desde el punto de vista estético, por la belleza y finura de la mayoría de estas estructuras y de conservación, ya que por su valor como plantas ornamentales se les colecta masivamente para comercializar ilegalmente; por lo que actualmente, para evitar la desaparición de las especies en su hábitat y aprovechar la demanda que tienen como ornamentales, se les está reproduciendo en viveros (Meyrán, 1956; Gómez y Camacho-Morfín, 1995).

El estudio de las plántulas en cactáceas se remonta a los siglos XVIII y XIX, con Dillenius en 1732, Gaertner en 1788, De Candolle en 1828 y Lemaire en 1839, citados en Bernard (1967), mientras que en el siglo pasado, entre los trabajos más importantes se encuentran los de Fraine (1910), Buxbaum (1951) y Bernard (1967). Este último autor no sólo estudia la morfología de las plántulas, sino también el sistema de conducción de 6 géneros y 15 especies de cactáceas, entre las cuales se encuentran *Astrophytum myriostigma* y *A. ornatum*.

Más recientemente, Meyrán (1956) elaboró unas notas breves sobre las plántulas de 12 especies de cactáceas, entre las que se encuentran *A. myriostigma* y *A. asterias*. Con respecto a la primera, Meyrán (1956) comienza describiendo la plántula *per se*, omitiendo la germinación y, al igual que Bernard (1967).

Posteriormente, Bregman y Bouman (1983) analizan el modo de germinación de 89 géneros de cactáceas, concluyendo que éstas poseen once tipos diferentes de germinación, distinguiéndose estos por el rompimiento de la testa por el embrión al salir de la semilla, siendo estos rompimiento laterales, dorsales etc.

## **Semillas**

A mediados del siglo antepasado, los problemas taxonómicos en plantas habían sido originados principalmente por la inhabilidad de definir ciertas estructuras y sus relaciones con base únicamente en el microscopio de luz (Cole y Behnke, 1975). Con la invención del microscopio electrónico de barrido (MEB), el conocimiento de la micromorfología de las diferentes estructuras en las plantas se incrementó enormemente; se han realizado hasta la fecha innumerables trabajos en los que se aplica esta técnica, tales como estudios para determinar la

naturaleza y distribución de estomas, tricomas, ceras, cuerpos de sílice, morfología polínica, variaciones en la cutícula, características de meristemos, semillas etc. (Dayanandan, 1973; Leuenberger, 1974; Barthlott, 1981; Elizondo *et al.*, 1994; Barthlott y Hunt, 2000).

Desde antes de la invención del MEB, la importancia taxonómica de las semillas de cactáceas ya había sido advertida por Zuccarini (1837); sin embargo, con el advenimiento del MEB, el estudio de las semillas se intensificó (Engleman, 1960; Leuenberger, 1974; Elizondo *et al.*, 1994; Barthlott y Hunt, 2000, etc.) y autores como Barthlott (1981) discutieron la aplicación del MEB y de la micromorfología en la sistemática y sus implicaciones evolutivas.

Uno de los más extensos estudios sobre micromorfología celular de las semillas en la subfamilia Cactoideae se realizó por Barthlott y Hunt (2000), el cual pretendía establecer un vocabulario de términos equivalente en inglés y alemán para describir las características y estructura de las semillas de Cactáceas, así como a sus estados de carácter. Los autores analizan 250 taxa y establecen más o menos 25 características morfológicas y micromorfológicas para estudiar a las semillas; dentro de estas características se encuentran simetría, longitud, color, lustre, cutícula, hilo, micrópilo, apéndices etc.

Entre los taxa analizados por Barthlott y Hunt (2000), se localiza *Astrophytum myriostigma*, cuyas semillas tienen forma de gorra, miden 2.4 x1.8 mm, son de color negro-café, con una testa lustrosa y con el borde extendido alrededor del hilo; poseen células uniformemente isodiamétricas, con paredes anticlinales rectas, hilo grande, oblicuo y micrópilo disyunto.

Uno de los estudios realizados con base en el MEB y con la terminología de Barthlott y Hunt (2000), fue el efectuado por Elizondo *et al.*, 1994; ellos estudiaron la micromorfología de semillas de 10 taxa, entre las cuales se encuentran *Astrophytum capricorne*. Con base en estos estudios ellos concluyen que las semillas *A. capricorne* miden de 1.7-1.8 mm, poseen forma de gorra, son de color pardo y tienen un hilo grande en posición basal, no mencionando la dimensión de este último. Con respecto a su micromorfología se establece que las semillas tienen células isodiamétricas, de penta a hexagonales y en casos extremos heptagonales, con paredes anticlinales rectas e irregularmente curvas, cuyos márgenes son acanalados y con una

curvatura de la pared periclinal casi plana. En cuanto al relieve fino de la pared celular, observaron que las semillas son lisas.

## Citogenética

Los estudios citogenéticos en cactáceas se remontan a la década de los 30 en el siglo pasado, con investigadores como Ishii (1929), Jaretzky (1931), Johansen (1933), Stockwell (1935) y Beard (1937), quienes establecieron los primeros números cromosómicos, reportando  $2x=22$ .

Posteriormente, el estudio de la citogenética de la familia se intensifica con investigaciones que dan a conocer el número cromosómico de innumerables especies (Federov, 1974; Goldblatt, 1981, 1984, 1985, 1988, 1990, 1991), así como la presencia de poliploidía e hibridación (Katagiri, 1953; Ross, 1981). Sin embargo, es hasta fines del siglo pasado cuando Pinkava, (1971, 1972, 1973, 1976, 1977, 1982, 1985) hace una de las contribuciones más importantes en lo que respecta a números cromosómicos de cactáceas.

Los primeros reportes citogenéticos sobre *Astrophytum* se hacen presentes en los trabajos de Beard (1937) con *A. asterias*; este autor reporta  $2n=22$ , mencionando que posiblemente sean 10 cromosomas sin constricción evidente y por lo tanto centrómero terminal, 2 cromosomas con centrómero subterminal y 10 con centrómero medio. Posteriormente, Katagiri (1953) menciona el número cromosómico de *A. myriostigma* y de dos de sus variedades, *nudum* y *tulense*, siendo  $2n=22$ ; también reporta el número de *A. capricorne* y de *A. ornatum* siendo igualmente  $2n=22$ .

## Conservación

La familia Cactaceae, así como la Orchidaceae, Cycadaceae y otras familias de plantas, son hoy en día de las más codiciadas de la tierra; sus peculiares características han fascinado a coleccionistas de todo el mundo, colocando a estas familias en grave peligro de extinción (NOM-059-ECOL-2001).

El uso de cactáceas en México se remonta a la época prehispánica, donde el consumo de tallos y frutos como alimento fue, probablemente, el uso más común que los antiguos pobladores dieron a estas plantas (Hernández, 1571-1577). Después del descubrimiento de

América, innumerables especies de plantas llegaron a España; para fines del siglo XVI ya se registraban diversos jardines botánicos y colecciones particulares en Italia, Alemania y Holanda; y partiendo de esta fecha, la demanda de cactáceas se ha convertido en una seria amenaza para la familia. El saqueo ha sido brutal, miles de plantas han sido arrancadas de su hábitat natural para ir a formar parte de jardines y colecciones privadas en todo el mundo. La demanda internacional se ha abastecido fundamentalmente con la extracción de plantas y semillas de su hábitat natural. La afición de muchos coleccionistas por adquirir plantas exóticas representa una presión para las poblaciones silvestres. Esta situación ha llevado al desarrollo de una compleja red de comercio ilegal que ha afectado de manera determinante las poblaciones naturales y ha colocado a muchas especies en situación de riesgo (Fuller, 1987; Robbins, 2003).

No obstante lo anterior, las cactáceas afrontan también problemas tales como la erosión del suelo, el desarrollo de obras civiles (presas, carreteras), la destrucción selectiva de especies, la alteración de su hábitat, contaminación, expansión urbana, así como la agricultura y el pastoreo, siendo estas dos últimas actividades las de mayor amenaza para la sobrevivencia de la familia, además de la colecta selectiva.

## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar morfológicamente al género *Astrophytum*

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Describir el proceso germinativo y elaborar las descripciones de las plántulas de *Astrophytum*.
- Describir la morfología celular de la epidermis del tallo y de los tricomas en *Astrophytum* con ayuda del MEB.
- Describir la morfología celular de las semillas de *Astrophytum* con ayuda del MEB.
- Elaboran mediante CAMRIS los mapas de distribución geográfica de las especies del género *Astrophytum*.

## MÉTODOS

### Morfología de las plántulas

Para los estudios en las plántulas, se obtuvieron semillas directamente del campo, de muestras existentes en el Jardín Botánico del Instituto de Biología o de la colección de semillas del Laboratorio de Cactología del Instituto de Biología de la UNAM. Las semillas se colocaron en un vaso de precipitados con agua destilada por 24 horas. Posteriormente se pusieron en cajas petri que contenían una capa de algodón y papel filtro, ambos suficientemente húmedos con agua destilada; las cajas petri fueron mantenidas en un horno a una temperatura de  $30 \pm 1^\circ \text{C}$ , en condiciones de oscuridad. Una vez que las semillas germinaron, se les sacó del horno y se les puso en condiciones de luz natural por un día o dos. Posteriormente se les plantó en sustrato constituido de tres partes de tierra de hoja y una de tepojal. Las plántulas de diferentes edades fueron fijadas en FAA por un día y luego transferidas a alcohol al 70% para su conservación y posterior descripción. Los ejemplares de respaldo de las plántulas están depositados en el Herbario Nacional de México (MEXU). En el presente trabajo se estableció como estadio de plántula desde el proceso de germinación, o sea desde el rompimiento inicial de la testa, hasta que pudieron distinguirse las plántulas de las diferentes especies. No se contó con semillas de *A. asterias* y *A. caput-medusae* por lo que fue imposible estudiar el desarrollo de sus plántulas y la morfología de las semillas.

### Morfología de la epidermis

#### Estructura celular

Los estudios de la epidermis fueron llevados a cabo con base en las técnicas de Dykstran (1993) y Eggli (1984) y las muestras fueron obtenidas de organismos vivos procedentes de la colección de cactáceas del Laboratorio de Cactología del Instituto de Biología. Para el análisis de la estructura celular del tallo, se obtuvieron entre 5 y 10 muestras de 1 cm de diámetro de la región apical del tallo con un sacabocados. Las muestras se lavaron con Extrán® para eliminar impurezas y restos orgánicos. Posteriormente, con una brocha se les puso cloroformo concentrado por 20 minutos, luego se colocaron por 30 minutos en una mezcla de  $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  al 10% para eliminar las ceras; se fijaron con glutaraldehído diluido en amortiguador de cacodilatos al 2.5% por 2 horas, se lavaron de tres veces con amortiguador de cacodilatos, se llevaron a ultrasonido por un minuto para eliminar partículas, se deshidrataron con alcoholes graduales por 10 minutos, se secaron a punto crítico, se montaron y se cubrieron con oro para

su posterior revisión en el microscopio electrónico de barrido (MEB, Hitachi S-2460N) del Instituto de Biología de la UNAM. Para la descripción de la estructura celular se adoptó la terminología propuesta por Barthlott y Hunt (2000). En lo que respecta a *A. caput-medusae*, por falta de material fue imposible estudiar la estructura celular y los tricomas de la epidermis.

### **Tricomas**

Para el análisis de los tricomas del tallo, se obtuvieron muestras de 1 cm de diámetro de la parte apical del tallo con un sacabocados; se lavaron con extrán, se fijaron con glutaraldehído diluido en amortiguador de cacodilatos al 2.5% por 2 horas; se lavaron más de tres veces con buffer de cacodilatos, se llevaron a ultrasonido por un minuto para eliminar partículas y se posfijaron con osmio por 2 horas, se lavaron con amortiguador de fosfatos más de tres veces, se deshidrataron en alcoholes graduales por 10 minutos cada uno, se secaron a punto crítico y se montaron y cubrieron con oro para su posterior revisión en el MEB.

### **Morfología de las semillas**

Para describir los caracteres morfológicos de las semillas, se adoptó la nomenclatura propuesta por Barthlott y Hunt (2000). Las semillas se lavaron con Extrán® para eliminar grasa y demás restos orgánicos; posteriormente fueron limpiadas por medio de ultrasonido, para acabar de eliminar partículas y fueron montadas y cubiertas con oro. Posteriormente se analizaron en el MEB un promedio de 10 semillas por cada especie, con la finalidad de hacer un estudio comparativo entre las especies.

### **Citogenética**

Para el estudio mitótico se utilizaron semillas provenientes del campo, de muestras existentes en el Jardín Botánico del Instituto de Biología o de la colección de semillas del Laboratorio de Cactología del Instituto de Biología de la UNAM. La determinación del número cromosómico fue llevada a cabo en meristemas radiculares primarios, con base en la técnica usada por Mercado y Lira (1994). Las preparaciones con mejores campos fueron hechas permanentes con el método de Coger y Fairchild (1953). Las preparaciones fueron revisadas y los mejores campos fotografiados utilizando un microscopio Axioskop Carl Zeiss equipado con una cámara Contax. De las fotografías obtenidas se determinó el número cromosómico.

## **Distribución geográfica**

La distribución geográfica del género se determinó utilizando la información de la Base de Datos de Cactáceas de Norteamérica, desarrollada en el Laboratorio de Cactología del Instituto de Biología de la UNAM, así como de las colectas que se generaron en el propio proyecto, elaborando los mapas por medio del sistema de información geográfica CAMRIS.

## RESULTADOS

### Morfología vegetativa

#### Plántulas

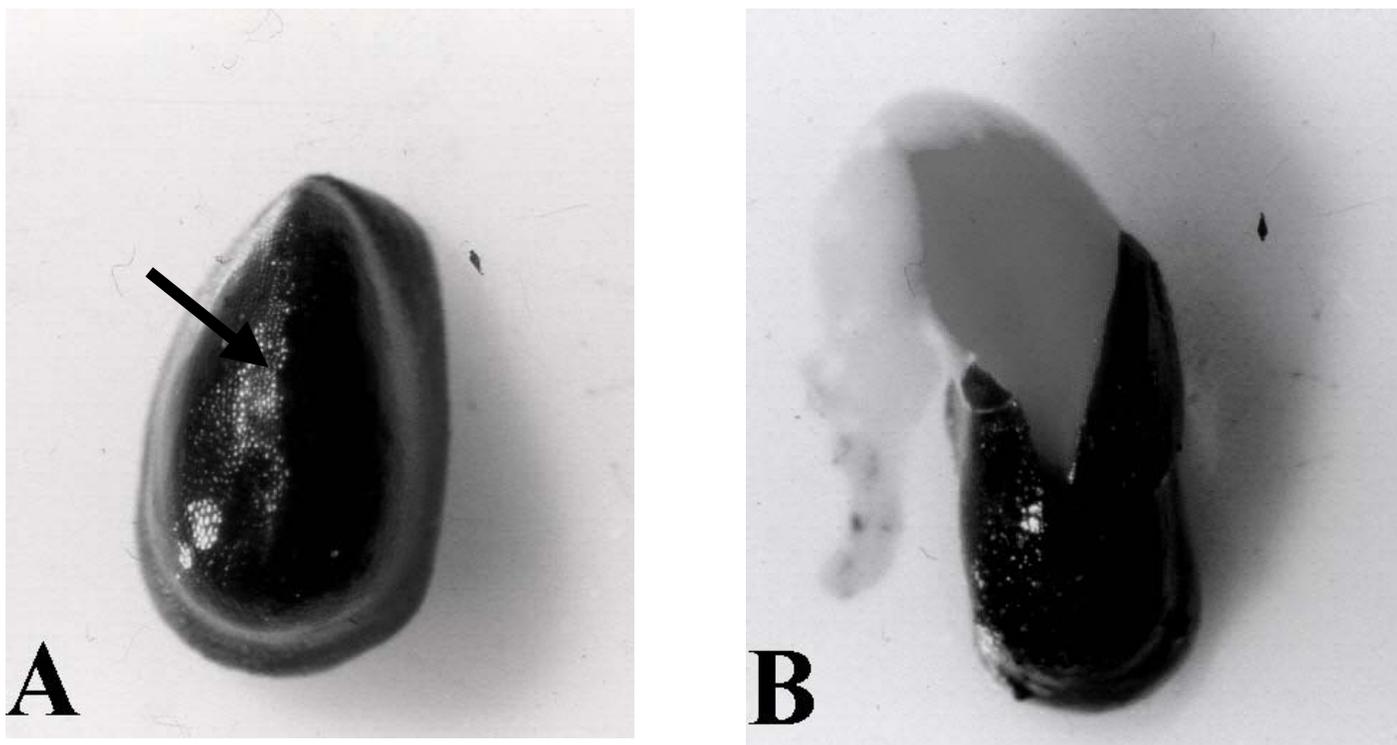
El proceso germinativo y las primeras etapas del desarrollo en las plántulas de las diferentes especies de *Astrophytum* presentaron características muy similares. Aproximadamente seis días después de la siembra se observó un rompimiento de la testa en la parte dorsal, en la zona del rafe, y uno en la parte lateral, por arriba de la zona del hilo (Fig. 1A, B). A este tipo de germinación se le ha denominado del tipo 6 (Bregman y Bouman, 1983). Al romperse el tegumento, lo primero en salir es la radícula, a la cual posteriormente se le desarrollaron en la parte apical numerosos pelos; a continuación emerge el hipocótilo, observándose una clara constricción entre éste, que es verde, y la radícula blanca. Cuando la plántula acaba de salir de la semilla es globosa y, en la parte apical, se observan unas pequeñas protuberancias que corresponden a los cotiledones, los cuales son opuestos (Fig. 2A). Conforme el hipocótilo crece, los cotiledones se van desplazando, colocándose perpendicularmente a éste (Fig. 2B). En seguida, de entre los cotiledones aparece una diminuta yema, la cual va creciendo e inmediatamente aparecen las primeras aréolas, cada una con una o dos espinas (Fig. 2C).

Conforme el nuevo tallo crece se van diferenciando las costillas que son de cuatro a cinco, y las espinas de una o dos por aréola, las cuales se vuelven más grandes, adquiriendo un color café-rojizo como en *A. ornatum* y *A. capricorne* o permanecen pequeñas como en *A. myriostigma*. Cuando el nuevo tallo tiene ya entre 0.5 y 1 cm aparecen los mechones de tricomas blancos. En esta etapa, después de un período de seis a ocho meses, ya se manifiestan las diferencias entre las plántulas de estas tres especies.

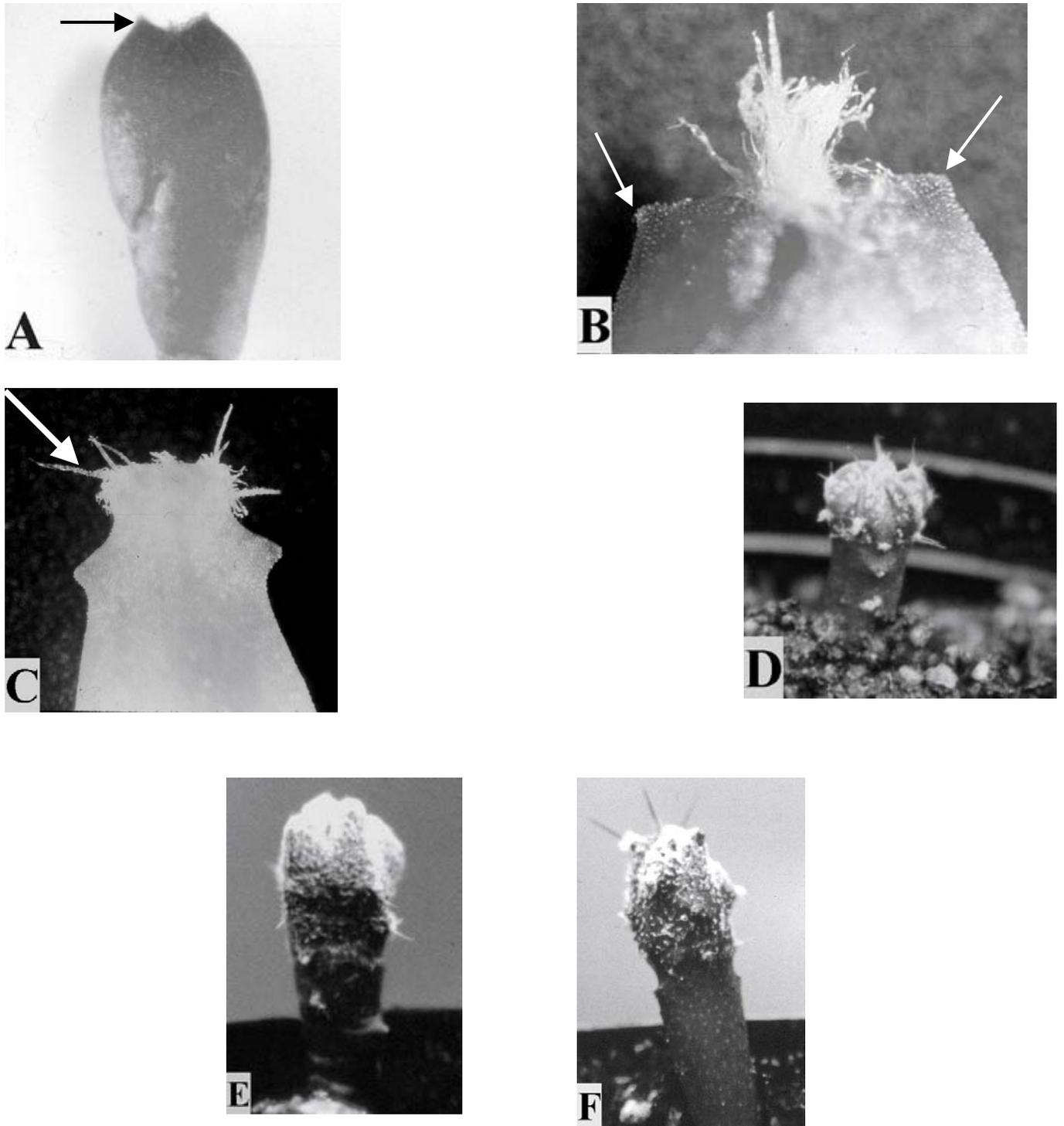
En plántulas de más de seis meses de edad se observa lo siguiente. En *A. capricorne*, los mechones de tricomas son pequeños y no cubren completamente la plántula, lográndose percibir claramente zonas blancas y zonas verdes. En lo que respecta a las espinas, las aréolas poseen de una a dos, con pequeños tricomas (Fig. 2D). En *A. myriostigma*, la plántula está cubierta completamente de mechones de tricomas adquiriendo un color entre blanco y gris, y

carece de espinas (Fig. 2E). Por otra parte, la plántula de *A. ornatum* está igualmente cubierta por mechones de tricomas; sin embargo, éstos tienden a ser más grandes, haciendo que la plántula parezca lanuda y adquiriendo un color blanco-grisáceo.

Con lo que respecta a las espinas, cada aréola conserva una o dos, aunque algunas aréolas no las presentan (Fig. 2F). Algo importante en el desarrollo de las plántulas de *A. myriostigma* es que, en un lote de aproximadamente 50 plántulas, con una edad de entre seis y ocho meses, se observó una plántula glabra. La presencia de esta plántula en una población de individuos con tricomas explica las observaciones de campo de que la condición glabra se expresa de manera ocasional en el área de distribución de la especie. Así mismo, este hecho confirma que *A. myriostigma* Lem. var. *nudum* (Mey.) Megata no puede ser sostenida como entidad taxonómica separada.



**Figura 1.** Germinación de las plántulas de *Astrophytum*. **A)** Semilla de *A. ornatum* (Jerónimo Reyes Santiago s.n.) observándose la porción del rafe. **B)** Rompimiento de la testa en semillas de *A. ornatum* (J. Reyes s.n.).



**Figura 2.** Desarrollo inicial de las plántulas de *Astrophytum*. **A)** Plántula de *A. ornatum* (J. Reyes s.n.) mostrando los cotiledones. **B)** Plántula de *A. ornatum* (J. Reyes s.n.) mostrando el desplazamiento de los cotiledones. **C)** Plántula de *A. myriostigma* (J. Reyes 3219) mostrando el crecimiento de la yema y las espinas. **D)** Plántula de *A. capricorne* (J. Reyes 3247). **E)** Plántula de *A. myriostigma* (J. Reyes 3219). **F)** Plántula de *A. ornatum* (J. Reyes s.n.).

## Hábito

*Astrophytum* tiene generalmente tallos simples, desarrollando brotes adicionales en el ápice sólo cuando éste es dañado. Éstos pueden ser hemisféricos (*A. asterias*), cortamente cilíndricos con tubérculos alargados (*A. caput-medusae*) y de globosos hasta cilíndricos (*A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*).

## Costillas

Con respecto a la forma de las costillas, el género puede dividirse en tres grupos: *A. caput-medusae* con un tallo sin costillas, *A. asterias* con costillas poco profundas, anchas y redondeadas y *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*, con costillas pronunciadas con surcos bien marcados. El número de costillas es más o menos constante en cada especie, siendo para *A. asterias* desde 7 a 9, más frecuentemente 8, para *A. capricorne* y *A. ornatum* 8, mientras que para *A. myriostigma* es de 4-6, habiendo reportes de 3 hasta 9 (H. M. Hernández Macías "H" 3301, MEXU).

## Aréolas y espinas

Las aréolas en *Astrophytum* pueden ser de dos tipos: dimorfas como en *A. caput-medusae* o monomorfas (*A. asterias*, *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*). En *A. caput-medusae* las aréolas espiníferas son terminales, mientras que las floríferas están ubicadas en posición adaxial, en una ubicación subterminal; estas últimas son marcadamente más grandes que las espiníferas. En el resto de las especies las aréolas son uniformemente circular-elípticas, con lana blanca o café.

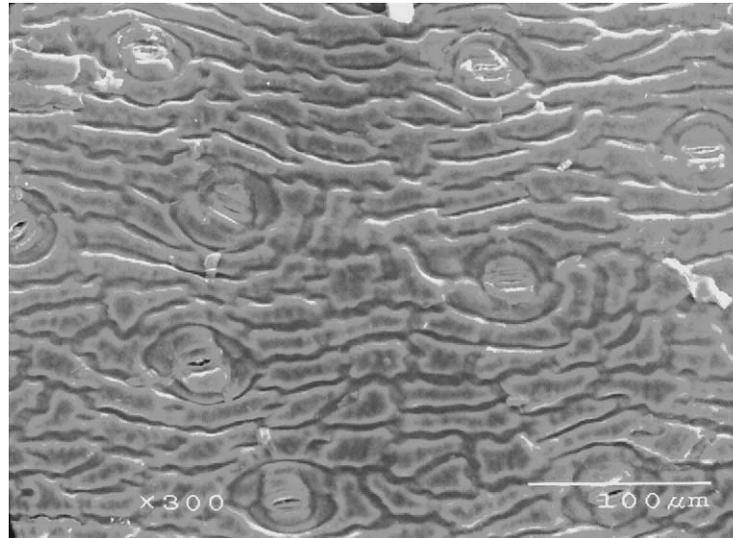
En lo que respecta a las espinas, el género se divide en aquellas especies que carecen de éstas (*A. asterias* y *A. myriostigma*) y las que poseen espinas (*A. caput-medusae*, *A. capricorne* y *A. ornatum*). *Astrophytum caput-medusae* puede carecer de espinas o poseer hasta 4 por aréola, las cuales son de 1 a 3 mm de largo, semierectas, algo rígidas, de color blanquecino en la base, con la punta café oscuro. *Astrophytum capricorne* posee de 7 hasta 15 espinas por aréola, no habiendo diferencia entre las centrales y radiales; son aplanadas, flexibles, retorcidas, de longitud desigual en una misma aréola, de color rojizo,

café o gris y miden de 1.2 a 7 cm de largo. En cambio, *A. ornatum* posee de 4 a 8 espinas radiales, y una central muy parecida a aquellas. Las espinas en esta especie son gruesas, rígidas, rectas, de 2 a 6.2 cm de largo, de color amarillo cuando son jóvenes, tornándose cafés a gris con el tiempo. La espina central es algo más gruesa y larga, del mismo color que las radiales, midiendo de 3.4 a 6 cm de largo.

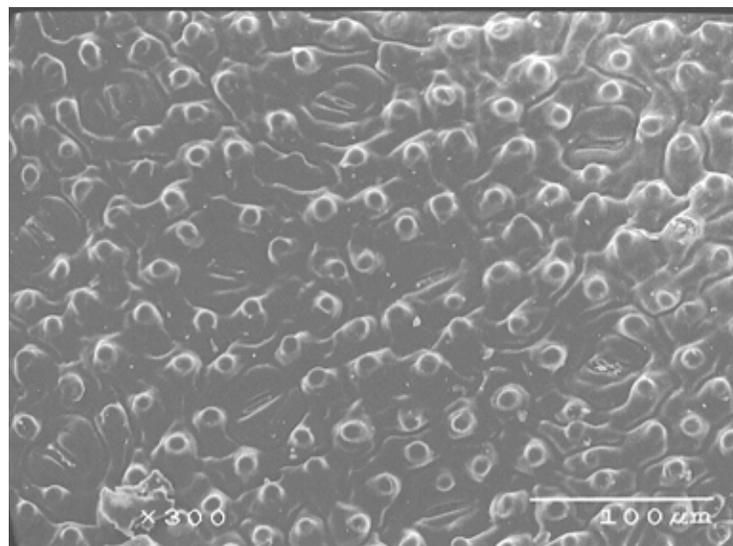
## Epidermis

**Estructura celular.** La estructura celular de la epidermis en el género *Astrophytum* exhibe ciertas diferencias a nivel específico. *Astrophytum asterias* presentó una epidermis con células alargadas-tetraonales y paredes anticlinales rectas de márgenes lisos, mientras que en *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* se observó una mezcla de células isodiamétricas-tetraonales e isodiamétricas-poligonales, con paredes anticlinales de tipo S y márgenes lisos. Con respecto a las paredes periclinales, las células de *A. asterias* fueron convexas y carecieron de microrrelieve; sin embargo, en *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*, aunque también fueron convexas, cada célula presentó una papila central. Finalmente, la epidermis exhibe una capa de cutícula la cual es continua y se encuentra en las paredes periclinales y anticlinales, así como en las células oclusivas; esta capa de cutícula fue eliminada para hacer la presente descripción (Figs. 3, 4, 5, 6 y Tabla 2).

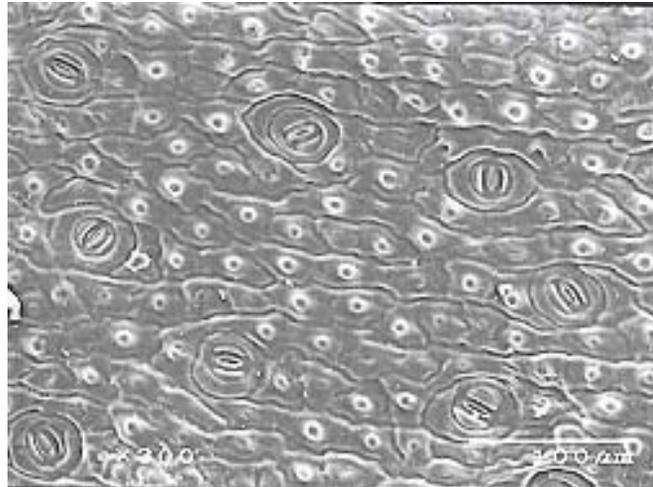
Para el caso de los estomas, Eggli (1984) menciona que todos los miembros de la subfamilia Cactoideae poseen estomas paralelocíticos, salvo malformaciones ocasionales, las cuales pueden resultar en arreglos aparentemente al azar de las células oclusivas. Menciona también que los estomas paracíticos se diferencian de los paralelocíticos en que el par de células oclusivas son de igual tamaño y son simétricas, mientras que en los estomas paralelocíticos, el par de células oclusivas son de diferente tamaño y por lo tanto, son asimétricas. En el presente trabajo se confirmó que la epidermis del tallo de *Astrophytum* cuenta con estomas paralelocíticos, donde se ve claramente que las células oclusivas son desiguales y en ocasiones, como en *A. ornatum*, poseen una papila (Fig. 7).



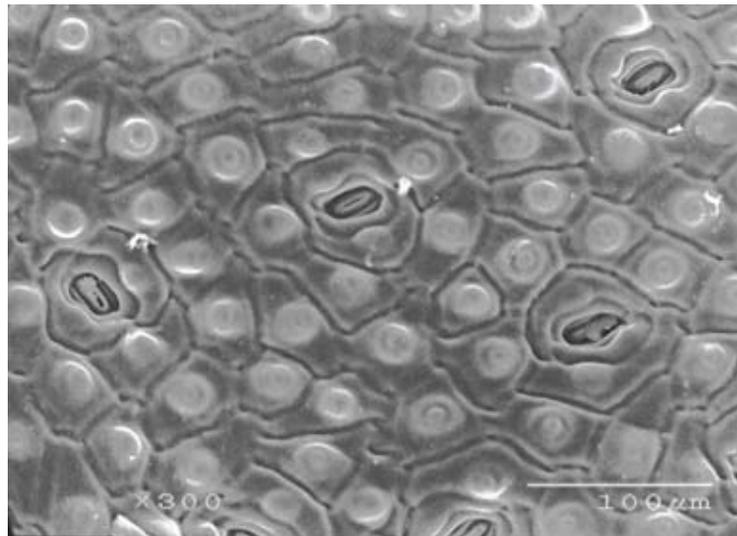
**Figura 3.** *Astrophytum asterias* (Laura White Olascoaga 17). Fragmento de epidermis del tallo en el que se observan células alargadas tetragonales.



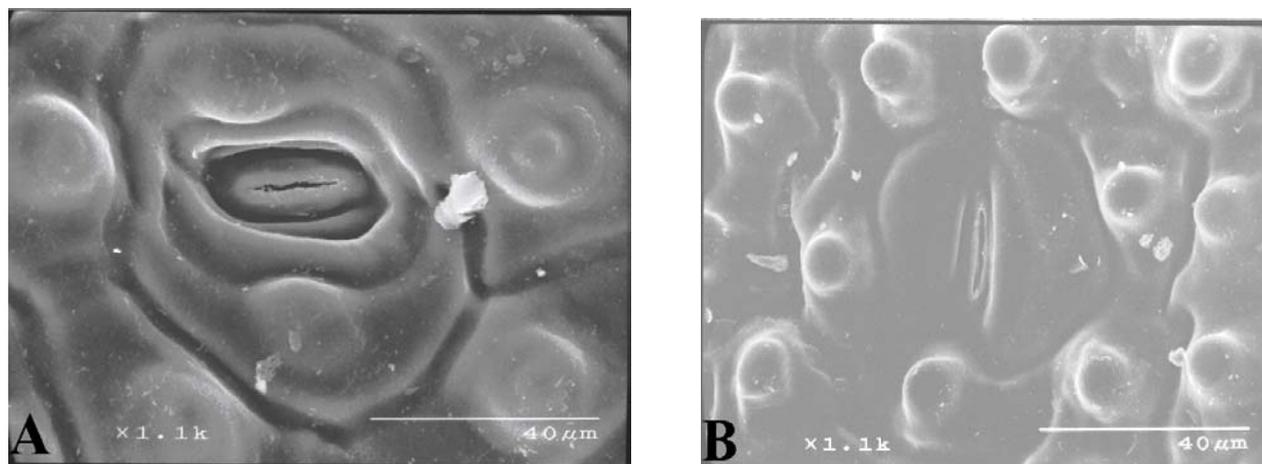
**Figura 4.** *Astrophytum capricorne* (LWO 7). Fragmento epidérmico del tallo que muestra células isodiamétricas tetragonales e isodiamétricas poligonales.



**Figura 5.** *Astrophytum myriostigma* (H 1542). Fragmento de epidermis del tallo en el que se observan células isodiamétricas.



**Figura 6.** *Astrophytum ornatum* (LWO 10). Fragmento de epidermis del tallo que muestra células isodiamétricas tetragonales e isodiamétricas poligonales.



**Figura 7.** Estomas de *Astrophytum*. **A)** Fragmento de epidermis del tallo de *Astrophytum ornatum* (LWO 10) con estomas paralelocíticos y papilas en las células oclusivas. **B)** Fragmento de epidermis del tallo de *Astrophytum capricorne* (LWO 7) con estomas paralelocíticos.

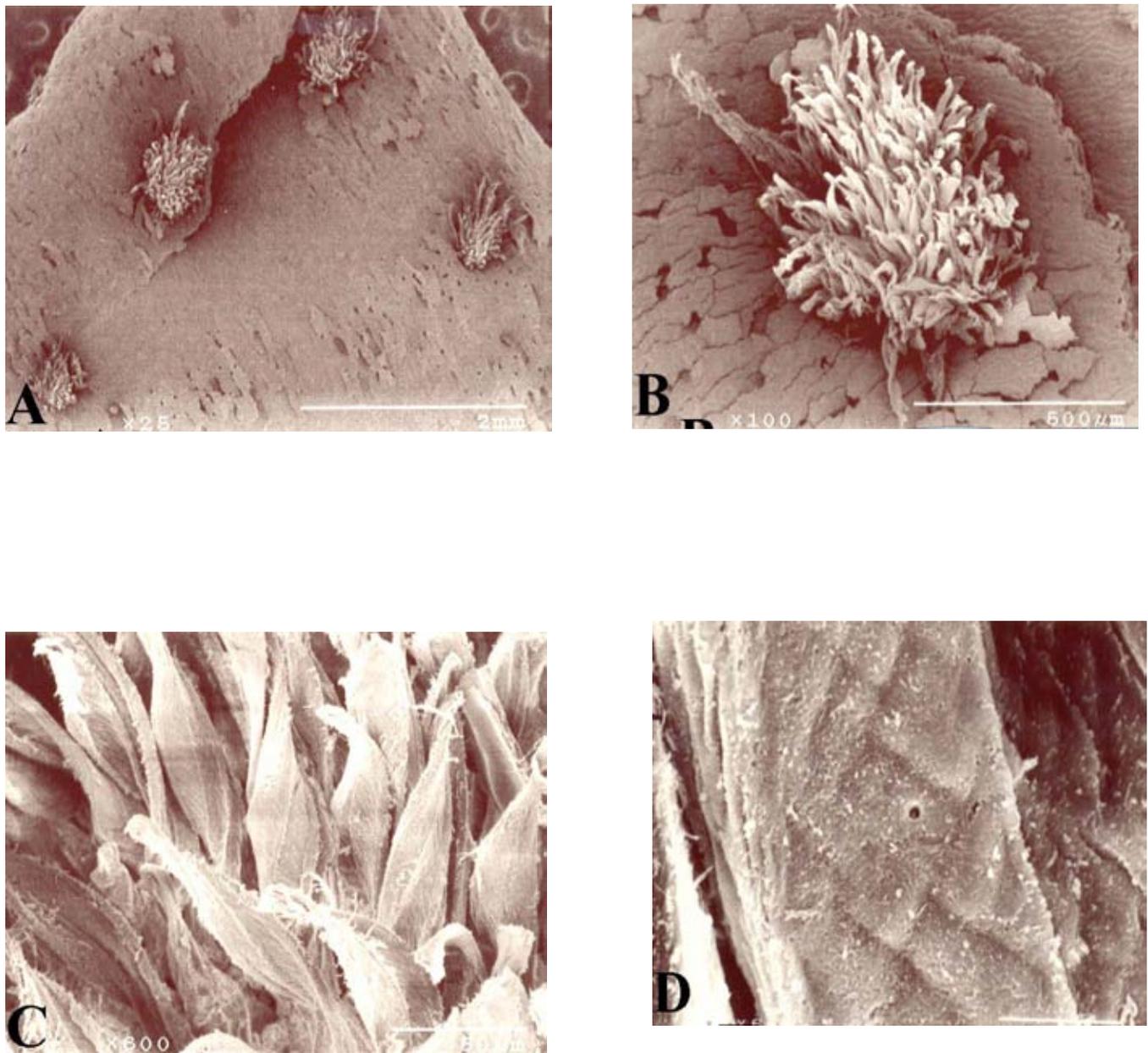
Tabla 2. Comparación de los caracteres de la epidermis entre las especies de *Astrophytum*.

	<b>A. asterias</b>	<b>A. capricorne</b>	<b>A. myriostigma</b>	<b>A. ornatum</b>
<b>Forma celular</b>	Alargada tetragonal	Isodiamétrica tetragonal y poligonal	Isodiamétrica tetragonal y poligonal	Isodiamétrica tetragonal y poligonal
<b>Pared anticlinal</b>	Recta	Tipo S	Tipo S	Tipo S
<b>Márgenes</b>	Lisos	Lisos	Lisos	Lisos
<b>Pared periclinal</b>	Convexa	Convexa	Convexa	Convexa
<b>Microrrelieve</b>	Liso	Con papila	Con papila	Con papila

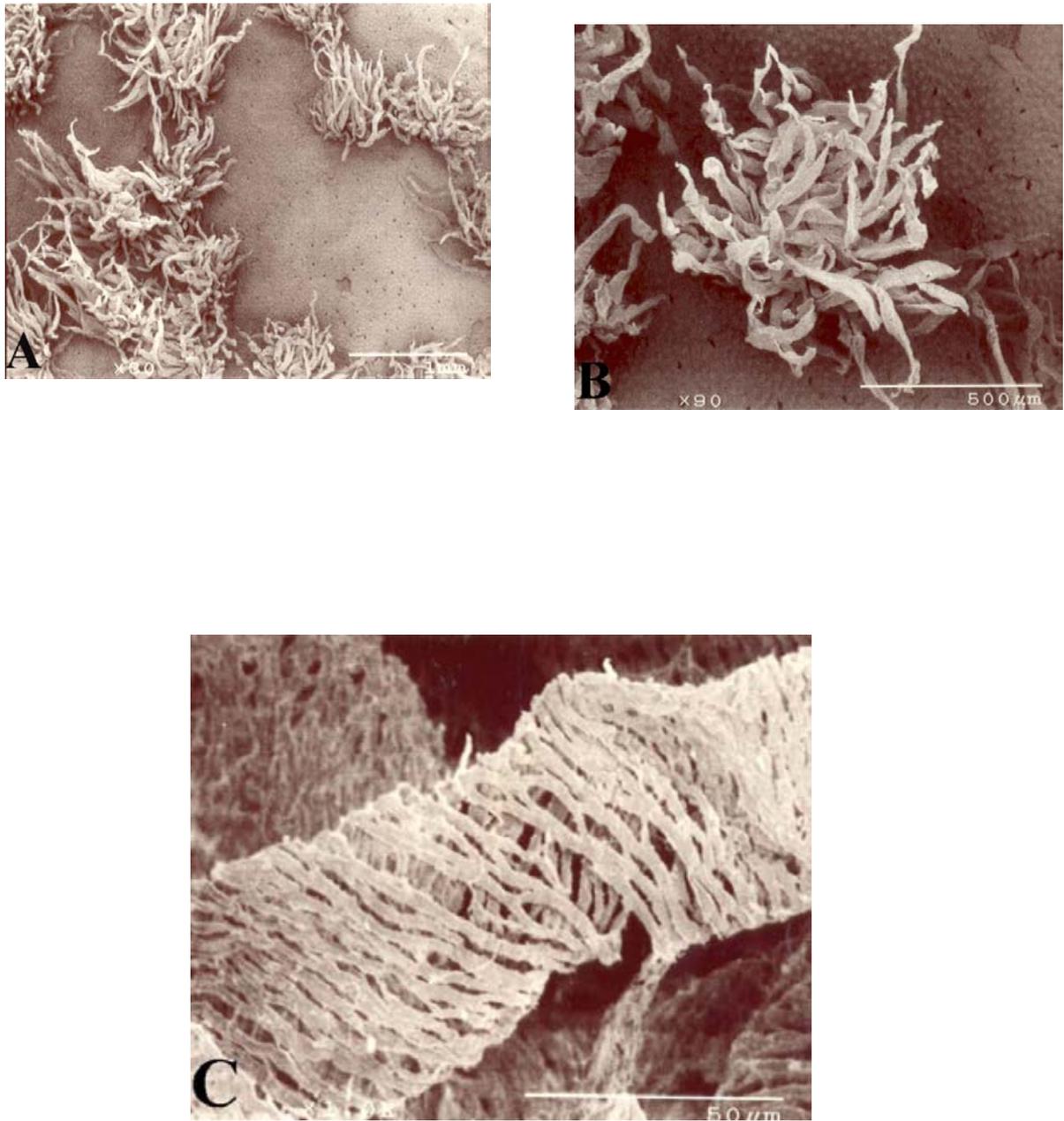
**Tricomas.** La presencia de tricomas en el tallo de *Astrophytum* es un carácter genérico diagnóstico muy importante. Los tricomas están organizados en disposición arrosetada (Fig. 8-11), resultando en mechones de color blanco, los cuales han sido llamados incorrectamente “estigmas” (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). Estos pueden estar distribuidos de diferentes formas en la superficie del tallo, presentándose en ocasiones variantes dentro de una misma especie. Pueden presentarse en líneas o bandas (*A. asterias* y *A. ornatum*), pueden cubrir toda la planta (*A. myriostigma*, *A. ornatum* y *A. capricorne*) y pueden también

estar colocados al azar (*A. ornatum*). Sin embargo, al paso del tiempo éstos pueden ir desapareciendo del tallo en su parte basal y, en ocasiones, pueden estar ausentes, como en el caso de *A. myriostigma* var. *nudum* (R. Meyer) Megata

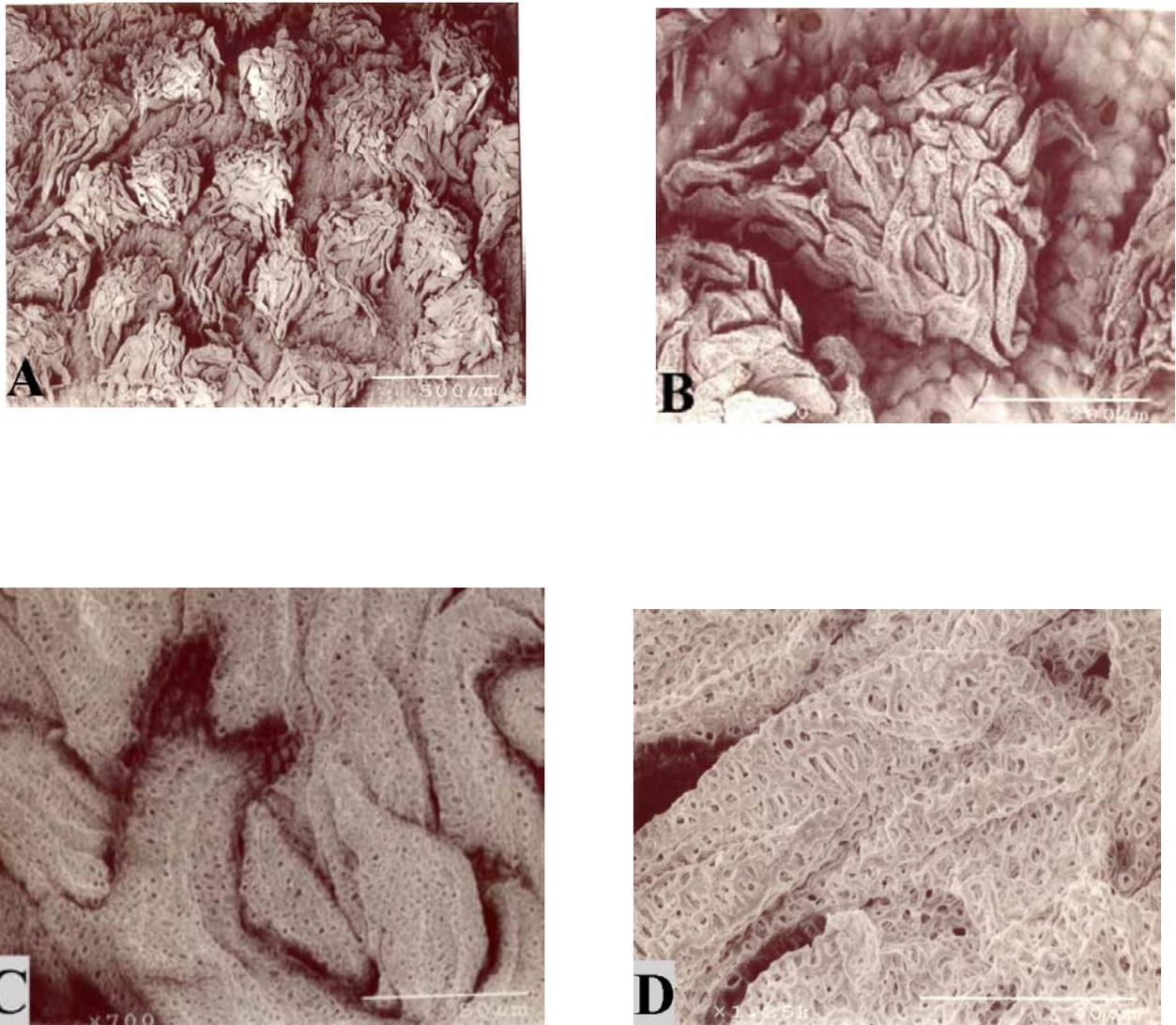
La micromorfología de los tricomas fue diferente entre las especies, encontrándose que en *A. asterias* la superficie de los tricomas fue semilisa (Fig. 8), mientras que en *A. capricorne* éstos presentaron grandes perforaciones alargadas, dando la apariencia de una madeja (Fig. 9). En *A. myriostigma* exhibieron pequeñas perforaciones circulares y ovales (Fig. 10), mientras que en *A. ornatum* estas perforaciones fueron grandes y generalmente son ovales a alargadas (Fig. 11 y Tabla 3).



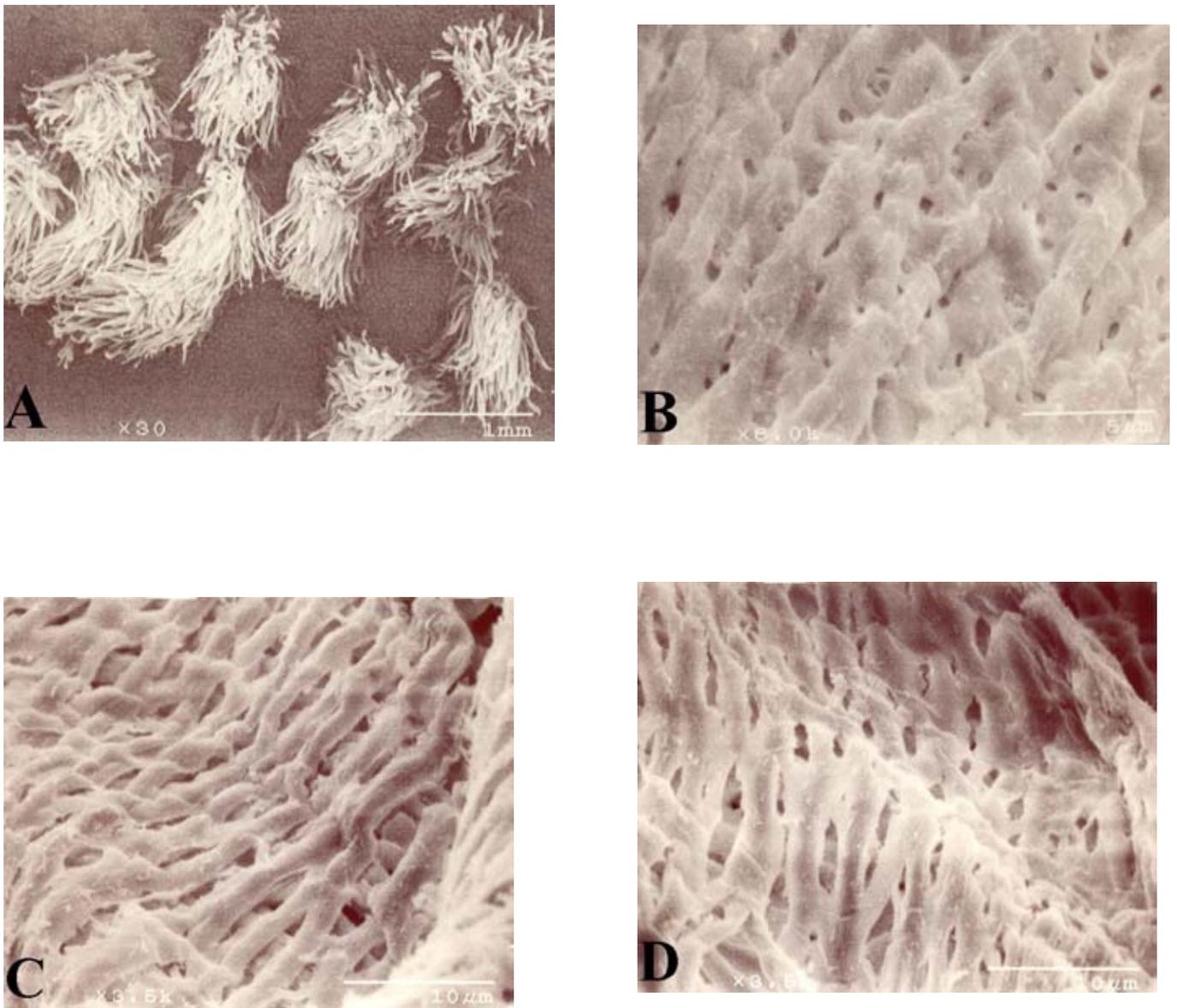
**Figura 8.** *Astrophytum asterias* (LWO 12). **A)** Segmento de epidermis del tallo en el que se observa la distribución espacial de los mechones de tricomas. **B)** Conjunto de tricomas formando una roseta. **C y D)** Detalle de la superficie de los tricomas (Escala: **A** = 2 mm, **B** = 500 μm, **C** = 50 μm, **D** = 5 μm.).



**Figura 9.** *Astrophytum capricorne* (LWO 8). **A)** Segmento de epidermis del tallo en el que se observa el arreglo de los mechones de tricomas. **B)** Conjunto de tricomas formando una roseta. **C)** Acercamiento de la superficie de los tricomas (Escala: **A** = 1 mm, **B** = 500 µm, **C** = 50 µm).



**Figura 10.** *Astrophytum myriostigma* (LWO 5). **A)** Segmento de epidermis del tallo en el que se observa la distribución de los mechones de tricomas. **B)** Aglomeración de tricomas formando una roseta. **C y D)** Detalle de la superficie de los tricomas.



**Figura 11.** *Astrophytum ornatum* (LWO 9). **A)** Segmento epidérmico del tallo en el que se observa la distribución de los tricomas, así como a éstos formando rosetas. **B, C y D)** Acercamiento de la superficie de un tricoma, observándose las perforaciones.

Tabla 3. Comparación de las características de los mechones de tricomas entre las especies de *Astrophytum*.

	<i>A. asterias</i>	<i>A. capricorne</i>	<i>A. myriostigma</i>	<i>A. ornatum</i>
<b>Superficie del tricoma</b>	Semilisa	Con perforaciones alargadas en forma de madeja	Con perforaciones circulares u ovaladas	Con perforaciones ovales y alargadas

## Morfología reproductiva

### Flores

Las flores en el género *Astrophytum* son de anthesis diurna; miden de hasta 9 cm de largo y pueden estar situadas en la parte apical del tallo, como en *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* o en las porciones subterminales de los tubérculos en desarrollo, como en *A. caput-medusae*. Pueden ser campanuladas, como en el caso de *A. myriostigma*, o infundibuliformes como en *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. caput-medusae* y *A. ornatum*. Pueden ser completamente amarillas como en *A. myriostigma* y *A. ornatum* o amarillas con la garganta roja o naranja como en *A. asterias*, *A. caput-medusae* y *A. capricorne*.

El pericarpelo es globoso, de 0.6-1.7 cm de largo y 0.4-1.2 cm de diámetro, cubierto con escamas lanceoladas o lineares y acuminadas, de 0.2-1.1 cm de largo, las cuales están provistas de lana blanca en su base. El tubo receptacular es corto, con escamas lanceoladas de 0.3-1.2 cm de largo. Los segmentos externos del perianto son lineares, espatulados, oblanceolados o lanceolados, con el ápice acuminado, obtuso o mucronado, de color amarillo, algunas veces con la base naranja y mucrón café-rojizo o castaño (*A. caput-medusae*), de 1.1-2.8 cm de largo. Los segmentos internos del perianto son estipulados, oblongos o lanceolados, con el ápice acuminado, de color amarillo a verde limón, algunas veces con la base roja o anaranjada, de 1.4-3.8 cm de largo. Los estambres son numerosos, amarillos, con anteras basifijas, adnadas y paralelas, de dehiscencia longitudinal, con el filamento de 5-1.2 mm de largo y las anteras de 0.8-4 mm. Ovario ovado, de 3-8 mm de largo y 2-5 mm de ancho. Pistilo de 10-34 mm largo, estilo de 7-26 mm de largo y estigma lobado, con 5-11 lóbulos de 3-8 mm de largo.

## Semillas

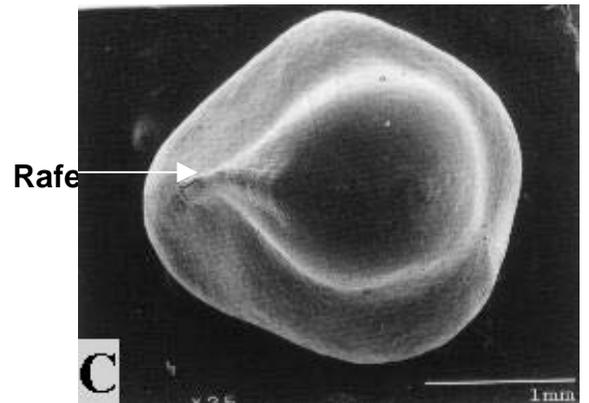
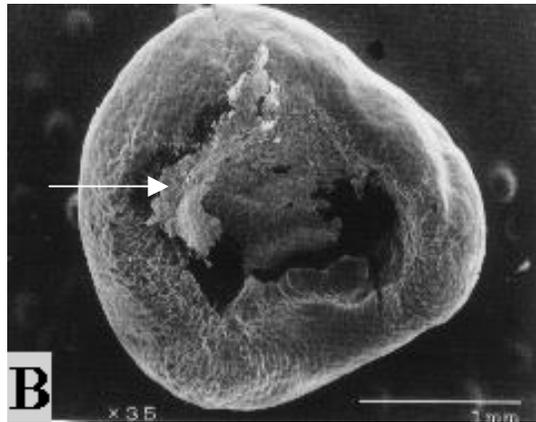
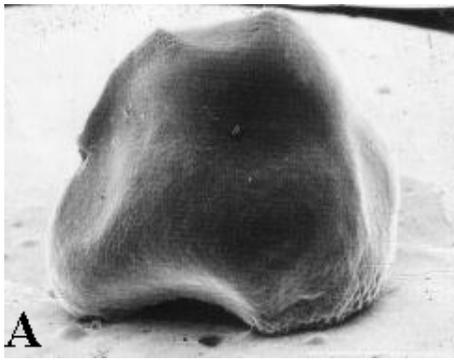
Externamente, las semillas presentaron características muy similares entre especies, como son la forma de “sombbrero” (Barthlott y Hunt, 2000, Elizondo-Elizondo *et al.*, 1994), así como un tamaño que va de 2.54 en *A. asterias* a 3.22 mm de largo en *A. myriostigma*, por 1.87 en *A. asterias* a 2.40 mm de ancho en *A. capricorne*. Todas las especies tienen semillas de color negro, con la testa lustrosa y con el borde extendido alrededor del hilo, el cual es grande, con un tamaño que va de 2 mm a 2.5 mm oval o elíptico, está en posición basal y el micrópilo es disyunto (Fig. 12).

Como se indica en la Tabla 4, las células de las semillas variaron de tamaño en las diferentes regiones: en la zona del rafe el tamaño varió de 22.6  $\mu\text{m}$  de largo en *A. asterias* a 46.3  $\mu\text{m}$  en *A. myriostigma* y de 13  $\mu\text{m}$  de ancho en *A. capricorne* a 31.7  $\mu\text{m}$  en *A. asterias*; las inmediaciones de la zona del rafe, con células de 40.5  $\mu\text{m}$  de largo en *A. capricorne* a 74.2  $\mu\text{m}$  en *A. asterias* y de 29.3  $\mu\text{m}$  de ancho en *A. myriostigma* a 59.7  $\mu\text{m}$  en *A. capricorne*; y en las inmediaciones de la zona hilo-micropilar con células más grandes, de 67.6  $\mu\text{m}$  de largo en *A. ornatum* a 104.2 en *A. asterias* y de 51.1  $\mu\text{m}$  de ancho en *A. ornatum* a 85.1  $\mu\text{m}$  en *A. capricorne* (Figs. 13 - 16 y tabla 4).

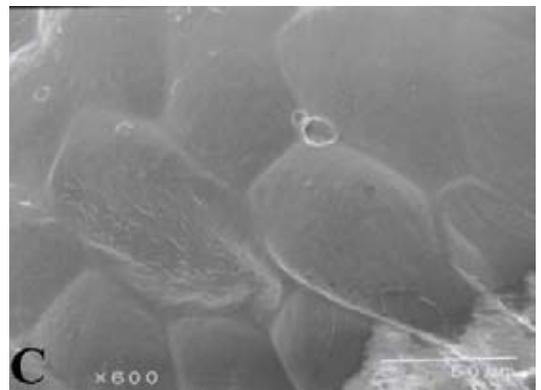
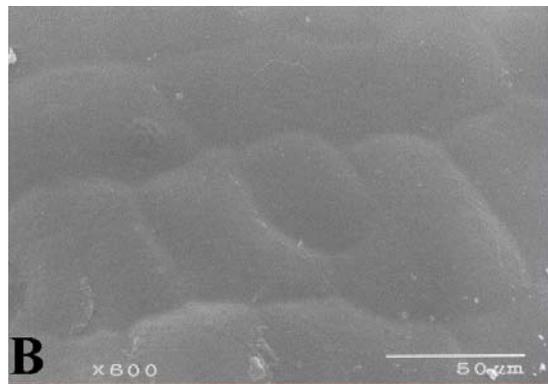
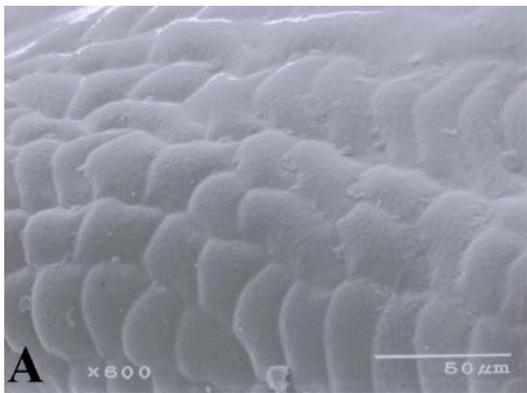
Por otra parte, la testa en *A. asterias*, *A. myriostigma* y *A. capricorne* presentó células isodiamétricas poligonales, mientras que en *A. ornatum* y *A. capricorne* son tetragonales y alargadas tetragonales y poligonales. Los márgenes de las paredes celulares son lisos; sin embargo, *A. capricorne* y *A. ornatum* presentan los márgenes acanalados en las inmediaciones de la zona hilo-micropilar. Los márgenes de las células son de tipo S (Figs. 13 - 16 y tabla 4).

Tabla 4. Características celulares en las diferentes zonas de las semillas de *Astrophytum* (valores promedio [ $\mu$ ]  $\pm$  desviación estándar [ $\sigma$ ]).

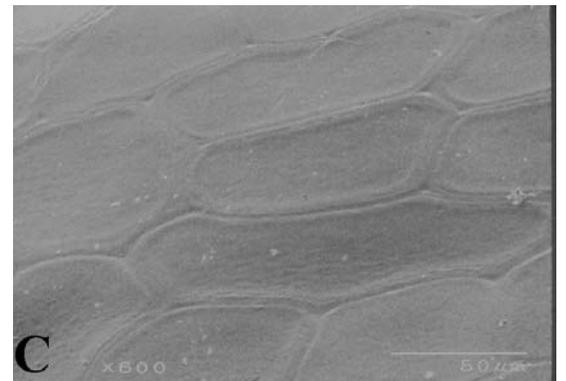
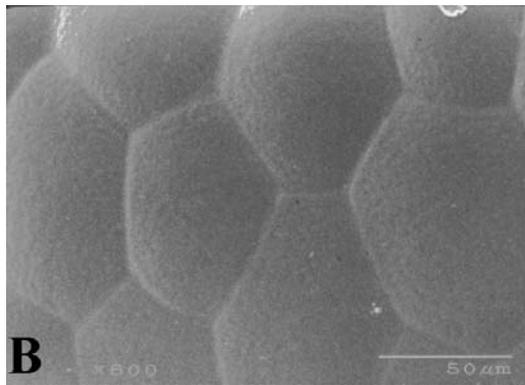
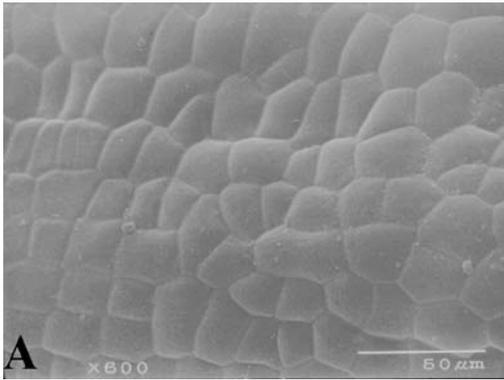
	<i>A. asterias</i>		<i>A. capricorne</i>		<i>A. myriostigma</i>		<i>A. ornatum</i>	
Tamaño celular ( $\mu$ m)	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$		$\mu$	
<b>Rafe</b>								
<b>Largo</b>	22.61	4.23	33.35	3.71	46.35	10.76	36.28	6.73
<b>Ancho</b>	31.66	5.23	12.99	3.00	27.42	9.12	28.06	8.13
<b>Inmediación del rafe</b>								
<b>Largo</b>	74.20	23.87	40.47	4.87	63.56	11.48	59.64	6.15
<b>Ancho</b>	52.77	16.66	59.68	8.03	29.28	4.46	50.09	4.23
<b>Inmediación hilo-micrópilo</b>								
<b>Largo</b>	104.22	23.69	156.42	33.06	93.12	16.97	67.65	14.89
<b>Ancho</b>	56.96	14.34	85.09	13.49	55.31	5.71	51.13	11.62
<b>Forma de las células</b>	Isodiamétricas poligonales		Isodiamétricas poligonales,		Isodiamétricas poligonales, tetragonales y alargadas tetragonales y poligonales		Tetragonales alargadas tetragonales y poligonales	
<b>Margen de las células</b>	Liso y de tipo "S"		Liso y de tipo "S"		Liso y de tipo "S"		Liso y de tipo "S"	



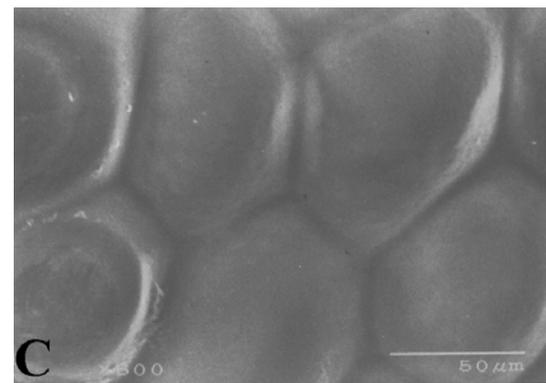
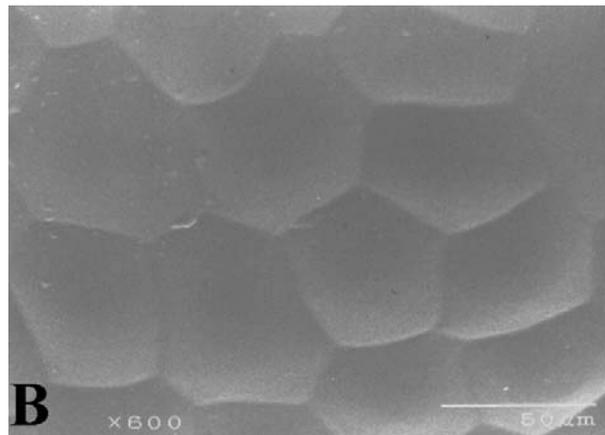
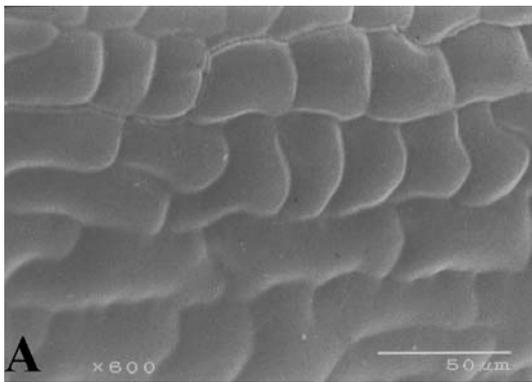
**Figura 12.** Semillas de *A. asterias* (LWO 12) **A)** Vista lateral. **B)** Vista de la zona hilo-micropilar, observándose el mucílago que la cubre y la zona de las inmediaciones del hilo. **C)** Vista general de una semilla donde se observa zona del rafe.



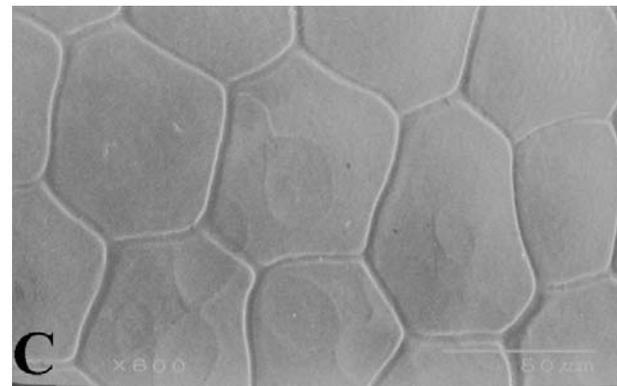
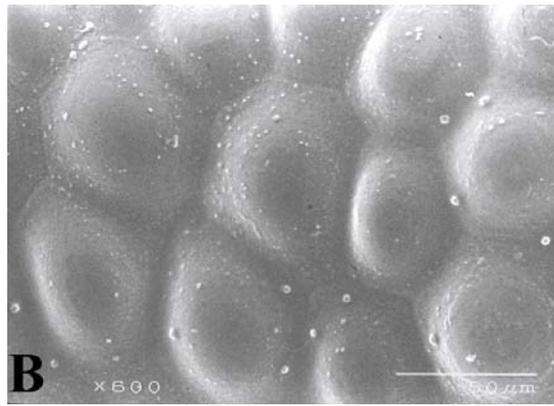
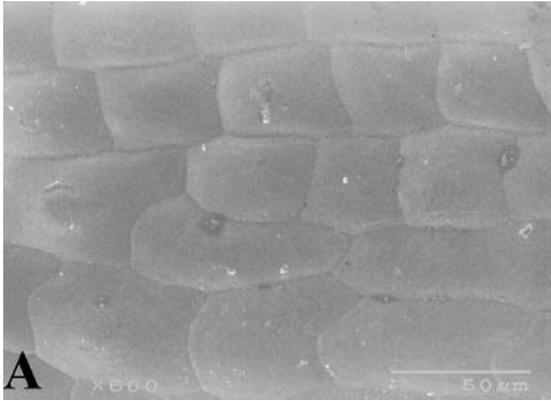
**Figura 13.** Micromorfología celular de las semillas de *A. asterias* (LWO 12). **A)** Zona del rafe. **B)** Inmediaciones del rafe. **C)** Inmediaciones de la zona hilo-micropilar.



**Figura 14.** Micromorfología celular de las semillas de *A. capricorne* (J. Reyes 3247). **A)** Zona del rafe. **B)** Inmediaciones del rafe. **C)** Inmediaciones de la zona hilo-micropilar.



**Figura 15.** Micromorfología celular de las semillas de *A. myriostigma* (J. Reyes 3219). **A)** Zona del rafe. **B)** Inmediaciones del rafe. **C)** Inmediaciones de la zona hilo-micropilar.



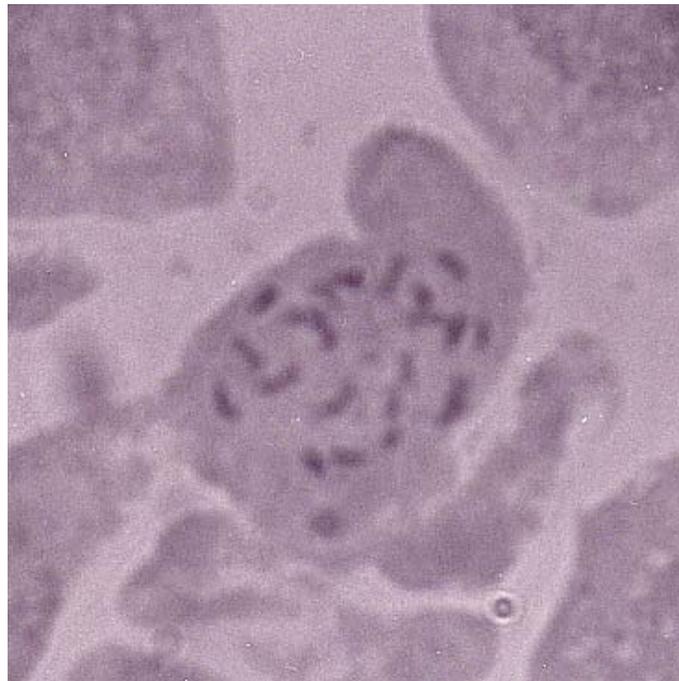
**Figura 16.** Micromorfología celular de las semillas de *A. ornatum* (*J. Reyes s.n*) **A)** Zona del rafe. **B)** Inmediaciones del rafe. **C)** Inmediaciones de la zona hilo-micropilar.

## Citogenética

En el presente estudio se confirmó el número cromosómico de *A. capricorne*,  $2n=22$  (Fig. 17). Como se indica en la Tabla 5, el número cromosómico básico del género *Astrophytum* es de  $x = 11$  (Fig. 17).

Tabla 5 Números cromosómicos de *Astrophytum*.

Especie	Número cromosómico	Fuente
<i>A. asterias</i>	$2n=22$	Beard, 1937
<i>A. capricorne</i>	$2n=22$ $n=11$ $2n=22$	Katagiri, 1953 Ross, 1981 Este trabajo
<i>A. myriostigma</i>	$2n=22$	Katagiri, 1953
<i>A. ornatum</i>	$2n=22$	Katagiri, 1953



**Figura 17.** Cromosomas metafásicos de meristemo radicular primario de *A. capricorne* (J. Reyes 3247).

## Distribución geográfica

El género *Astrophytum* tiene una distribución que se extiende desde el sur de Texas, cerca del Río Bravo en el condado Star (26°30' N - 98°44' W), hasta la porción centro-este del estado de Hidalgo, en el municipio de Metztlán (20°28' N - 98° 40' W). Se localiza exclusivamente en el Desierto Chihuahuense (Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2005), en matorrales xerófilos, particularmente de tipo rosetófilo y micrófilo, en asociación con *Agave lechuguilla* Torr., *Hechtia* sp., *Fouquieria splendens* Engelm., y *Larrea tridentata* (DC) Cov. etc., en suelos calizos y a una altitud que va desde los 190 hasta los 2100 m (Fig. 19).

De las cinco especies de las que está constituido el género, *A. asterias* es la que se distribuye más hacia el este, situándose desde el sur de los Estados Unidos, en el condado Starr en Texas (26°30' N - 98°44' W) y extendiéndose por Tamaulipas hasta los 23°1' N - 98°45' W, en matorral tamaulipeco, en un intervalo altitudinal de los 190 m hasta los 700 m (Fig. 18 y 19).

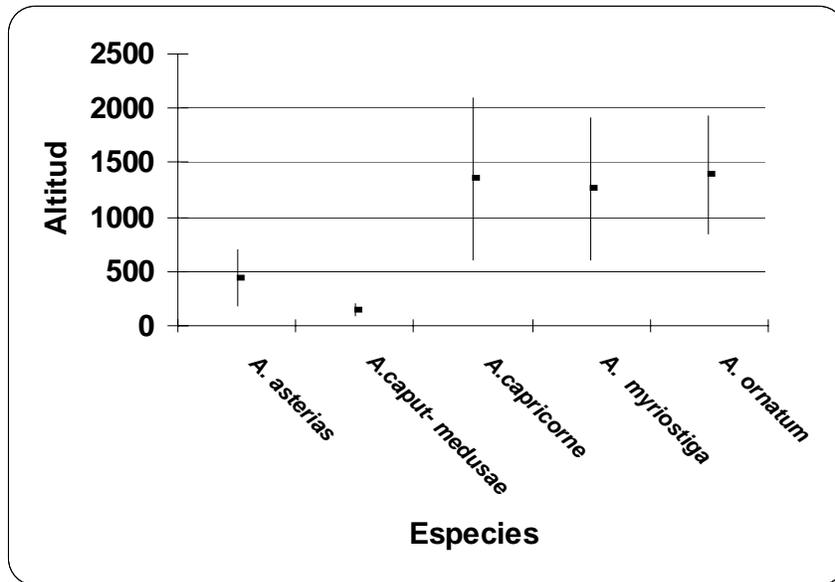
*Astrophytum capricorne* se localiza en dos núcleos poblacionales bien definidos, aparentemente disyuntos. El primero es una franja bien marcada que corre al sur de Coahuila, específicamente al norte de la Sierra de Parras, desde el municipio de Viesca (25°37' N - 102°34' W) hasta la parte centro-oeste de Nuevo León, en el municipio de García (25°85' N y 100°43' W). Mientras que el segundo se localiza en la región de Cuatro Ciénegas (26°30' - 26°57' lat. N / 102°26' - 102°13' long. W). Esta especie se registra desde los 650 hasta los 1700 m, en lomas y suelos calizos, en matorrales rosetófilos principalmente (Fig. 18 y 19).

*Astrophytum myriostigma* posee una distribución geográfica más amplia, pero con una fuerte discontinuidad. En primer lugar, se le conoce de dos localidades ubicadas en el sur de Coahuila: Cerro Bola (25°34' N - 102°43' W) y Viesca. Por otra parte, existe en una amplia región representada por varias localidades desde la parte sur de Nuevo León, particularmente en Doctor Arroyo (23°12' N - 100° 22' W) y Mier y Noriega (23°15' N - 100° 7' W), colindando con Tamaulipas, especialmente en Tula, Jaumave, Bustamante y Miquihuana, (desde 23°16' N; 100°6' W hasta 23°4' N; 100°4' W), hasta San Luis Potosí, en Guadalcázar, Río Verde, Villa Juárez y Matehuala (desde 22°12' N; 99°53' W hasta 23° 15' N; 100°29' W). Esta

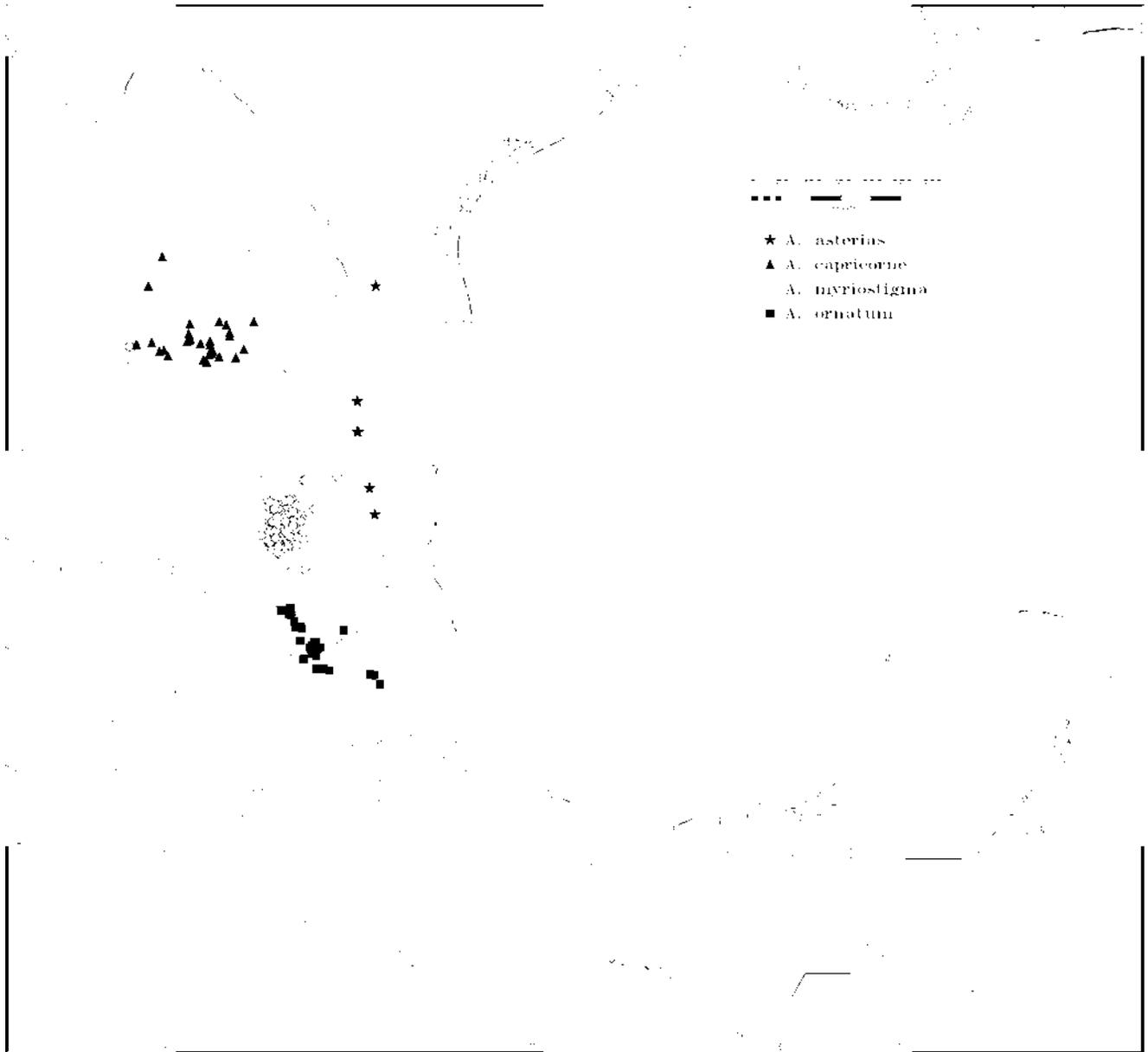
especie se registra desde los 710 hasta los 1900 m, en suelos calcáreos, en diversos tipos de matorrales xerófilos (Fig. 18 y 19).

La especie más sureña es *A. ornatum*, localizada en la sub-región meridional del Desierto Chihuahuense (Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2005). Se distribuye desde la porción centro-este de Hidalgo en Metztlán (20° 28' N - 98°40' W) hasta la parte sur de San Luis Potosí, en los municipios de Río Verde y Santa María del Río (21°37' N - 100°7' W ). Esta especie se registra desde los 850 hasta los 2100 m, en suelos calcáreos con matorrales xerófilos (Fig. 18 y 19).

Por último, la localización exacta de *A. caput-medusae* no ha sido revelada por sus descubridores, con el objeto de protegerla de los colectores comerciales. Sin embargo, se le reporta para el norte de Nuevo León, a altitudes entre los 100 y 200 m, en el matorral espinoso tamaulipeco (Fig. 18).



**Figura 18.** Distribución altitudinal del género *Astrophytum*.



**Figura 19.** Distribución geográfica del género *Astrophytum*.

## CONSERVACIÓN

El interés en ayudar a la conservación de las cactáceas es creciente, y se han venido desarrollando diversos esfuerzos encaminados a la conservación de la familia, como programas de propagación, jardines botánicos, bancos de germoplasma, repoblamiento de áreas silvestres y educación para la conservación (Arreola y Portilla, 1995).

Dentro de esta misma temática se han establecido reglamentos, normas y diferentes organizaciones que ayudan a la conservación. Tal es el caso de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, la cual tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes. También establece los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método que evalúa el riesgo de extinción. Dentro de esta Norma Oficial se encuentra el género *Astrophytum* (NOM-059-ECOL-2001), donde *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* se categorizan como especies amenazadas (A), o sea “aquellas especies, o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones”; mientras que *A. asterias* está como especie en peligro de extinción (P), o sea “aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros” (Tabla 6 ).

Otro instrumento de conservación es el CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), el cual posee tres apéndices donde se enlistan las plantas de acuerdo con el grado de protección que requieren. Aquí, *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* están incluidas dentro del Apéndice II desde 2003, mientras que *A. asterias* está en el Apéndice I desde 1987 (Tabla 6).

Por último, se encuentra el Libro Rojo de la IUCN (The World Conservation Union), donde en el 2001 sólo se tenía registrado a *A. asterias* como una especie vulnerable, por tener un área de distribución menor a 2,000 km<sup>2</sup>, donde se conocen no más de 10 localidades y continúa declinando la especie (*VU B2ab(v)*) (Tabla 6).

Tabla 6 Estado de conservación de las especies de *Astrophytum*, según la NOM-059, la CITES y la IUCN.

	<b>NOM-059-ECOL-2001</b>	<b>CITES, 2003</b>	<b>IUCN, 2001</b>
<b>A. asterias</b>	P	Apéndice I	VU B2ab(v)
<b>A. capricorne</b>	A	Apéndice II	
<b>A. myriostigma</b>	A	Apéndice II	
<b>A. ornatum</b>	A	Apéndice II	

## TRATAMIENTO SISTEMÁTICO

### Descripción del género

***Astrophytum*** Lemaire, Cact. Gen. Nov. Sp. 3, 1839.

*Echinocactus* Link et Otto, 1827, pp.

*Echinocactus* subgen. *Astrophytum* Schumann, 1898.

*Maierocactus* Rost. Zeitschrift Sukk. 8. 138, 1926.

Especie tipo: *Astrophytum myriostigma* Lemaire.

Tallos consistentemente simples, pero desarrollando brotes adicionales cuando éstos son dañados, hemisféricos, cortamente cilíndricos, cilíndricos o globosos. Tuberculados o con costillas conspicuas. Tubérculos cilíndricos, algo triangulares cuando jóvenes, con aréolas dimorfas, terminales o subterminales, circulares o elípticas, con lana blanca. Costillas (3-) 5-7(-9), más o menos constantes en cada especie, rectas o anchas y redondeadas, algunas veces espiralados con el tiempo, poco profundas o pronunciadas con surcos bien marcados, con aréolas monomorfas, circulares o elípticas, con lana blanca a café, tornándose gris con la edad. Superficie de los tubérculos y costillas usualmente cubierta de mechones arrosetados de tricomas blancos, distribuidos al azar o siguiendo patrones definidos sobre la superficie del tallo, rara vez glabros. Espinas ausentes o presentes, diferenciadas o no en centrales y radiales, de 4 a 15 por aréola, suaves o duras, gruesas, rígidas, semirrectas, rectas, torcidas o recurvadas, elípticas o aplanadas en corte transversal, blancas, amarillas, rojas, cafés o grises. Flores de hasta 9 cm, sub-terminales en tallos tuberculados o sub-apicales en tallos con costillas, anthesis diurna, campanuladas o infundibuliformes, con la garganta amarilla, anaranjada o roja; pericarpelo globoso, de 0.6-1.7 cm de largo y 0.4-1.2 cm de diámetro, cubierto con escamas lanceoladas, en ocasiones con una costa media, acuminadas o largamente aristadas, margen fimbriado u ondulado, amarillos con diferentes tonos de café, de 0.2-1.1 cm de largo, con lana blanca en la base interior, en ocasiones con el área apical claramente diferenciada; tubo receptacular corto con escamas similares a las del pericarpelo, pero de color café en diferentes tonos en la base y amarillo es el ápice, en ocasiones con el margen rojo, de 0.3-1.2 cm de largo; segmentos externos del perianto lanceolados u oblanceolados, acuminados o largamente aristados, membranosos, margen entero u ondulado, en ocasiones la parte apical es fimbriada, de color amarillo, base naranja y mucrón café-rojizo o castaño, de 1.1-2.8 cm de largo;

segmentos internos del perianto lanceolados u oblongos, acuminados, mucronados, membranosos, margen entero o finamente aserrado, amarillo a verde limón, base roja o naranja, de 1.4-3.8cm de largo; estambres amarillos, numerosos, dehiscencia longitudinal, anteras basifijas y paralelas, filamento de 5-1.2 mm de largo, anteras de 0.8-4 mm.; ovario ovado, de 3-8 mm de largo y 2-5 mm de ancho; pistilo de 10-34 mm largo, amarillo, estilo de 7-26 mm de largo, estigma lobado, con 5-11 lóbulos de 3-8 mm de largo. Fruto globoso, alargado, ovoide o globoso, con dehiscencia apical o irregular. Semillas con forma de sombrero, 2.5 a 3.2 mm de largo, 1.9 a 2 mm de ancho, negras con la testa lustrosa, borde extendido alrededor del hilo, hilo oval o elíptico, basal, micrópilo disyunto.  $2n=22$ .

**Distribución:** Se localiza exclusivamente en el Desierto Chihuahuense, desde el sur de Texas, cerca del Río Bravo en el condado Starr (26°30' N - 98°44' W), hasta la porción centro-este del estado de Hidalgo, en el municipio de Metztlán (20°28' N - 98° 40' W), en matorrales xerófilos, particularmente de tipo rosetófilo y micrófilo, en asociación con *Agave lechuguilla* Torr., *Hechtia* spp., *Fouquieria splendens* Engelm., *Larrea tridentata* (DC.) Cov., etc., en suelos calizos y a elevaciones que van desde los 190 hasta los 2100 m.

### Clave para la identificación de las especies

- 1 Tubérculos presentes.....**A. caput-medusae**
- 1 Tubérculos ausentes
  - 2 Espinas ausentes
    - 3 Plantas hemisféricas, flores con garganta roja..... **A. asterias**
    - 3 Plantas globosas hasta cilíndricas, flores con garganta amarilla.....**A. myriostigma**
  - 2 Espinas presentes
    - 4 Espinas no diferenciadas en centrales y radiales, aplanadas en corte radial, flexibles, retorcidas.....**A. capricorne**
    - 4 Espinas diferenciadas en centrales y radiales, circulares en corte radial, rígidas y rectas.  
.....**A. ornatum**

***Astrophytum asterias*** (Zucc.) Lem., Cactées 50, 1868.

*Echinocactus asterias* Zucc., Abhandl. Bayer. Akad. Wiss. München 4: 13, 1843

Tallo hemisférico, de hasta 10 cm diámetro. Costillas (7-)8(-9), rectas, poco profundas, anchas y redondeadas; aréolas circulares, 2-4 mm de diámetro, con una distancia entre sí de 0.2-10 mm, con lana blanca a café. Superficie de las costillas cubierta de mechones de tricomas distribuidos en líneas o bandas; tricomas con una superficie semi-lisa. Espinas ausentes. Flor infundibuliforme, de hasta 4 cm de largo en anthesis, con la garganta roja; pericarpelo casi globoso, 0.6-0.9 cm de largo por 0.4-0.7 cm de diámetro; escamas lanceoladas, largamente aristadas, margen ondulado, rojo-anaranjado en la base, amarillo en el ápice y verde claro en el resto, 0.2-0.4 cm de largo, con lana blanca en la base interior; tubo receptacular con escamas similares a las del pericarpelo, pero con el margen basal rojo cambiando hasta amarillo en el ápice, 0.3-0.6 cm de largo; segmentos externos del perianto lanceolados, largamente aristados, margen ondulado, rojo-anaranjado en la base y resto verde amarillo, 1.1-1.6 cm de largo; segmentos internos del perianto lanceoladas, acuminados, margen entero, amarillos con la base roja, 1.4-1.8 cm de largo; filamentos 5-7 mm de largo; anteras 0.8-1 mm de largo; ovario ovado, 3-5 de largo por 2-4 mm de ancho; pistilo 10-14 mm largo; estilo 7-9 mm de largo; estigma lobado, con 6-8 lóbulos de 3-5 mm de largo. Fruto alargado-globoso. Semillas de 2.5-3 mm de largo, 1.9-2.3 mm de ancho; células isodiamétricas poligonales, de 19-30  $\mu\text{m}$  de largo, 23.8-35.7  $\mu\text{m}$  de ancho en la zona del rafe, de 54.7-119  $\mu\text{m}$  de largo, 28.6-78.6  $\mu\text{m}$  de ancho en las inmediaciones del rafe y de 66.6-115  $\mu\text{m}$  de largo, 36.4-78.8  $\mu\text{m}$  de ancho en las inmediaciones hilo-micrópilo, con el margen de las células liso y de tipo S.  $2n=22$ .

**Hábitat y distribución:** Se encuentra distribuida desde el sur de los Estados Unidos, en el condado Starr en Texas (26°30' N - 98°44' W) y extendiéndose por Tamaulipas hasta los 23°1' N - 98°45' W, en matorral tamaulipeco, en un intervalo altitudinal de los 190 m hasta los 700 m (Fig. 19 y 20).

**Nombres comunes:** Falso peyote.

**Conservación:** Actualmente *A. asterias* es la especie más amenazada del género, ya que se localiza como especie en peligro de extinción (P) en la NOM-059-ECOL-2001 y en el Apéndice I del CITES.

**Ejemplares examinados:** ESTADOS UNIDOS: **TEXAS:** CONDADO STARR: Río Grande, *E. Clover* 1867 (MICH); Río Grande, *E. Clover* 14503 (MICH). MÉXICO: **TAMAULIPAS:** MPIO. LLERA: Rancho San Francisco, *J. Martínez-Ávalos* 418 (UAT). MPIO. SAN CARLOS: Ejido Nuevo San Antonio, *H. M. Hernández* 2542 (MEXU); Ejido San Antonio, *J. Martínez-Ávalos* 540 (UAT); Ejido San Antonio, *J. Martínez-Ávalos* 640 (UAT); Ejido San Antonio, *J. Martínez-Ávalos* 654 (UAT); Rancho Nuevo San Antonio, *L. White-Olascoaga* 12 (MEXU); Rancho La Esperanza, *L. White-Olascoaga* 17 (MEXU).

***Astrophytum caput-medusae*** D. Hunt, Cact. Syst. Init. 16:1-5pp, 2003

*Digitostigma caput-medusae* Velazco et Nevárez, Cact. Suc. Mex. 47(4):79 2002.

*Astrophytum caput-medusae* (Velazco et Nevárez) D. Hunt, Cact. Syst. Init. 15:1-7pp, 2003.

Plantas simples, rara vez cespitosas, de hasta 19 cm altura. Raíz fusiforme, carnosa, con raíces secundarias fibrosas, de igual tamaño o poco más corta que la parte aérea. Tallo muy reducido, cortamente cilíndrico. Sin costillas, con aréolas extremadamente alargadas; areolas dimórficas, las espiníferas son terminales, circulares o algo elípticas, con lana blanca, las floríferas ubicadas en la porción adaxial subterminal, separadas de la espinífera, de 18-46 mm con lana blanca, elípticas marcadamente más grandes que las espiníferas; cerdas papiráceas cubriendo el cuello del tallo y su ápice, originándose probablemente de los restos basales de los tubérculos, de color café claro, con tonos rojizos. Tubérculos cilíndricos, algo triangulares cuando jóvenes, de consistencia cartilaginosa, algo suaves, de hasta 19 cm de largo, 2-5 mm de ancho. Epidermis verrucosa, verde glauco, cubierta por mechones de tricomas blancos grisáceos, cubriendo casi la totalidad de la epidermis hacia la base del tubérculo. Espinas 0-4 por aréola, por lo general persistiendo en los tubérculos mas viejos, semirrectas, algo duras, blanquecinas en la base con la punta café oscuro, 1-3 mm de largo. Flor infundibuliforme, de hasta 5.3 cm de diámetro y 4.7 cm de largo en anthesis, con la garganta naranja; pericarpelo de 1.9 cm de alto, cubierto de escamas lanceoladas, abundante lana blanca, casi ocultando la epidermis; tubo receptacular angosto, con escamas similares a las del pericarpelo, de hasta 1.1 cm de largo; segmentos externos del perianto oblanceolados, margen liso, base naranja intenso, amarillo claro en los márgenes, verde claro hacia el centro y con una línea café claro en el centro, de hasta 1.9 cm de largo; segmentos internos del perianto oblongos, mucronados, margen finamente aserrado, amarillo intenso con la base naranja intenso, de hasta 2.4 cm de largo; estambres de 10 a 12 mm de largo; estilo de 18 mm de largo; estigma lobado, con 5 lóbulos de 5 mm de largo. Fruto ovoide, de hasta 2 cm de largo y 8 mm de ancho. Semillas de hasta 3 mm de largo por 2.5 a 3 mm de alto y 2 mm de ancho.

**Hábitat y distribución:** Nuevo León en matorral espinoso tamaulipeco. La localidad precisa de esta especie no ha sido revelada por sus descubridores para protegerla de colectores sin escrúpulos.

**Discusión:** *Astrophytum caput-medusae* es la última especie de este género en ser descrita; a diferencia de las otras especies, ésta carece de costillas y posee un tallo cortamente cilíndrico; sin embargo, cuenta con las características diagnósticas del género (presencia de mechones de tricomas en la superficie del tallo, flores con escamas, semillas en forma de gorro, etc.).

***Astrophytum capricorne*** (A. Dietr.) Britton et Rose, Cactaceae 3: 184, 1922.

*Echinocactus capricornis* A. Dietr., Allg. Gartenz. 19: 274, 1851.

*Echinocactus capricornis minus* Ruenge et Quehl, Monats. Kakt. 2:82, 1892.

*Astrophytum senile* Frič, Ceskolov. Zahraduickish Listu 129, 1923.

*Echinocactus capricornis* A. Dietr. var. *minor* Ruenge et Quehl ex H. Möller, Zeits. Sukk. 2(8):128, 1925.

*Echinocactus capricornis* A. Dietr. var. *senilis* Frič, ex H. Möller; Zeits. Sukk. 2(8):128, 1925.

*Echinocactus capricornis* A. Dietr. var. *aureus* H. Möller; Zeits. Sukk. 2(8):128, 1925.

*Echinocactus capricornis* A. Dietr. var. *crassispinus* H. Möller; Zeits. Sukk. 2(8):128, 1925.

*Maireocactus capricornis* (A. Dietr.) Rostk, Zeits. Sukk. 2(8):138, 1925.

*Echinocactus capricornis niveus* K. Kayser, Kakteenk. 32, 1933.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose var. *niveum* (K. Kayser) Y. Okumura, Syaboten 4: 174, 1933.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose var. *aureum* (H. Möller) Y. Okumura, Syaboten 4: 175, 1933.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose var. *crassispinus* (H. Möller) Y. Okumura, Syaboten 4: 175, 1933.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose var. *minus* (Ruenge et Quehl) Y. Okumura, Syaboten 4: 175, 1933.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose var. *senile* (Frič) Y. Okumura, Syaboten 4: 175, 1933.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose forma *minus* (Ruenge et Quehl) Y. Okumura, Syaboten 5: 11, 1934.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose var. *crassispinus* (H. Möller) Y. Okumura, forma mayor (H. Möller ex Y. Okumura) Y. Okumura, Syaboten 5:11-15, 1934.

*Astrophytum senile* Frič var. *aureum* (H. Möller) Backeberg, Blatt. Kakt. 2, 1937.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose var. *niveum* Hort ex Borg, Cacti, 1937.

*Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton et Rose var. *majus* H. Möller ex Borg, Cacti, 3a ed; 310, 1951.

*Astrophytum crassispinus* (H. Möller) W. Haage et Sadovsky; Kakt. Sukk. 8: 137, 1957.

*Astrophytum niveum* (Kayser) W. Haage et Sadovsky; Kakt. Sukk. 8: 137, 1958.

Tallo globoso a cilíndrico, de hasta 20 cm altura. Costillas 8, rectas o algo espiraladas, pronunciadas, con surcos bien marcados; aréolas circulares, 4-11 mm de diámetro, con una distantes entre de sí 9-20 mm, con lana blanca a castaña. Superficie de las costillas densamente cubierta con mechones de tricomas; tricomas con perforaciones elongadas, dando la apariencia de una madeja. Espinas no diferenciadas en radiales y centrales; desde 7 hasta 15, relativamente suaves, torcidas o recurvadas, de diferente longitud en una misma aréola, aplanadas en corte radial, de 1.2-7.0 cm largo, de color rojizo, café o gris. Flor infundibuliforme, de hasta 7 cm de largo en anthesis, con la garganta roja; pericarpelo globoso, 1-1.4 cm de largo por 0.9-1.3 cm de diámetro; escamas lanceoladas, con una costa media, acuminadas, margen

fimbriado, a excepción de la parte basal que es entero, amarillos, 0.5-0.8 cm de largo, con lana blanca en la base interior, área apical claramente diferenciada; tubo receptacular con escamas similares a las del pericarpelo, pero de color café oscuro en la base, café claro en la parte media y amarillos en el ápice, 0.7-1 cm de largo; segmentos externos del perianto lanceolados, acuminados, margen entero, a excepción de la parte apical que es fimbriada, rojo-anaranjado en la base y amarillos en el resto con la vena media más oscura, 1.2-1.7 cm de largo, área apical claramente diferenciada, café-rojiza o café oscura, con la costa media prominente; segmentos internos del perianto lanceolados, acuminados, margen entero, amarillos con la base roja, 2.2-2.7 cm de largo; filamentos 5-10 mm de largo; anteras 1-3 mm de largo; ovario ovado, 4-7 mm de largo por 2-5 mm de ancho; pistilo 13-17 mm largo; estilo 10-12 mm de largo; estigma lobado, con 5-9 lóbulos de 3-5 mm de largo. Fruto globoso, 3.5-4.5 cm largo, por 0.9-1.5 cm ancho, dehiscencia apical. Semillas de 2.6-3.2 mm de largo, 1.8-2.4 mm de ancho; células isodiamétricas poligonales, de 30-42.8  $\mu\text{m}$  de largo, 9.3-15  $\mu\text{m}$  de ancho en zona del rafe, de 32.1-50  $\mu\text{m}$  de largo, 46.4-67.8  $\mu\text{m}$  de ancho en las inmediaciones del rafe y 107.1-192.8  $\mu\text{m}$  de largo, 65.3-107.1  $\mu\text{m}$  de ancho en las inmediaciones hilo-micrópilo, con el margen de las células liso y de tipo S.  $2n = 22$ .

**Hábitat y distribución:** *Astrophytum capricorne* se localiza en dos núcleos poblacionales bien definidos, aparentemente disyuntos. El primero es una franja bien marcada que corre al sur de Coahuila, específicamente al norte de la Sierra de Parras, extendiéndose desde el municipio de Viesca (25°37' N -102°34' W) hasta la parte centro-oeste de Nuevo León, en el municipio de García (25°85' N y 100°43' W), mientras que el segundo se localiza en la región de Cuatro Ciénegas (26°30' - 26°57' lat. N / 102°26' - 102°13' long. W). Esta especie se registra desde los 650 hasta los 1700 m, en lomas y suelos calizos, en matorrales rosetófilos principalmente (Fig. 19 y 20).

**Discusión:** *Astrophytum capricorne* es una de las especies del género que posee espinas; sin embargo, una característica de esta especie es que éstas están retorcidas o recurvadas, a diferencia de *A. ornatum* donde las espinas son rectas.

**Ejemplares examinados:** COAHUILA: MPIO. CUATRO CIÉNEGAS: Cuatro Ciénegas, *D. J. Pinkava* 3997 (ASU); Cuatro Ciénegas, *C. Gómez Hinostrosa* 1907 (MEXU). MPIO. GENERAL CEPEDA: General Cepeda, *H. Bravo Hollis* SN10 (MEXU); Las Cuatas, *C. Gómez Hinostrosa* 2268 (MEXU); General Cepeda, *H. M. Hernández*, 2100 (MEXU); Hipólito, *H. M. Hernández*, 2249 MEXU); Ejido Nuevo Yucatán *J. Elizondo* 294 (ANSM); Presa El Tulillo, *J. Villarreal* 2131 (ANSM); Sierra de La Paila, *J. Villarreal* 5648 (ANSM); General Cepeda, *L. White-Olascoaga* 7 (MEXU); General Cepeda, *L. White-Olascoaga* 8 (MEXU). MPIO. PARRAS: Ejido El Durazno, *C. Gómez Hinostrosa* 1749 (MEXU); Viesca, *C. Gómez Hinostrosa* 1822 (MEXU); Parras, *H. M. Hernández* 2117 (MEXU); Santa Lucía, *H. M. Hernández* 2125 (MEXU). MPIO. RAMOS ARIZPE: Ramos Arizpe, *H. M. Hernández* 2320 (MEXU); Ejido El Capricho, *M. Reyna* SN (ANSM); Ramos Arizpe, *J. Wehbe* 112 (ANSM). MPIO SALTILLO: Saltillo, *H. M. Hernández* 2095 (MEXU); Saltillo, *Edward Palmer* 517 (MO, GH, NY, F, US); La Contra, *B. Velázquez* s/n (ANSM); MPIO VIESCA: Ejido del Sol, *H. M. Hernández* 2290 (MEXU).

***Astrophytum myriostigma* Lem., Cact. Gen. Nov. Sp. 4, 1839.**

*Cereus callicoche* Galeotti ex Scheidw., Bull. Acad. Sci. Brux. 88, 1839.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *depressa* Lawr., 1841.

*Echinocactus myriostigma* Salm-Dyck, Hort. Dyck. 22, 1845.

*Astrophytum prismaticum* Lem., Cactées 50, 1868.

*Echinocactus myriostigma columnaris* K. Schum., Gesamtb. Kakt. 321, 1898.

*Echinocactus myriostigma* Salm-Dyck var. *nuda* R. Meyer, Monats. Kakt. 22(9):136 1912.

*Echinocactus myriostigma* Salm-Dyck subsp. *potosina* H. Möller, Zeits. Sukk. 54, 1927.

*Echinocactus myriostigma* Salm-Dyck subsp. *potosina* H. Möller var. *columnaris* (K. Schum.) H. Möller., Zeits. Sukk. 54,1927.

*Echinocactus myriostigma* Salm-Dyck subsp. *potosina* H. Möller var. *nudis* (Salm-Dyck) H. Möller Zeits. Sukk. 54,1927.

*Echinocactus myriostigma* Salm-Dyck subsp. *coahuilensis* H. Möller Zeits. Sukk. 54,1927.

*Echinocactus myriostigma* Salm-Dyck subsp. *quadricostatum* H. Möller. Zeits. Sukk. 54,1927.

*Echinocactus myriostigma* Salm-Dyck subsp. *potosina* var. *nudus* Hort ex A. Berger, Kakteen 232,1929.

*Astrophytum coahuilensis* (H. Möller.) Kayser, Kakteenentr. 58, 1932.

*Astrophytum myriostigma* Lem. subsp. *tulense* Kays., Kakteenfr.58,1932.

*Astrophytum myriostigma* Lem. subsp. *coahuilensis* (H. Möller.) Y. Okumura, Syaboten. 4:195, 1933.

*Astrophytum myriostigma* Lem. subsp. *potosinum* (H. Möller) Y. Okumura, Syaboten. 4:195, 1933.

*Astrophytum myriostigma* Lem. subsp. *potosinum* (H. Möller) Y. Okumura, forma *tulense* Hort. ex. Y. Okumura Syaboten. 4:195, 1933.

*Astrophytum myriostigma* Lem. subsp. *potosinum* (H. Möller) Y. Okumura, var. *nudum* Hort. ex. Y. Okumura Syaboten. 4:195, 1933.

*Astrophytum myriostigma* Lem. subsp. *cuadricostatum* (H. Möller) Y. Okumura, Syaboten 4:195, 1933.

*Astrophytum myriostigma* Lem. subsp. *potosinum* (H. Möller) Y. Okumura, var. *columnare* Hort. ex. Okum., Syaboten. 4:195, 1933.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *cuadricostatum* (H. Möller) Bauml, Kakteenk. 205 933.

*Astrophytum myriostigma* Lem. forma *coahuilensis* (H. Möller) Tsuda, Cult. Cact 1933.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *columnare* (Schum.) Tsuda, Cult.Cact 1934.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *potosinum* (H. Möller) Kreuzinger, Verzeichnis 20, 1935.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *potosinum* (H. Möller) Kreuz. forma *columnare* Hort. ex Borg, Cacti 1937.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *nudum* (R. Meyer.) Megata, Mem. Coll. Agr. Kyoto Imp. Univ. 56:43, 1944.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *coahuilensis* (H. Möller) Borg, Cacti, 3a. ed., 310, 1951.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *tulense* (Kays.) Borg, Cacti, 3a. ed., 310 1951.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *myriostigma* subvar. *glabrum* Backeb., Cactaceae.5: 2656,1961.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *myriostigma* subvar. *tulense* (Kays.) Backeb. Cactaceae.5: 2660,1961.

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *strogilogonum* Backeb., Cactaceae 5: 2661,1961

*Astrophytum myriostigma* Lem. var. *strogilogonum* subvar. *nudum* (R. Meyer) Backeb., Cactaceae.5: 2662,1961.

*Astrophytum columnare* (K. Schum.) Sadovsky et Schütz, *Astrophytum* 159, 1979.

*Astrophytum tulense* (Kays.) Sad. et Schütz, *Astrophytum* 159, 1979.

Tallo globoso a cilíndrico, de hasta 60 cm altura. Costillas (3-)4-6(-9), rectas, pronunciadas, con surcos bien macados; aréolas circulares, 2-5 mm de diámetro, con una distancia entre sí de 2-22 mm, con lana blanca, tornándose gris con la edad. Superficie de las costillas cubierta completamente con mechones de tricomas, a veces glabra; tricomas con perforaciones circulares u ovals. Espinas ausentes, salvo en la etapa de plántula. Flor campanulada, de hasta 6 cm de largo en anthesis, con la garganta amarilla; pericarpelo globoso, 0.8-1.1 cm de largo por 0.5-1 cm de diámetro; escamas lanceoladas, rígidas, con una costa media, acuminadas, margen fimbriado, amarillas en la base, café rojizo en el ápice y café oscuro o rojizo en el resto, en ocasiones completamente blancas en la base del pericarpelo, 0.3-0.6 cm de largo, con lana blanca en la base interior; tubo receptacular con escamas similares a las del pericarpelo, 0.5-0.8 cm de largo; segmentos externos del perianto lanceolados, acuminados, margen entero, a excepción de la parte apical que es fimbriada, amarillos, con la vena media más oscura, 1.6-2.5 cm de largo, área apical claramente diferenciada, rígida, café rojiza o café oscura, con la costa media prominente; segmentos internos del perianto lanceolados, acuminados, margen entero, amarillos, 2.8-3.5 cm de largo; filamentos 5-8 mm de largo; anteras 1-3 mm de largo; ovario ovado, 4-6 mm de largo por 2-5 mm de ancho; pistilo 12-16 mm largo; estilo 9-11 mm de largo; estigma lobado, con 7 lóbulos de 3-5 mm de largo. Fruto globoso, 19-23 mm de largo, 7-13 mm de ancho, dehiscencia apical. Semillas de 2.7-3.2 mm de largo, 1.8-2.3 mm de ancho; células isodiamétricas poligonales y tetragonales y células elongadas-tetragonales y poligonales, de 33.6-64.3  $\mu\text{m}$  de largo, 17.1-39.3  $\mu\text{m}$  de ancho en zona del rafe, de 45-75  $\mu\text{m}$  de largo, 25-38.6  $\mu\text{m}$  de ancho en las inmediaciones del rafe y 78.1-128.1  $\mu\text{m}$  de largo, 46.9-62.5  $\mu\text{m}$  de ancho en las inmediaciones hilo-micrópilo, con el margen de las células liso y de tipo S.  $2n=22$ .

**Hábitat y distribución:** *Astrophytum myriostigma* posee una distribución geográfica más amplia que las otras especies, pero con una fuerte discontinuidad. En primer lugar, se le conoce de dos localidades ubicadas en el sur de Coahuila: Cerro Bola (25°34' N - 102°43' W) y Viesca.

Por otra parte, existe en una amplia región representada por varias localidades desde la parte sur de Nuevo León, particularmente en Doctor Arroyo (23°12' N - 100° 22' W) y Mier y Noriega (23°15' N - 100° 7' W), colindando con Tamaulipas, especialmente en Miquihuana, Jaumave, Bustamante y Tula (desde 23°16 N; 100°6' W hasta 23°4' N; 100°4' W), hasta San Luis Potosí, en Matehuala, Guadalcázar, Villa Juárez, y Río Verde, (desde 22°12' N; 99°53' W hasta 23° 15' N; 100°29' W). Esta especie se registra desde los 710 hasta los 1900 m, en suelos calcáreos, en diversos tipos de matorrales xerófilos (Fig. 19 y 20).

**Nombre común:** Birrete de obispo, mitra.

**Conservación:** Esta cactácea posee una gran belleza, lo que la ha situado como una de las preferidas por los coleccionistas nacionales e internacionales, motivo por el cual ha sido objeto de colectas excesivas que la han colocado como una especie amenazada. Consecuentemente, innumerables investigadores se han dado a la tarea de realizar estudios encaminados a su conservación y estudio, tales como técnicas de micropropagación con cultivo de tejidos, germinación de semillas mediante condiciones controladas y reproducción en invernadero, entre otras (Anaya, 1986 y Jiménez *et al.*, 2001).

**Discusión:** *Astrophytum myriostigma* es muy variable en su morfología, lo que ha ocasionado que históricamente diversos autores hayan considerado describir numerosas subespecies, variedades, subvariedades o formas, creando una gran confusión taxonómica.

**Ejemplares examinados:** **COAHUILA:** MPIO. VIESCA: Cerro Bola, *H. M. Hernández* 2282 (MEXU); Viesca, *H. M. Hernández* 2298 (MEXU). **NUEVO LEÓN:** MPIO. DR. ARROYO: Las Catorce, *C. Gómez Hinostrosa* 320 (MEXU). Cerro el Granizo, *C. Gómez Hinostrosa* 936 (MEXU). MPIO MIER Y NORIEGA: San Isidro, *C. Gómez Hinostrosa* 1635 (MEXU); San Isidro, *C. Gómez Hinostrosa* 1709 (MEXU). **TAMAULIPAS:** MPIO BUSTAMANTE: San José de la Flores, *C. Gómez Hinostrosa* 605 (MEXU); San José de la Flores, *C. Gómez Hinostrosa* 628 (MEXU); Mier y Noriega, *C. Gómez Hinostrosa* 1649 (MEXU); Lázaro Cárdenas, *C. Gómez Hinostrosa* 540A (MEXU). MPIO. JAUMAVE: San Antonio, *H. M. Hernández* 2039 (MEXU); San Antonio, *Martínez-Ávalos J.* 63 (UAT); San Antonio, *Martínez-Ávalos J.* 70 (UAT); Los Ebanos, Castillo, *White-Olascoaga* 22 (MEXU); Ejido Conrado Castillo, *White-Olascoaga* 23 (MEXU);

Ejido Conrado Castillo, *White-Olascoaga* 24 (MEXU). MPIO. MIQUIHUANA: *Miquihuana*, B. *Goettsch Cabello* 350(MEXU); Miquihuana, *Martínez- Ávalos J.* 12 (UAT). MPIO. TULA: La Joya, C. *Gómez Hinostrosa* 1292 (MEXU); Presa de Guadalupe, C. *Gómez Hinostrosa* 1585 (MEXU); Lázaro Cárdenas, H. M. *Hernández* 2649 (MEXU); Lázaro Cárdenas, H. M. *Hernández* 3221 (MEXU); Gasmones, *Martínez- Ávalos J.* 497 (UAT); E. Vázquez G., *Martínez- Ávalos J.* 98 (UAT); Mamaléon, *Martínez- Ávalos J.* 129 (UAT). **SAN LUIS POTOSI:** MPIO. CERRITOS: El Granjenal, R. T. *Bárceñas* 1359 (MEXU); Cerritos, C. *Gómez Hinostrosa* 406 (MEXU); El Derramaderos, C. *Gómez Hinostrosa* 700 (MEXU); Cerritos, H. M. *Hernández* 2344 (MEXU); Cerritos, H. M. *Hernández* 2805 (MEXU); Cerritos L. *White-Olascoaga* 3 (MEXU). MPIO GUADALCÁZAR: Estación Microondas Núñez, V. *Alvarado* 22 (MEXU); El Huizache, R. T. *Bárceñas* 1004 (MEXU); Santa Rita, R. T. *Bárceñas* 1032 (MEXU); Santa Rita, R. T. *Bárceñas* 1059 (MEXU); Las Negritas, *Rolando R. T. Bárceñas* 1071 (MEXU); El Progreso, R. T. *Bárceñas* 1094 (MEXU); El Quelital, R. T. *Bárceñas* 1121 (MEXU); Buena Vista, R. T. *Bárceñas* 1129 (MEXU); Los Anteojos, R. T. *Bárceñas*, 1172 (MEXU); Rancho Nuevo, R. T. *Bárceñas* 1198 (MEXU); Rancho Nuevo, R. T. *Bárceñas* 1341 (MEXU); El Granjenal, R. T. *Bárceñas* 1401 (MEXU); Sartenejo, R. T. *Bárceñas* 1374A (MEXU); Naranjito, C. *Gómez Hinostrosa* 97 (MEXU); El Juajal, C. *Gómez Hinostrosa* 474 (MEXU); El Juajal, C. *Gómez Hinostrosa* 807 (MEXU); Puerto de Clavellinas, C. *Gómez Hinostrosa* 493 (MEXU); Puerto Clavellinas, C. *Gómez Hinostrosa* 5718 (MEXU); San Isidro, C. *Gómez Hinostrosa* 567 (MEXU); El Milagro, C. *Gómez Hinostrosa* 677 (MEXU); San José de Cervantes, C. *Gómez Hinostrosa* 689 (MEXU); Pozo de Acuña, C. *Gómez Hinostrosa* 714 (MEXU); Guadalcázar, C. *Gómez Hinostrosa* 712 (MEXU); El Realejo, C. *Gómez Hinostrosa* 732 (MEXU); Santa Rita de Roció, C. *Gómez Hinostrosa* 790 (MEXU); Entronque El Huizache, C. *Gómez Hinostrosa* 1139 (MEXU); La Yerbabuena, C. *Gómez Hinostrosa* 1176 (MEXU); El Progreso, C. *Gómez Hinostrosa* 1181 (MEXU); Tanque Blanco, C. *Gómez Hinostrosa* 1202 (MEXU); Norias de Conde, C. *Gómez Hinostrosa* 1361 (MEXU); Norias de Conde, C. *Gómez Hinostrosa* 1387 (MEXU); El Milagro de Guadalupe, C. *Gómez Hinostrosa* 1421 (MEXU); El Milagro, C. *Gómez Hinostrosa* 1460 (MEXU); San Antonio de Trojes, C. *Gómez Hinostrosa* 1501 (MEXU); Santo Domingo, C. *Gómez Hinostrosa* 1594 (MEXU); Las Negritas, C. *Gómez Hinostrosa* 1147 (MEXU); Las Negritas, C. *Gómez Hinostrosa* 1518 (MEXU); Santa Rita, H. M. *Hernández* 1542 (MEXU); Rancho Nuevo, H. M. *Hernández* 2980 (MEXU); Entronque El Huizache, H. M.

*Hernández* 2959 (MEXU); Santo Domingo, *H. M. Hernández* 3079 (MEXU); Guadalcázar *H. M. Hernández* 2683 (MEXU); Guadalcázar *H. M. Hernández* 2876 (MEXU); Núñez, *H. M. Hernández* 1609 (MEXU); Predio La Pedrera, *H. M. Hernández* 2632 (MEXU); Pozas de Santa Ana, *H. M. Hernández* 2728 (MEXU); Los Amoles, *H. M. Hernández* 2746 (MEXU); Los Amoles, *H. M. Hernández* 2752 (MEXU); La Hincada, *H. M. Hernández* 2776 (MEXU); La Hincada, *H. M. Hernández* 3014 (MEXU); Hincada, *H. M. Hernández* 3055 (MEXU); Hincada, *H. M. Hernández* 3174 (MEXU); Pozo de Acuña, *H. M. Hernández* 2862 (MEXU); La Altura, *H. M. Hernández* 2894 (MEXU); El Quelital, *H. M. Hernández* 2922 (MEXU); Buenavista, *H. M. Hernández* 3032 (MEXU); San Diego, *H. M. Hernández* 3149 (MEXU); El Cardón, *H. M. Hernández* 3217 (MEXU); San José de las Flores, *H. M. Hernández* 3258 (MEXU); Los Fustes, *H. M. Hernández* 3301 (MEXU); Guadalcázar, *Hernández R. D21, 244* (SLPM); Núñez, *J. Rzedowski* 5614 (ENCB); Cerro Calvo, *R. Torres Colín* 14727 (MEXU); El Milagro de Guadalupe, *R. Torres Colín* 14827 (MEXU); Santa Rita, *Rafael Torres Colín* 15071 (MEXU). MPIO VILLA JUÁREZ: Puerta Del Río, *H. M. Hernández* 2554 (MEXU).

***Astrophytum ornatum* (DC.) F.A.C. Weber ex Britton et Rose, Cactaceae 3: 185, 1922.**

*Echinocactus ornatus* DC., Mém. Mus. Hist. Nat. Paris, 17: 144, 1828.

*Echinocactus mirbelii* Lem., Cact. Aliq. Nov. 22, 1838.

*Echinocactus holopterus* Miq., Linnaea 12: 2, 1838.

*Echinocactus tortus* Scheidw. Bull. Acad. Sci. Brux. 5:493, 1838.

*Echinofossulocactus mirbelii* Lawr. Loudon Gard. Mag. 17:318, 1841.

*Echinocactus ghiesbreghtii* Salm-Dyck, Allgemeine Gartenzeitung 18:395, 1850.

*Echinocactus ornatus mirbelii* Croucher, Gard. Chron. 1873: 983, 1873.

*Echinocactus haageanus* Rüempler ex Foerster, Handb. Cact. 2a.ed; 469, 1886.

*Astrophytum ornatum* (DC.) F.A.C. Web.; manuscrito, ca. 1895.

*Astrophytum glabrescens* F.A.C. Web.; manuscrito, ca. 1895.

*Echinocactus ornatus glabrescens* K. Schum., Gesamtb. Kakt. 324, 1898.

*Echinocactus ornatus* DC. var. *kochii* F. Cels ex Y. Okumura, Syaboten 4:216, 1933

*Astrophytum ornatum* var. *glabrescens* (F.A.C. Web.) Y. Okumura; Syaboten 4:216, 1933.

*Astrophytum ornatum* var. *mirbelii* (Lem.) Y. Okumura; Syaboten 4: 216, 1933.

*Astrophytum ornatum* (DC.) F.A.C. Web. var. *ornatum* subvar. *glabrescens* (F.A.C. Web.) Backeb., Cactaceae 5: 2664, 1961.

Tallo globoso a cilíndrico, de hasta 80 cm altura. Costillas 8, rectas o algo espiraladas con el tiempo, pronunciadas, con surcos bien marcados; aréolas circulares, 5-13 mm de diámetro, con una distancia entre sí de 3-25 mm, con lana blanca, tornándose gris con la edad. Superficie de las costillas cubierta con mechones de tricomas distribuidos en líneas o bandas, cubriendo toda la planta o colocados al azar, a veces glabras; tricomas con perforaciones ovales y lineares. Espinas diferenciadas en radiales y centrales; las radiales 4-8, aciculares, gruesas, rígidas, rectas, con la base ensanchada, ligeramente aplanadas lateralmente, elípticas en corte radial, con la superficie débilmente anillada, 2-6.2 cm largo, amarillas cuando jóvenes, tornándose café a gris con el tiempo; espina central una, parecida a las radiales, pero algo más gruesa y larga, 3.4-6.6 cm largo, del mismo color que las radiales. Flor infundibuliforme, de hasta 9 cm de largo en anthesis, con la garganta amarilla; pericarpelo globoso, 1.1-1.7 cm de largo por 1.2-1.1 cm de diámetro; escamas lanceoladas, rígidas, con una costa media, acuminadas, margen fimbriado, café-anaranjado en la base, amarillo en el ápice y castaño en el resto, 0.5-1.1 cm de largo, con lana blanca en la base interior; tubo receptacular con escamas similares a las del pericarpelo, pero de color café-rojizo o café

oscuro, con la base y el ápice más claros, hasta amarillos, 0.7-1.2 cm de largo; segmentos externos del perianto lanceolados, acuminados, margen entero, a excepción de la parte apical que es fimbriada, amarillos, con la vena media más oscura, 2.3-2.8 cm de largo, área apical claramente diferenciada, rígida, café-rojiza o café oscura, con la costa media prominente; segmentos internos del perianto lanceolados, acuminados, margen entero, amarillos, 3-3.8 cm de largo; filamentos 6-1.2 mm de largo; anteras 2-4 mm de largo; ovario ovado, 6-8 mm de largo por 4-5 mm de ancho; pistilo 26-34 mm largo; estilo 20-26 mm de largo; estigma lobado, con 7-11 lóbulos de 6-8 mm de largo. Fruto globoso, 15-18 mm de largo, por 9-12 mm de ancho, dehiscencia apical. Semillas de 2.6-3.2 mm de largo, 1.8-2.4 mm de ancho; células tetragonales, elongado-tetragonales y poligonales, de 28.6-39.3  $\mu\text{m}$  de largo, 14.3-39.3  $\mu\text{m}$  de ancho en zona del rafe, de 53.6-70.1  $\mu\text{m}$  de largo, 42.8-53.6  $\mu\text{m}$  de ancho en las inmediaciones del rafe y 40-93.7  $\mu\text{m}$  de largo, 37.1-77.1  $\mu\text{m}$  de ancho en las inmediaciones hilo-micrópilo, con el margen de las células liso y de tipo S.  $2n = 22$ .

**Hábitat y distribución:** Se encuentra localizada en la subregión meridional del Desierto Chihuahuense (Hernández y Gómez-Hinostrosa, 2005). Se distribuye desde la porción centro-este de Hidalgo en Metztitán (20° 28' N - 98°40' W) hasta la parte sur de San Luis Potosí, en los municipios de Santa María del Río y Río Verde y 21°37' N - 100°7' W ). Esta especie se registra desde los 850 hasta los 2100 m, en suelos calcáreos con matorrales xerófilos (Fig. 19 y 20).

**Nombres comunes:** Biznaga o visnagueta.

**Conservación:**

Como se indicó con anterioridad, *A. ornatum* es una especie endémica de México (Fig. 19), la cual se encuentra bajo protección de las leyes nacionales e internacionales. Actualmente, esta especie, al igual que *A. myriostigma*, *A. carpicorne* y muchas especies de cactáceas, están siendo reproducida en invernaderos y vendida en diferentes espacios comerciales, esto debido a la fascinación que ejercen estas plantas en la población.

**Ejemplares examinados:** GUANAJUATO: MPIO. SAN LUIS DE LA PAZ: La Teresa, *R. T. Bárcenas* 700 (MEXU); La Teresa, *C. Gómez Hinostrosa* 458 (MEXU); El Realito, *R. T.*

*Bárcenas* 735 (MEXU). MPIO. VICTORIA: Cañada de Moreno, *R. T. Bárcenas* 471 (MEXU); Cañada de Moreno, *R. T. Bárcenas* 486 (MEXU); Cañada de Moreno, *R. T. Bárcenas* 495 (MEXU); Álamos de Martínez, *R. T. Bárcenas* 739 (MEXU); Álamos de Martínez, *R. T. Bárcenas* 495 (MEXU). MPIO. XICHÚ: La Presa, *S. Arias*, 719 (MEXU); La Presa, *R. T. Bárcenas* 056 (MEXU); El Guamúchil, *R. T. Bárcenas* 921 (MEXU); Xichú, *R. T. Bárcenas* 1265 (MEXU); Xichú, *R. T. Bárcenas* 1491 (MEXU). **HIDALGO**: MPIO. MEZQUITILÁN: Venados, *S. Arias* 271, (MEXU); Cerro del Tecolote, *E. Guízar Nolzaco* 5330 (MEXU y CHAPA); Meztitlán, *H. E. Moore* 2149 (UC). **QUERÉTARO**: MPIO. CADEREYTA DE MONTES: *C. Altamirano* 10286 ROS (US); Higuierillas, *C. Altamirano ROSE* 1028 (US); Higuierillas, *J. N. Rose* 9764 (NY); Rancho Nuevo, *M. Gómez* 543 (IEB); Vizarrón, *H. M. Hernández* 1525 y 2436 (MEXU); Cañón del Río Moctezuma, *H. M. Hernández* 2451 (MEXU); Vista Hermosa, *L. Scheinvar* 2369 (MEXU). MPIO PEÑAMILLER: Camargo, *S. Arias* 721 (MEXU); Motoshi, *S. Arias* 251 (MEXU); Santa Catarina, *R. T. Bárcenas* 289 (MEXU); Peñamiller, *L. Scheinvar* 4143 (MEXU). MPIO DE PINAL DE AMOLES: Misión de Bucareli, *H. M. Hernández* 3547 (MEXU). MPIO DE TOLIMAN: Higuierillas, *C. Orozco* 3753 (MEXU); Higuierillas, *L. White-Olascoaga* 9 (MEXU). **SAN LUIS POTOSÍ**: MPIO. RÍO VERDE: Álamos de Martínez, *R. T. Bárcenas* 504 (MEXU). MPIO. SANTA MARÍA DEL RÍO: Álamos de Martínez, *R. T. Bárcenas* 845 (MEXU).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente estudio se analizaron caracteres morfológicos de las cinco especies que conforman el género *Astrophytum*: *A. asterias*, *A. capricorne*, *A. caput-medusae*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*. Aunque varios autores (Benson, 1982) han sugerido afinidades de este género con *Echinocactus*, diversos rasgos confirman que *Astrophytum* debe de continuar siendo considerado una entidad taxonómica separada (Megata, 1944; Buxbaum 1951, 1958; Hutchinson, 1964; Bravo-Hollis, 1978; Backeberg, 1958-62; IOS, 1990; Barthlott y Hunt, 1993; Wallace, 1995; Cota y Wallace, 1996).

Con respecto a las primeras etapas del desarrollo en las plántulas de *Astrophytum*, éstas presentaron características muy similares entre sí, así como con *Echinocactus* (Bernard, 1967), habiendo diferencias entre las especies hasta que las costillas, areolas, espinas y tricomas se van diferenciando. Sin embargo, se observó que las especies de *Astrophytum* tienen una germinación Tipo 6, lo cual las diferencia de *Echinocactus*, del que se ha reportado una germinación Tipo 3 (Bregman y Bouman, 1983). Una característica en los estudios de Bernard, (1967) y Meyrán, (1956) es que en ningún momento señalaron la aparición de los tricomas. Esto se debió posiblemente a que no se observaron las plántulas en etapas más avanzadas.

La epidermis, de *A. asterias* presentó células alargadas-tetraonales y paredes anticlinales rectas de márgenes lisos; las paredes periclinales fueron convexas y carecieron de microrrelieve, mientras que en *A. capricorne*, *A. myriostigma* y *A. ornatum* se observó una mezcla de células isodiamétricas-tetraonales e isodiamétricas-poligonales, con paredes anticlinales de tipo S y márgenes lisos, con paredes periclinales convexas y la presencia en cada célula de una papila central; en estos casos no pudiendo diferenciar claramente entre estas tres especies. Con respecto a *Echinocactus* no se pudo contar con datos sobre la estructura celular de la epidermis. Para el caso de los estomas se confirma lo establecido por Egli (1984), en cuanto a que todas las especies de familia Cactaceae poseen estomas paralelocíticos contando en ocasiones con una papila en las células oclusivas

La presencia de tricomas en el tallo de *Astrophytum* es un carácter genérico diagnóstico muy importante. De acuerdo con las observaciones hechas en este trabajo, los tricomas están constituidos en mechones de color blanco, organizados en rosetas y pueden estar distribuidos siguiendo diferentes patrones en la superficie del tallo, presentándose en ocasiones variantes dentro de una misma especie. Además de que la presencia de los mechones de tricomas es un carácter único en el género, sus caracteres micro-morfológicos resultaron ser útiles para diferenciar a las especies. En *A. asterias* la superficie de los tricomas es semi-lisa, mientras que los de *A. capricorne* poseen perforaciones grandes y alargadas, dando la apariencia de una madeja; *A. myriostigma*, exhibió perforaciones pequeñas circulares y ovales, mientras que en *A. ornatum* fueron grandes y generalmente de ovales a alargadas.

Las semillas del género son de forma de "sombrero", de un tamaño relativamente grande, de color negro, con la testa lustrosa y con el borde extendido alrededor del hilo, el cual también es grande comparándolo con el de las semillas de otros géneros, oval o elíptico, está en posición basal y con un micrópilo disyunto. Las semillas de las especies de *Echinocactus* son diferentes, pues son más chicas, de formas que van de suborbiculares en *E. horizonthalonius* a reniformes en *E. texansis* y con el hilo basal o lateral (Elizondo *et al.*, 1994). Por otra parte las semillas de *Astrophytum* presentaron en sus diferentes partes células isodiamétricas y tetragonales, con márgenes de las paredes lisos o acanalados de tipo S, básicamente semejantes a *Echinocactus* (Elizondo *et al.*, 1994), así como variación de tamaño en las diferentes regiones, presentándose las células mas pequeñas en la porción del rafe y las células más grandes en la inmediación hilo-micrópilo.

En lo que respecta al número cromosómico, este ha sido ampliamente estudiado en cuatro de las especies del género siendo  $2n=22$ . En el presente trabajo únicamente se confirmó el de *A. capricorne* y no se pudo obtener el de *A. caput-medusae* por no contar con material; sin embargo, sería preciso hacer los estudios citológicos pertinente de esta especie.

El género *Astrophytum* se distribuye en el Desierto Chihuahuense, desde el sureste de Texas, hasta la porción centro-este del estado de Hidalgo, en matorrales xerófilos, particularmente de tipo rosetófilo y micrófilo, a una altitud que va desde los 100 m en *A. caput-*

*medusae* hasta los 2100 m en *A. capricorne*, siendo esta última la que posee un intervalo altitudinal más amplio, el cual va desde los 610 m a los 2100 m, similar al de *A. myriostigma*.

La conservación de las Cactáceas es prioritaria y necesaria para el adecuado manejo de las especies; sin embargo, es preciso implementar estudios que aporten datos del estado en que se localizan las diferentes poblaciones, ya que es imperioso recategorizar a las diferentes especies, como el género *Astrophytum*; esto debido a que el libro rojo de la UICN no contempla a *A. capricorne*, *A. caput-medusae*, *A. myriostigma* y *A. ornatum*, mientras que el CITES 2003 y la NOM-059-ECOL-2001 no incluye a *A. caput-medusae*, esto debido a su reciente identificación.

## LITERATURA CITADA

- Anaya, S. A. 1986. Optimización en la proliferación de callo e inducción de brotes "in vitro" de *Astrophytum myriostigma* var. *potosina* (CACTACEAE). Tesis Licenciatura (Biólogo) Facultad de Ciencias, UNAM, México, 68 pp.
- Arreola, H. N. y L. Portilla M. 1995. Las cactáceas endémicas de Jalisco: su distribución y propagación. En: E. Linares, P. Dávila, F. Chiang, R. Bye y T. Elias (eds.) Conservación de Plantas en peligro de extinción. Instituto de Biología. UNAM, México D. F. 145-159 pp.
- Backeberg, C. 1958-62. Die Cactaceae. 6 Vols. Jena: G. Fischer.
- Barthlott, W. 1981. Epidermal and seed surface characters of plants: Systematic applicability and some evolutionary aspects. *Nordic Journal of Botany* 1:345-355.
- Barthlott, W. y D. R. Hunt. 1993. Cactaceae. En: K. Kubitzki, J. G. Rohwer y V. Bittrich (comp.) *The families and genera of vascular plants*. Springer-Verlag. Berlín, Vol. 2. 161-197.
- Barthlott, W. y D. R. Hunt. 2000. Seed-diversity in Cactaceae subfam. Cactoideae Succulent Plant Research Series. 5 173 pp.
- Benson, L. 1982. *The cacti of the U.S.A. and Canada*. Stanford University Press, Stanford 104 pp.
- Beard, E. C. 1937. Some chromosome complements in the Cactaceae and a study of meiosis in *Echinocereus papillosus*. *The Botanical Gazette* 99(1):1-21.
- Bernard, M. C. 1967. Germination et plantules de quelques Cactacées. *Adansonia. Series* 22, 6(4):593-641.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada R. 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. 1. UNAM México, D. F. 743 pp.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada R. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol. 2. UNAM México, D. F. 404 pp.
- Bregman, R. y F. Bouman. 1983. Seed germination in Cactaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 86:357-374.
- Britton, N. L. y J. N. Rose. 1922. *The Cactaceae, description and Illustrations of plants of the cactus family*. Dover, New York, Vol.3-4. 291 pp.
- Buxbaum, F. 1951. Where does the genus *Astrophytum* belong? *The National Cactus and Succulent Journal* 6:4-5.

Buxbaum, F. 1958. The phylogenetic division of the subfamily Ceroideae, Cactaceae. *Madroño*, 14 (6):177-216.

CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) [www.cites.org](http://www.cites.org).

Coger, A. D. y L. M. Fairchild 1953. A quick-freeze method for marking smear slides permanent. *Stain Technology* 28:281-283.

Charles, J. 1976. Código Internacional de Nomenclatura Botánica. *Taxon* 24(1): 3-15.

Cota, J. H. y R. Wallace. 1996. La Citología y la Sistemática Molecular en la Familia Cactaceae. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* (41):27-44.

Dayanandan, P. y P. B. Kaufman, 1973. SEM of plants surfaces-applications. G.E.M.P; S. Proc. 31. EMSA: 474.

De Candolle, A. P. 1828. *Echinocactus ornatus*. Mémoires du Muséum de Hist. Naturelle 1-4. New York, 235 pp.

Dietrich, A. 1851. Beiträge zur Cacteenkunde (*Echinocactus capricornis*). Allgemeine Gartenzeitung, 19(35):274-275.

Dykstran, M. J. 1993. A manual of applied technique for biological electron microscopy, Plenum Press. New York, 257pp.

Eggl, U. 1984. Stomatal types of Cactaceae. *Plant Systematics and Evolution* 146:197-214.

Elizondo-Elizondo, J., J. Valdés, S. Arias y L. Hatch. 1994. Micromorfología de las semillas de algunas especies de la tribu Cactae (Cactaceae). *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 39:59-67.

Engleman, E. M. 1960. Ovule and seed development in certain cacti. *American Journal of Botany* 47 (6):460-467.

Federov, A. A. 1974. Chromosome numbers in flowering plants. Leningradi Science Publishing Co. New York, 328 pp.

Fraine E. 1910. The seedling structure of certain Cactaceae. *Annals of Botany*. London, 24: 125.

Fuller, D y S. Fitzgerald (eds). 1987. Conservation and commerce of cacti and other Succulent. World Wildlife Fund, Traffic (USA) Washington DC, 264 pp.

Galeotti, H. G. En: Scheidweiler, M. J. (1839): *Cereus callicoche* Galeotti *Bulletins de l'Academie Royale des Sciences et belles-lettres de Bruxelles* 6:88.

- Goldblatt, P. y D. Johnson. 1975-1978. Index to plant chromosome numbers. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri, U.S.A. 5:553.
- Goldblatt, P. y D. Johnson. 1979-1981. Index to plant chromosome numbers. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri, U.S.A. 8:427.
- Goldblatt, P. y D. Johnson. 1982-1983. Index to plant chromosome numbers. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri, U.S.A. 13: 224.
- Goldblatt, P. y D. Johnson. 1984-1985. Index to plant chromosome numbers. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri, U.S.A. 23: 264.
- Goldblatt, P. y D. Johnson. 1986-1987. Index to plant chromosome numbers. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri, U.S.A. 30: 243.
- Goldblatt, P. y D. Johnson. 1988-1989. Index to plant chromosome numbers. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri, U.S.A.11: 238.
- Gómez, A. A. y F. M. Camacho. 1995. Germinación de *Astrophytum myriostigma* (Lemaire) en relación con la procedencia de las semillas y la temperatura de incubación. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* (40):34-4438.
- Hernández, H. M. y C. Gómez-Hinostrosa. 2005. Cactus diversity and endemism in the Chihuahuan Desert Region. En: J. L. Cartron, R. Felger y G. Ceballos (eds.) *Biodiversity and conservation in Northern Mexico*. Oxford University Press (en prensa)
- Hernández, H. M., C. Gómez-Hinostrosa y B. Goettsch. 2004. Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. *Harvard Papers in Botany* 9: 51-68.
- Hernández, F. (1571-1577) *Historia de Las Plantas de Nueva España* En: F. Hernández, *Resumen de las Obras, tomos I y II*. UNAM. México, D. F. 404 pp.
- Hunt, D. 2003. Bulletin of the International Cactaceae Systematics Group. *Cactaceae Systematics Initiatives*. 15:1-7.
- Hunt, D. 2003a. Bulletin of the International Cactaceae Systematics Group. *Cactaceae Systematics Initiatives*. 16:1-5.
- Hutchinson, J. 1964. *The genera of flowering plants*. Clarendon Press. Vol. 2. Oxford.
- IOS. 1990. *The genera of Cactaceae: progress toward consensus*. *Bradleya* 8: 85pp
- Ishii, T. 1929. Pollen development in a *Mammillaria* sp. *Botanical Magazine Tokyo* 43:560.

Jaretzky, R. 1931. Chromosomes count, *Mammillaria centricirra* Tabulae Biologicae Periodiceae 7:109-215.

Jiménez, R. J., M. Mata R. y V. Chávez A. 2001. Micropropagación de *Astrophytum miryostigma* Lem. Resumen XV Congreso Mexicano de Botánica Querétaro, Querétaro; Octubre 14 – 19.

Johansen, D. A. 1933. Recent work on the cytology of the cacti. Cactus and Succulent Journal 4: 356.

Katagiri, S. 1953. Chromosome numbers and polyploidy in certain Cactaceae. Cactus and Succulent Journal 25: 141-143.

Lemaire, C. 1839. Cactacearum Genera nova Species que novae et omnium in Horto Monvillano cultarum: 4-6.

Leuenberger, B. 1974. Testa surface character of Cactaceae. Cactaceae. Cactus and Succulent Journal. (Los Angeles). 46: 175-180.

Megata, M. 1944. An account of the genus *Astrophytum* Lemaire. En: Memoirs of the College of Agriculture, Kyoto Imperial University No. 56 Serie. 7.

Mercado, P. y R. Lira. 1994. Contribución al conocimiento de los números cromosómicos de los géneros *Sechium* P. Br. y *Sicana* Naudin (Cucurbitaceae). Acta Botánica Mexicana 27: 7-13.

Meyrán, J. 1956. Notas sobre plántulas de cactáceas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 1 (6): 107-112.

Norma Oficial Mexicana NOM-059- ECOL-2001 Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos que determinan las especies raras, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial y sus endemismos, de la flora y la fauna terrestre y acuática en la República Mexicana. Diario Oficial de la Federación. [www.gobernacion.gob.mx/dof/2002/septiembre/dof\\_23-09-2002.pdf](http://www.gobernacion.gob.mx/dof/2002/septiembre/dof_23-09-2002.pdf).

Pinkava, D. J. y M. G. McLeod. 1971. Chromosome numbers in some cacti of western North America. Brittonia 23(2): 171-176.

Pinkava, D. J., R. C. Brown y McLeod. 1972. Reports, En: A. Love (ed.), IOPB Chromosome numbers reports XXXVIII. Taxon 21 (5/6): 683-684.

Pinkava, D. J., M. G. McLeod, L. A. McGill y R. C. Brown. 1973. Chromosome numbers in some cacti of western North America-II. Brittonia 25(1): 2-9.

Pinkava, D. J., D. J. Keil, y L. A. McGill. 1976. Reports, En: A. Love (ed.), IOPB Chromosome numbers reports LIII: Taxon 25(4):492.

- Pinkava, D. J.; y L. A. McGill. 1977. Chromosome numbers in some cacti of western North America-III. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 104(22): 105-110.
- Pinkava, D. J.; y B. D. Parfitt. 1982. Chromosome numbers in some cacti of western North America-IV. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 109(2): 121-128.
- Pinkava, D. J.; M. A. Baker, B. D. Parfitt., M. W. Mohlenbrock y R. D. Worthington. 1985. Chromosome numbers in some cacti of western North America-V. *Systematic Botany* 10(4):471-483.
- Robbins, C. (ed.) 2003. *Prickly Trade: Trade and Conservation of Chihuahuan Desert Cacti. Traffic North America.* Washington D.C.
- Ross, R. 1981. Chromosome counts, cytology, and reproduction in the Cactaceae. *American Journal of Botany* 68(4): 463-470.
- Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot. y J. Fa (comp.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución.* UNAM. México. 129-145 pp.
- Schumann, K. 1898. *Gesamtbeschreibung der Kakteen: 503.*-Neumann, Neudamm.
- Stockwell, P. 1935. Chromosome numbers of some of the Cactaceae. *The Botanical Gazette* 96:565-570.
- IUCN (The World Conservation Union) [www.iucn.org](http://www.iucn.org)
- Velazco, C. M. y M. Nevárez R. 2002. Estado de Nuevo León, México: *Digitostigma caput-medusae* Velazco et Nevárez sp. nov. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 46(4): 76-80.
- Vogel, E.F. 1980. *Seedling of dicotyledons.* Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen. 465pp.
- Wallace, R.S. 1995. Molecular systematic study of the Cactaceae: using chloroplast DNA variation to elucidate cactus phylogeny. *Bradleya* 13:1-12
- Zuccarini, J. G. 1837. *Plantarum Novarum vel minus Cognitarum quae in Horto Botanico Herbarioque Regio Monaacensi servantur , fasc. III. Cacteeae.* Abh. Math. Phys, Klasse bayrr, Akad, Wiss. München 2:597-742.
- Zuccarini, J.G.1843. *Abhandlungen der Bayerischen Akademic der Wissenschaften* München 4 (2) 13-14 pp.