



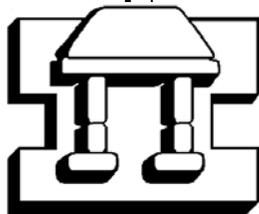
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

**MORFOLOGÍA DE LAS SEMILLAS DE LAS
ESPECIES DEL GÉNERO *Stenocereus*
(Pachycereae, Cactaceae).**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO
P R E S E N T A:
ARROYO COSULTCHI GABRIEL**

DIRECTOR DE TESIS: DRA. TERESA TERRAZAS SALGADO



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

Un profundo agradecimiento a la Dra. Teresa Terrazas Salgado por su constante apoyo para poder desarrollar y concluir esta tesis y por trasmitirme ese entusiasmo para seguir adelante. Al Dr. Salvador Arias Montes, quien me motivo a comenzar este trabajo, por sus sugerencias en el desarrollo del trabajo de investigación.

A la M. en C. Hilda Arreola Nava y al Dr. Cesario Catalán quienes me ayudaron con el material de campo y por sus comentarios.

Al Biól. Antonio Meyrán por mostrarme el mundo de los cactus y por su apoyo durante el último año mi carrera. A la Biól. Edith López Villafranco por su contribución a mi formación académica y por enseñarme este maravilloso mundo de las plantas.

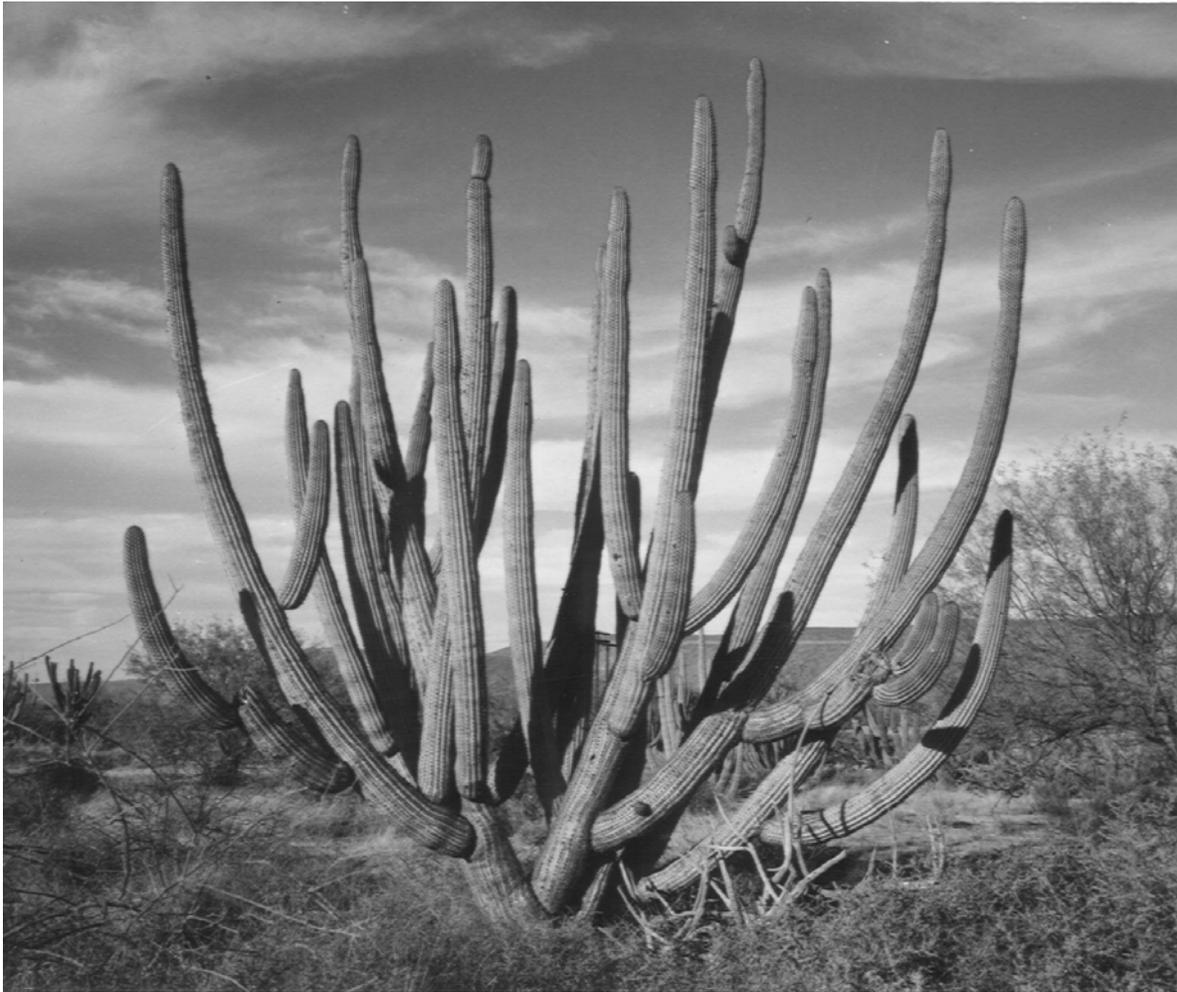
Al Dr. Héctor Godínez por sus comentarios y sus ideas estimulantes para mejorar esta tesis.

Al M. en C. Ángel Duran y a la M. en C. Adelaida Ocampo por sus observaciones y comentarios.

Un agradecimiento a los Biól. Gabriel Olalde y Úlises Guzmán por su apoyo y comentarios para enriquecer este trabajo. A la Dra. Alicia Rodríguez Fuentes del Jardín Botánico Nacional de La Habana, Cuba, por proporcionarme semillas de *Stenocereus fimbriatus*.

Agradezco infinitamente al Colegio de Postgraduados, la FES-IZTACALA y el Jardín Botánico donde realicé los estudios y la presente tesis. A la M. en C. Berenit Mendoza Garfías por las micrografías y las observaciones de las semillas en el MEB, en el IB-UNAM.

A todos mis compañeros y amigos que de alguna manera colaboraron para que este trabajo tuviera un buen fin: Dalia, Ray, Mireya, Claudio, Omar, Ricardo y a todos los que me apoyaron. A las familia Ochoa y la familia García por brindarme su apoyo y amistad. A Yadira por estar conmigo y por animarme a seguir adelante.



Stenocereus thurberi
(Colección de fotos de la Dra. Helia Bravo-Hollis)

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (33064-V) por el financiamiento otorgados para realizar mi tesis de licenciatura.

Dedicatoria

Esta tesis esta dedicada a mi mamá Ana Cosultchi Marcu por su amor y comprensión y por apoyarme cada día para llegar a lograr mis sueños, y por compartir conmigo los momentos felices y los tiempos difíciles.

“La semilla es el principio y el fin, simboliza la multiplicación y la dispersión, la continuación y la innovación, la sobrevivencia la renovación y el renacimiento”

W. Heydecker

INDICE

	página
RESUMEN.....	I
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Generalidades.....	3
2.2 La problemática taxonómica.....	6
2.3 La morfología de la semilla como apoyo a la taxonomía.....	8
2.3.1 Semilla.....	8
2.3.2 Semilla y sistemática.....	9
2.4 Estudios de las semillas en la familia Cactaceas.	10
2.5 Morfología de las semillas en <i>Stenocereus</i>	11
3. OBJETIVOS.....	13
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
4.1 Trabajo de gabinete.....	14
4.2 Trabajo de campo y trabajo de herbario.....	14
4.3 Caracteres.....	16
4.4 Análisis estadístico.....	19
4.5 Análisis de similitud.....	20
5. RESULTADOS.....	22
5.1.1. Descripción de las semillas por especies.....	22
5.1.2. Descripción genérica de las semillas de <i>Stenocereus</i>	58
5.2 Análisis morfométrico.....	66
5.3 Análisis de similitud.....	74
6. DISCUSIÓN.....	78
7. CONCLUSIONES.....	84
8. LITERATURA CITADA.....	87
APÉNDICE 1.....	96
APÉNDICE 2.....	99

Índice de cuadros

Cuadro 1. Lista de las especies del género *Stenocereus* (*sensus* Barthlott y Hunt, 1993; Arreola y Terrazas, 2004) y su distribución geográfica (Guzmán *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Relación histórica de los géneros incluidos en la tribu Pachycereeae, según varios autores.

Cuadro 3. Lista de los 24 taxa de *Stenocereus* con datos de procedencia y herbarios donde están depositados (CR = Costa Rica, CU = Cuba, MX = México, SV = El Salvador, VE = Venezuela).

Cuadro 4. Lista de caracteres cuantitativos evaluados.

Cuadro 5. Lista de caracteres cualitativos evaluados.

Cuadro 6. Valores de la media, \pm error estándar y los valores (mínimo - máximo) para siete caracteres de la semilla de las especies de *Stenocereus*.

Cuadro 7. Características cualitativas de la morfología externa de las semillas de las especies de *Stenocereus*.

Cuadro 8. Características cualitativas de la micromorfología de la cubierta de las semillas de las especies de *Stenocereus*.

Cuadro 9. Valores de la media, \pm error estándar y los valores (mínimo - máximo) para siete caracteres de la semilla de las especies de *Stenocereus*.

Cuadro 10. Características de las semillas de las especies de *Stenocereus*.

Cuadro 11. Caracteres de la semilla utilizados en el análisis discriminante canónico y su contribución parcial a sus funciones expresadas por coeficientes estandarizados, para el total de las semillas.

Cuadro 12. Caracteres de la semilla utilizados en el análisis discriminante canónico y su contribución parcial a sus funciones expresadas por coeficientes estandarizados, para los promedios de las semillas por localidad..

Cuadro 13. Porcentaje (y número) de semillas clasificadas correctamente por un análisis clasificatorio discriminante, para cinco caracteres ($p < 0.04$).

Índice de figuras

Figura 1. Distribución geográfica del genero *Stenocereus*.

Figura 2. Esquema de la semilla de *Stenocereus* mostrando la forma como se midieron.

Figura 3. Esquema de la semilla de *Stenocereus* mostrando las distintas regiones que la conforman.

Figuras 4 - 27. Observaciones de semillas con el microscopio electrónico de barrido, en seis posiciones: completa, acercamiento sobre el bode de la RHM, centro de la región lateral, células de la región lateral, detalle de la posición dorsal y RHM.

Figura 28. Representación gráfica de las funciones canonicas 1 y 2, para el total de semillas, a partir de un análisis discriminante canónico.

Figura 29. Representación gráfica de las funciones canonicas 1 y 2, para los promedios de las semillas por localidad, a partir de un análisis discriminante canónico.

Figura 30. Representación grafica de la variación para seis caracteres de la semilla.

Figura 31. Fenograma del resultado del análisis de correlación de 24 OTU's

1. INTRODUCCIÓN

Las Cactáceas son un grupo de plantas endémicas del continente Americano que se distribuyen desde el sur de Canadá hasta la Patagonia en Argentina. Se les encuentra desde el nivel del mar hasta los 5,100 m de altitud en Perú (Schneck, 1998).

El género *Stenocereus* pertenece a la familia Cactaceae, la cual incluye especies columnares que llegan a ser componentes importantes de los bosques tropicales caducifolios, subcaducifolios y matorrales xerófilos de Norteamérica (Dávila-Aranda *et al.*, 2002).

El género *Stenocereus* es el más diverso de los diez géneros de la tribu Pachycereeae, por el número de especies y el de más amplia distribución (Barthlott y Hunt, 1993). *Stenocereus* tiene 24 especies nativas de México, las Antillas, Venezuela, Colombia y los Estados Unidos (Hunt, 1999). Comúnmente a las especies de este género se les llama “pitayos” y a los frutos “pitayas”, las cuales se aprovechan para el consumo humano.

La delimitación genérica es compleja por la confusión de nombres específicos y genéricos propuestos a partir de material insuficiente, por lo que no se ha logrado las delimitaciones supragénica y genérica estables (Gibson y Horak, 1978; Terrazas y Loza-Cornejo, 2002).

En la actualidad existen estudios sobre la morfología de semillas de la familia Cactaceae, donde se incluyen a algunas de las especies del género *Stenocereus* (Barthlott y Hunt, 2000). Por lo tanto, es necesario completar el estudio de morfometría y morfología de las semillas de todas las especies del género *Stenocereus*.

El microscopio electrónico de barrido (MEB) proporciona información de la cubierta y el microrelieve de la semilla, como fuente de caracteres morfológicos potencialmente informativos para la taxonomía de la familia Cactaceae (Bracamontes, 1982; Elizondo *et al.*, 1994). Para describir la cubierta seminal Barthlott y Hunt (2000) han propuesto una terminología específica para la familia Cactaceae.

El presente trabajo se realizó con la finalidad de describir y analizar los caracteres morfológicos y morfométricos de la cubierta de la semilla de las 24 especies del género *Stenocereus*. Uno de los objetivos de este trabajo es reconocer aquellos caracteres que apoyen la diferenciación de cada especie o grupo de especies a través de análisis multivariados y de similitud.

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el estudio morfológico y morfométrico de semillas de las 24 especies del género *Stenocereus* con el objetivo de identificar los caracteres que permitan diferenciar grupos de especies. Se analizaron 19 caracteres cualitativos y 13 cuantitativos a través de análisis multivariados y de similitud; además la micro-morfología se detalla con la ayuda del microscopio electrónico de barrido. Se describen por primera vez las semillas de *S. chacalapensis*, *S. fricii*, *S. laevigatus* y *S. zopilotensis*. Además, se muestran las primeras micrografías de las semillas de cinco especies. Los caracteres cualitativos más representativos fueron: lustre, escultura multicelular, forma del complejo (HM) y microrelieve de la células. Todas las especies presentan una quilla, carácter no descrito con anterioridad para las semillas del género. El análisis de similitud evidenció dos grupos. El grupo I, está constituido por cinco especies con semillas lustrosas, lisas y sin micro-estriaciones. El grupo II, se conformó por 19 especies con semillas opacas, estructura multicelular (rugosa o ruminada) y con micro-estriaciones. El análisis canónico discriminante mostró que largo, anchos mayor y menor, largo y área de la RHM y área celular son los caracteres más importantes para distinguir entre siete grupos de especies. Los resultados de este trabajo confirman las diferencias señaladas para las semilla de las dos subtribus de Pachycereeae. También se confirma que las especies *Stenocereus aragonii* y *S. eichlamii* no pertenecen al género *Stenocereus* y que *S. dumortieri* no debe reconocerse como parte del género *Isolotocereus*. Las especies *S. alamosensis*, *S. beneckeii* y *S. kerberi* son diferentes, a los atributos de sus semillas al resto de las especies del género *Stenocereus*. La microestructura de la testa de las semillas provee caracteres significativos en la clasificación a nivel de tribu, subtribu y género.

2. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades

La familia Cactaceae se distribuye principalmente en las zonas áridas y semi-áridas de Norte América y Sudamérica. Se reconocen tres centros de diversidad de las cactáceas, dos en Sudamérica incluyendo parcialmente a Argentina, Bolivia, Brasil y Perú, y la tercera que se encuentra en Norteamérica, particularmente en las regiones semiáridas y áridas de México (Arias, 1993; Hernández y Godínez, 1994; Becerra, 2000).

La familia Cactaceae se clasifica en cuatro subfamilias Pereskioideae, Maihuenioideae, Opuntioideae y Cactoideae (Anderson, 2001), y se ha postulado como un grupo monofilético a partir de evidencias moleculares (Cota y Wallace, 1996; Hershkovitz y Zimmer, 1997).

Las tribus Cactaeae, Echinocereae y Pachycereae de la subfamilia Cactoideae, tiene su centro de diversificación en México (Arias, 1993). La tribu Pachycereae es una de las nueve que conforman la subfamilia Cactoideae e incluye a las subtribus: Pachycereinae y Stenocereinae (Gibson y Horak 1978), cuyo límite norte de distribución es al suroeste de los Estados Unidos, mientras que hacia el sur se extiende hasta las Antillas y en la parte norte de Sudamérica (Colombia y Venezuela). La tribu Pachycereae reúne a la mayoría de las cactáceas columnares y candelabroiformes que se distribuyen en Norteamérica. Está integrada por 13 géneros y 58 especies, de las cuales, el 93% se encuentran en México y el 81% es endémico (Dávila-Aranda *et al.*, 2002).

El género *Stenocereus* es el de más amplia distribución y más diverso, con 24 especies (Cuadro 1). En México, las especies de este género se presentan en diez provincias florísticas (Serranías Meridionales, Planicie Costera del Noroeste, Baja California, Altiplano, Planicie Costera del Noreste, Valle de Tehuacan-Cuicatlán, Costa Pacífica, Depresión del Balsas, Costa del Golfo de México y Península de Yucatán), en Centro América (incluyendo Guatemala, Costa Rica y Honduras), en las Antillas y en la parte norte de Sudamérica (Fig. 1) (Dávila-Aranda *et al.*, 2002).

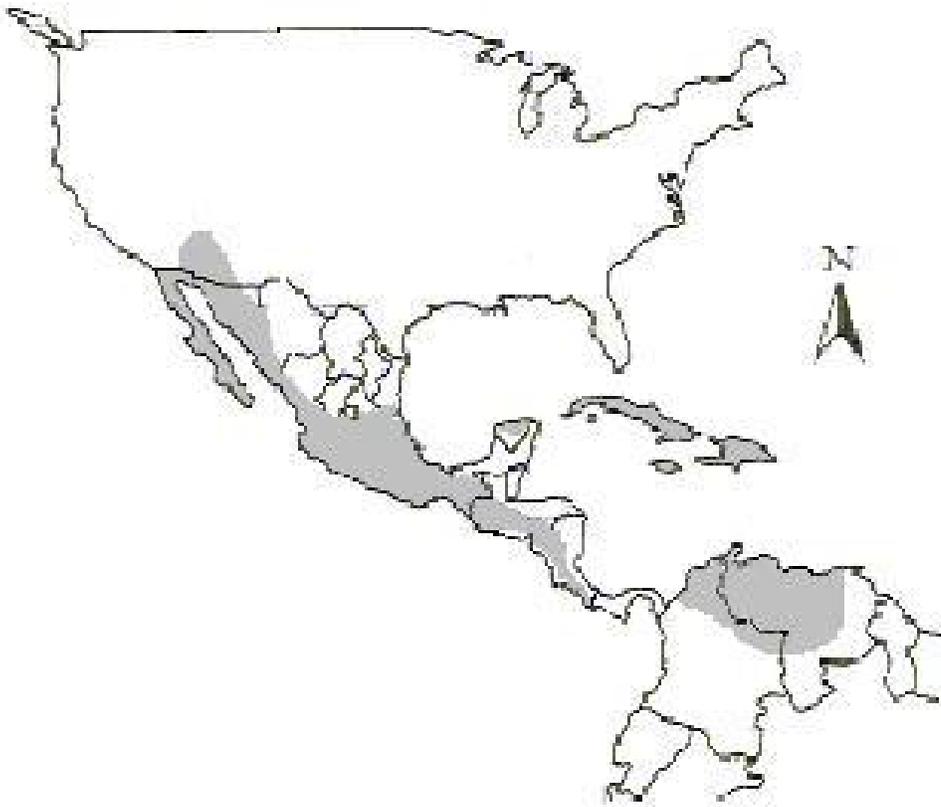


Figura 1. Distribución geográfica del género *Stenocereus* (Tomado y modificado de Dávila-Aranda *et al.*, 2002).

Cuadro 1. Lista de las especies del género *Stenocereus* (A. Berger) Riccob. (*sensu* Barthlott y Hunt, 1993; Arreola y Terrazas, 2004) y su distribución geográfica (Guzmán *et al.*, 2003).

Especie	País (Estado)
<i>S. alamosensis</i> (J.M.Coult.) A.C. Gibson y K.E. Horak	MÉXICO: Sonora, Sinaloa.
<i>S. aragonii</i> (Weber). Buxb.	COSTA RICA. Provincia de Guanacaste
<i>S. beneckeii</i> (C. Ehrenb.) Buxb.	MÉXICO: Guerrero, México, Morelos, Puebla.
<i>S. chacalapensis</i> (Bravo y T.MacDoug.) Buxb.	MÉXICO: Oaxaca.
<i>S. chrysocarpus</i> Sánchez-Mej.	México: Guerrero, Michoacán.
<i>S. dumortieri</i> (Scheidweiler) Buxb.	MEXICO: Aguascalientes, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz, Zacatecas.
<i>S. eichlamii</i> (Britton y Rose) Buxb.	MÉXICO: Chiapas, Yucatán. EL SALVADOR, GUATEMALA, NICARAGUA.
<i>S. eruca</i> (Brandege) A.C. Gibson y K.E. Horak	MÉXICO: Baja California, Baja California Sur.
<i>S. fimbriatus</i> (Lamarck) Lourteig. (<i>S. hystrix</i> (Haworth) Buxb).	CUBA, REP. DOMINICANA, JAMAICA, PUERTO RICO y HONDURAS
<i>S. fricii</i> Sánchez-Mej.	MEXICO: Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Sinaloa.
<i>S. griseus</i> (Haw.) Buxb.	MÉXICO: Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. ANTILLAS HOLANDESAS, COLOMBIA, TRINIDAD Y TOBAGO, VENEZUELA.
<i>S. gummosus</i> (Engelm. ex Brandege) A.C.Gibson y K.E.Horak	MEXICO: Baja California, Baja California Sur, Sonora.
<i>S. kerberi</i> (K. Schum.) A.C.Gibson y K.E.Horak	MEXICO: Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa.
<i>S. laevigatus</i> (Salm-Dyck) Buxb.	México: Chiapas, Yucatán.
<i>S. martinezii</i> (J.G. Ortega) Buxb.	MEXICO: Sinaloa
<i>S. montanus</i> (Britton y Rose) Buxb.	MEXICO: Sinaloa, Sonora.
<i>S. pruinosus</i> (Otto ex Pfeiff.) Buxb.	GUATEMALA, MÉXICO: Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán.
<i>S. queretaroensis</i> (F.A.C. Weber) Buxb.	MÉXICO: Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Querétaro, Zacatecas.
<i>S. quevedonis</i> (J.G. Ortega) Buxb.	MÉXICO: Guerrero, Michoacán.
<i>S. standleyi</i> (J.G. Ortega) Buxb.	MÉXICO: Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Sinaloa.
<i>S. stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.	MÉXICO: Guerrero, Morelos, Oaxaca, Puebla.
<i>S. thurberi</i> (Engelm.) Buxb.	MEXICO: Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Chihuahua, Sonora, E.U: Arizona.
<i>S. treleasei</i> (Rose) Backeb.	MEXICO: Oaxaca.
<i>S. zopilotensis</i> (Arreola y Terrazas)	MÉXICO: Guerrero

Este género fue nombrado *Stenocereus* por Riccobono en 1909 (Hunt y Taylor, 1990), nombre que viene del latín y que significa cirio o vela delgada. Son plantas arborescentes o arbustivas, erectas o decumbentes, los tallos con costillas; aréolas espinosas; aréolas florales discretas, flores infundibuliformes o campanuladas, usualmente nocturnas; pericarpelo con aréolas numerosas y espinas por lo general pequeñas; tubo receptacular llamativo o no, con escamas decurrentes; frutos globosos a ovoides, carnosos, con espinas caducas; las semillas grandes, negras, lisas, foveolada o verrucosa, hilo hundido y embrión curvo (Arreola, 2000).

Muchas de las especies de *Stenocereus* son de importancia económica y sus poblaciones silvestres se han aprovechado tradicionalmente a través de la recolección de frutos y son cultivadas en diferentes estados de la Republica mexicana. Algunas especies, como *Stenocereus stellatus*, *S. queretaroensis*, *S. griseus* y *S. pruinosus*, se manejan en plantaciones comerciales y huertos familiares; otras sólo se aprovechan a través de la recolección en poblaciones silvestres, como *S. thurberi*, *S. fricii*, *S. chrysocarpus*, *S. standleyi* y *S. quevedonis* (Pimienta-Barrios, 1999).

2.2 La problemática taxonómica

En 1978, Arthur C. Gibson y Karl E. Horak señalan que los problemas en la sistemática de Cactaceae se ha complicado por la abundancia de nombres específicos y genéricos propuestos, generalmente, a partir de material insuficiente y carente de justificaciones adecuadas. Por otro lado, Taylor (1985) menciona que el cultivo de cactáceas como plantas de ornato por aficionados puede ser parcialmente responsable de la excesiva multiplicación de nombres. A esto deben agregarse los desacuerdos taxonómicos entre los

especialistas por los limitados estudios de campo, las exiguas y deficientes colecciones de herbario y los pocos estudios sobre sistemática filogenética (Arias, 1998).

En 1958, Buxbaum establece la primera clasificación evolutiva para la subfamilia Cactoideae, reconociendo a la tribu Pachycereeae con seis géneros (Cuadro 2), pero tres años más tarde, en 1961 modifica esta clasificación, reconociendo trece géneros agrupados en cinco subtribus, con base en caracteres externos de flores, frutos, semillas y plántulas (Cuadro 2). Este autor fue el primero en reconocer la importancia de las estructuras de la semilla, los pigmentos celulares del funículo en las flores en anthesis y presencia de triterpenos, para clasificar algunas especies de esta tribu (Terrazas y Loza-Cornejo, 2002).

En 1978, Gibson y Horak proponen modificaciones a la clasificación de Buxbaum, ampliando los límites del género *Stenocereus* para incluir a *Machaerocereus* y *Rathbunia* basándose principalmente en la presencia de cuerpos de sílice en sus tejidos dérmicos. Los autores establecen dos subtribus: **Stenocereinae** que agrupa a *Escontria*, *Myrtillocactus*, *Polaskia* y *Stenocereus* con la presencia de triterpenos; semillas rugosas y opacas; pigmentos en células del funículo; y **Pachycereinae**, la cual incluye a *Pachycereus*, *Pterocereus*, *Lemaireocereus*, *Lophocereus*, *Backebergia*, *Mitrocereus*, *Neobuxbaumia*, *Carnegiea* y *Cephalocereus* con la presencia de alcaloides; semillas lisas y lustrosas; así como una tendencia a tener cristales en el sistema dérmico) (Cuadro 2).

En 1990, Hunt y Taylor reconocen en la tribu Pachycereeae siete géneros (Cuadro 2). Finalmente, en 1993, Barthlott y Hunt consideraran diez géneros en la tribu Pachycereeae que incluyen a 58 especies de columnares Norteamericanas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación histórica de los géneros incluidos en la tribu Pachycereeae, según varios autores (Tomado de Terrazas y Loza-Cornejo, 2002).

Buxbaum (1958)	Buxbaum (1961)	Gibson y Horak (1978)	IOS (1990)	Barthlott y Hunt (1993)
<i>Carnegiea</i> <i>Cephalocereus</i> <i>Lemaireocereus</i> <i>Mitrocereus</i> <i>Neobuxbaumia</i> <i>Pachycereus</i> Genera Incertae sedis <i>Anisocereus</i> <i>Escontria</i>	Subtribu Pterocereinae <i>Escontria</i> <i>Pterocereus</i> Subtribu Pachycereinae <i>Heliabravoa</i> <i>Pachycereus</i> <i>Pseudomitrocereus</i> Subtribu Stenocereinae <i>Carnegiea</i> <i>Lophocereus</i> <i>Stenocereus</i> Subtribu Cephalocereinae <i>Cephalocereus</i> <i>Mitrocereus</i> <i>Neobuxbaumia</i> Subtribu Myrtillocactinae <i>Myrtillocactus</i> <i>Polaskia</i>	Subtribu Pachycereinae <i>Backebergia</i> <i>Carnegiea</i> <i>Cephalocereus</i> <i>Lophocereus</i> <i>Mitrocereus</i> <i>Neobuxbaumia</i> <i>Pachycereus</i> Subtribu Stenocereinae <i>Escontria</i> <i>Myrtillocactus</i> <i>Polaskia</i> <i>Stenocereus</i> <i>Anisocereus?</i> <i>Pterocereus?</i> <i>Lemainocereus?</i>	<i>Bergerocactus</i> <i>Carnegiea</i> <i>Cephalocereus</i> <i>Myrtillocactus</i> <i>Pachycereus</i> <i>Rathbunia</i> <i>Stenocereus</i>	<i>Bergerocactus</i> <i>Carnegiea</i> <i>Cephalocereus</i> <i>Escontria</i> <i>Myrtillocactus</i> <i>Neobuxbaumia</i> <i>Pachycereus</i> <i>Polaskia</i> <i>Rathbunia</i> <i>Stenocereus</i>

2.3 La morfología de la semilla como apoyo a la taxonomía

2.3.1 Semilla

La semilla es un óvulo maduro fecundado que contiene al esporofito embrionario, sustancias de reserva y una cubierta seminal o testa (Espinosa-Osorio y Engleman, 1998).

Todas las semillas están rodeadas por una cubierta llamada testa, la cual puede tener muy distintas texturas y apariencias. Esta es generalmente dura y está formada por una capa interna y una externa de cutícula, y una o más capas de tejido grueso que brinda protección contra los animales que ingieren los frutos, así como contra el ataque de microorganismos u otros daños. Además, la testa que está lignificada puede impedir la entrada de agua, inhibiendo la germinación. El color negro de las semillas probablemente es producido por los taninos incrustados en las paredes de la exotesta (Carrillo-Ocampo y Engleman, 1994).

Estos autores señalan que el funículo es un cordón de tejido que conecta el óvulo o a la semilla con la placenta, es de tejido suave y se separa de la semilla madura. La expansión del funículo cerca de la zona calazal, causa que algunas semillas presenten un hilo grande; el micrópilo es una pequeña abertura que, al desarrollarse la semilla, puede mantenerse como un poro ocluido o quedar completamente obliterado cercano o no al hilo.

2.3.2 Semilla y sistemática

La importancia que tienen las semillas en la sistemática de las angiospermas ha sido demostrada por diversos autores, quienes han propuesto clasificaciones de angiospermas basadas principalmente en caracteres de la semilla. Corner (1976) describe la morfología y anatomía de semillas de varias familias de dicotiledóneas; Canne (1979) examina la forma, tamaño, color, forma de célula y ornamentación de la testa de las semillas para clasificar 33 especies de *Agalinis* (Scrophulariaceae); Bahadur y Farooqui (1986) utilizan caracteres de semilla y de la testa para clasificar 20 especies de *Nicotina*; Danilova *et al.* (1995) describen la morfología externa de la semilla de monocotiledóneas para elucidar la posición de las familias y los ordenes; Bonilla-Barbosa *et al.* (2000) comparan las semillas de las especies de *Nymphaea* de México, reconociendo tres subgéneros con base en la forma, color, ornamentación y tricomas de la morfología externa de las semillas; Carmona (2003) estudia la morfología de semillas para 11 especies de *Datura* en México.

Dentro de un género, las flores, frutos y semillas tienden a mostrar menor plasticidad fenotípica, en comparación con otros órganos, tales como las hojas o tallos. Las características morfológicas externas de la semilla tales como simetría, tamaño, color, forma, microrelieve, funículo, región del hilo-micrópilo (RHM) y otras estructuras son caracteres con valor taxonómico (Barthlott, 1981). En particular, las características

morfológicas, anatómicas e histoquímicas de la testa madura varían notablemente entre las especies. Por lo tanto, la testa puede ser útil en la clasificación e identificación de las especies o grupos de ellas (Corner, 1976; Barthlott, 1984).

2.4 Estudios de las semillas en la familia Cactaceae

En 1953 y 1955, Buxbaum revela los atributos generales de la morfología de la semilla en la familia Cactaceae y su valor taxonómico. Esta nueva evidencia taxonómica junto con los caracteres de la morfología floral fueron incorporados posteriormente a sus propuestas evolutivas y de clasificación y, por lo tanto, han tenido gran influencia en la sistemática moderna (Barthlott y Hunt, 1993; Arias 2002).

En 1958, Buxbaum señala que los caracteres de las semillas no han sido suficientemente examinados aunque son estructuras que pueden ser de gran importancia para la clasificación a nivel genérico o específico. Posteriormente, otros autores confirman que las semillas exponen una compleja y alta diversidad morfológica y micro-morfológica que proporciona información con valor taxonómico y puede ser significativa en la sistemática de los géneros (Barthlott, 1981, 1984; Barthlott y Voit, 1979; Leuenberger, 1974; Bartholtt y Hunt, 2000).

Estudios sistemáticos recientes han confirmando la utilidad de la morfología externa de la semilla, aunque con baja representación en número de muestras y observando exclusivamente caracteres cualitativos, por ejemplo en géneros como: *Frailea* (Metzing y Thiede, 2001), *Gymnocalycium* (Meregalli *et al.*, 2000), *Thelocactus* (Anderson, 1987; Moscos y Zonovello, 2000) y *Uebelmannia* (Nyffeler, 1998).

Son pocos los estudios sobre semillas de la familia Cactaceae donde se han realizado análisis numéricos. Así, Barthlott y Hunt (2000) muestran un cuadro con datos

del peso, largo, ancho y grosor de las semillas de 28 especies de la familia Cactaceae. Arias y Terrazas (2004) analizan varios caracteres cualitativos y cuantitativos de las semillas de las especies de *Pachycereus* y dos especies de *Stenocereus* y encuentran que la mayoría de los caracteres de la escultura primaria y secundaria de la semilla de *Stenocereus aragonii* y *S. eichlamii* son más similares a los del género *Pachycereus* que a los miembros del género *Stenocereus*. Además estos autores reconocen caracteres que son constantes en todas las especies del género *Pachycereus* como el lustre, el microrelieve liso de la pared periclinal y la presencia de una quilla entre la región dorsal y apical de la semilla. Núñez-Mariel (2004) describe las semillas de cuatro especies de *Pachycereus* y *Myrtilocactus geometrizaris*; y e incluye los caracteres anatómicos y morfológicos de las semillas junto con los de *Pachycereus marginatus*, *Escontria chiotilla*, *Polaskia chende* y *Stenocereus dumortieri* en un análisis numérico. Encuentra que los caracteres que discriminan a las especies estudiadas de la subtribu Pachycereinae y Stenocereinae son el borde y la profundidad de la región hilo micropilar, el microrelieve, el tipo de cutícula de la exotesta, el relieve de la pared periclinal y el largo y ancho de la semilla; así como la curvatura de la nucela del óvulo. Esta autora coincide con las propuestas taxonómicas que separan a *Pachycereus* de *Myrtilocactus*, *Polaskia*, *Escontria* y *Stenocereus* (Gibson y Horak, 1978; Arias, 2002 y Terrazas y Loza-Cornejo, 2002).

2.5 Morfología de las semillas en *Stenocereus*

En varias especies de la tribu Pachycereeae las semillas son negras y brillantes, estos caracteres son plesiomórficos para esta tribu (Terrazas y Loza-Cornejo, 2002). La posición del hilo, del rafe y de las estriaciones cuticulares de la testa parecen ser caracteres

valiosos que deben ser estudiados en todos los miembros de la tribu (Gibson y Horak, 1978; Terrazas y Loza-Cornejo, 2002).

Gibson (1982, 1988 a, b, 1989 a, b, 1990 a, b y 1991 a, b); Gibson y Nobel (1986) y Barthlott y Hunt (2000) han estudiado las semillas de varias especies del género *Stenocereus*, reconociendo que son de color negro, en su gran mayoría, con el hilo en posición sublateral, las células de la testa con forma isodiamétrica de seis a siete paredes anticlinales y microrelieve con diferentes grados de desarrollo. Estos autores señalan que algunos caracteres parecen compartirse solo por algunas de las especies del género *Stenocereus*. Por ejemplo, las semillas en promedio miden 2 mm de largo, aunque algunas tienen de 1.2 a 1.5 mm de largo (*Stenocereus alamosensis*, *S. standleyi*, *S. kerberi* y *S. dumortieri*) hasta un máximo de 3 mm de largo (*S. beneckeii*). También reportan que existen pocas semillas lisas y lustrosas, sin microrelieve o con microrelieve poco desarrollado (*S. alamosensis*, *S. beneckeii*, *S. kerberi*, y *S. thurberi*).

Barthlott y Hunt (2000) indican que las semillas de las especies de *Stenocereus* fluctúan en tamaño entre 1.8 y 2.4 mm. Frecuentemente la superficie es opaca y el relieve de las células es cóncavo, excepto en *S. alamosensis* y con microestrias. Asimismo, describen la morfología externa de las semillas y obtienen micrografías de 11 especies del género *Stenocereus*. Arreola (2000) evalúa cinco caracteres morfológicos de la semilla como son largo, ancho, lustre, posición de la pared de la testa y de la cresta; además realiza un análisis filogenético con datos morfológicos de siete especies de *Stenocereus* que presentan aréolas morenas, encontrando que las características registradas para estas especies aportan información que ayuda a reconstruir la relación de parentesco entre las especies de este grupo.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Describir y analizar los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos de las semillas de las especies del género *Stenocereus*.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir la morfología externa de las semillas de las 24 especies del género.
- Reconocer aquellos caracteres de la testa de la semilla que ayuden a la diferenciación de cada especie o grupo de especies de *Stenocereus*.
- Analizar los caracteres morfométricos de las semillas con la finalidad de identificar aquellos que permitan clasificar a las semillas en sus respectivas especies mediante análisis estadísticos univariados y multivariados.
- Realizar un análisis de similitud de los taxa de *Stenocereus* basados en los caracteres cualitativos y cuantitativos de la semilla.

4. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Trabajo de gabinete

Se realizó una revisión bibliográfica sobre la sistemática del género *Stenocereus*. Con base en esta revisión se obtuvo la información sobre la historia taxonómica, la distribución de las especies y sus características diagnósticas; Asimismo se revisaron los trabajos que describen la morfología de las semillas de la familia Cactaceae.

4.2 Trabajo de campo y trabajo de herbario

Se planificaron las colectas de las diferentes especies para asegurar de esta manera la presencia de frutos y semillas maduras de cada especie. Para esto se revisaron los datos fenológicos registrados en las etiquetas de ejemplares existentes en los herbarios: el Herbario Nacional de México (MEXU), el Herbario-Hortorio del Colegio de Postgraduados (CHAPA) y el Herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG).

Las semillas de 20 especies del género *Stenocereus* se colectaron de frutos maduros de 47 localidades. Las muestras de semillas se obtuvieron de uno o varios frutos maduros de un solo individuo de las localidades indicadas en el Cuadro 3. Posteriormente, los ejemplares colectados fueron depositados en los siguientes herbarios: el Herbario de la FES-Iztacala (IZTA), el Herbario Nacional de México (MEXU), el Herbario-Hortorio del Colegio de Postgraduados (CHAPA) y el Herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG).

Para completar el estudio de las 24 especies de *Stenocereus* se solicitaron semillas de algunos ejemplares conservados en: el Herbario Nacional de México (MEXU), el New York Botanical Garden (NY), el United States National Herbarium (US) y el Jardín Botánico Nacional de Cuba (JBN) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Lista de los 24 taxa de *Stenocereus* con datos de procedencia y herbarios donde están depositados (CR = Costa Rica, CU = Cuba, MX = México, SV = El Salvador, VE = Venezuela). * Semillas montadas para el MEB. ♦ Ejemplares y los Herbarios de donde se solicitaron las semillas. Acrónimo utilizadas para identificar a las especies en los análisis estadísticos.

Especie	Colector y número	Localidad	Herbarios	Acrónimo
♦ <i>S. alamosensis</i>	Gómez 2008*	MX Sinaloa	♦MEXU	A
♦ <i>S. aragonii</i>	<i>Maxón 7858*</i>	CR Guanacaste	♦US, NY	R
<i>S. beneckeii</i>	<i>T. Terrazas 466*</i>	MX Guerrero	CHAPA	B
	<i>G. Arroyo 2</i>	MX Puebla	IZTA	
	C. Catalán s/n	MX Guerrero	CHAPA	
<i>S. chacalapensis</i>	<i>H. Arreola 1586*</i>	MX Oaxaca	CHAPA	H
<i>S. chrysocarpus</i>	<i>T. Terrazas 660, 660bis,</i>	MX Michoacán	CHAPA	C
	<i>670, S. Arias 707*</i>	MX Guerrero	MEXU	
<i>S. dumortieri</i>	<i>I. Aguilar 5</i>	MX Guanajuato	CHAPA	D
	<i>I. Aguilar 2</i>	MX Hidalgo	CHAPA	
	<i>Sanchez-Mejorada s/n *</i>	MX Jalisco	CHAPA	
♦ <i>S. eichlamii</i>	<i>H. Bravo s/n</i>	MX Chiapas	♦MEXU	E
	<i>S. Arias 1175, 1329*</i>	MX Yucatán	♦MEXU	
	<i>PC Standley. 22328</i>	SV Sonsonete	♦US.NY/H	
<i>S. eruca</i>	<i>H. Arreola 1615, 1616*</i>	MX Baja California Sur.	CHAPA	Y
♦ <i>S. fimbriatus</i>	<i>JBN 8700361</i>	CU Guantánamo	♦JBN	I
	N.L. Britton. 12694*	CU Daiquiri	♦NY	
<i>S. fricii</i>	<i>H. Arreola 1570, 1569, 1402*</i>	MX Michoacán	CHAPA	F
<i>S. griseus</i>	<i>T. Terrazas 609, 611*</i>	MX Tamaulipas	CHAPA	G
	<i>AND32</i>	VEN Ureña	-	
<i>S. gummosus</i>	<i>H. Arreola 1612A*</i>	MX Baja California Sur	CHAPA	W
<i>S. kerbeii</i>	<i>H. Arreola 1379</i>	MX Sinaloa	IBUG	K
	<i>H. Arreola 1602*, 1604</i>	MX Nayarit	CHAPA	
<i>S. laevigatus</i>	<i>S. Arias. 1088, 1083</i>	MX Yucatán	MEXU	L
	<i>Guzmán-Cruz. 997*</i>	MX Chiapas	MEXU	
<i>S. martinezii</i>	H. Arreola 1564*	MX Sinaloa	CHAPA	M
<i>S. montanus</i>	<i>H. Arreola 1557</i>	MX Sinaloa	CHAPA	N
	<i>Reyes O s/n*</i>	MX Sinaloa	CHAPA	
<i>S. pruinosus</i>	<i>S. Gama 34</i>	MX Oaxaca	MEXU	P
	<i>Guzmán-Cruz 1005</i>	MX Chiapas	MEXU	
	<i>T. Terrazas 631*</i>	MX Oaxaca	CHAPA	
<i>S. queretaroensis</i>	<i>Sánchez Mejorada s/n*</i>	MX Querétaro	MEXU	Q
	<i>H. Arreola 1337</i>	MX Jalisco	IBUG	
	<i>Sanchez, 31</i>	MX Querétaro	CHAPA	
<i>S. quevedonis</i>	<i>S. Arias. 684*, 692</i>	MX Michoacán	MEXU	U
	<i>Sánchez-Mejorada 710502</i>	MX Michoacán	CHAPA	
<i>S. standleyi</i>	<i>H. Arreola. 1609</i>	MX Jalisco	CHAPA	T
	<i>Arturo Curiel s/n*</i>	MX Jalisco	CHAPA	
	<i>S. Arias. 738-A</i>	MX Michoacán	CHAPA	
<i>S. stellatus</i>	<i>S. Arias 827*, 867</i>	MX Puebla	MEXU	S
	<i>Guzmán-Cruz 871</i>	MX Oaxaca	MEXU	
<i>S. thurberi</i>	<i>H. Arreola 1555*</i>	MX Sinaloa	CHAPA	X
<i>S. treleasei</i>	<i>Guzmán-Cruz 873*</i>	MX Oaxaca	MEXU	J
<i>S. zopilotensis</i>	<i>H. Arreola 1612*</i>	MX Guerrero	CHAPA	Z

4.3 Caracteres

De los frutos maduros se seleccionaron semillas maduras, se limpiaron con agua destilada y se montaron sobre portaobjetos con cinta adhesiva de doble cara. Entre 50 y 150 semillas por especie se usaron para cuantificar 13 caracteres (Cuadro 4) con un analizador de imágenes (Image-Pro Plus versión 3.1, Media Cybernetics, 1997) adaptado a un microscopio estereoscópico Olympus SZ-CTV. Además, a partir de los datos medidos se calcularon dos proporciones: largo/ancho mayor y ancho menor/profundidad. La forma de medición para diez de los 13 caracteres se muestra en la Figura 2.

Con el fin de evaluar y registrar la variación de la estructura primaria y secundaria, se observaron de dos a tres semillas por especie en el microscopio electrónico de barrido MEB. Las semillas se lavaron con agua destilada y unas gotas de un detergente biológico (Tween) utilizando ultrasonido. Posteriormente, se adhirieron a un porta-muestra con un fragmento de cinta adhesiva de doble cara y se cubrieron con oro. Para su observación se colocaron en la cámara de vacío del MEB modelo Hitachi-S-2460 N a 15K.

Las micrografías fueron tomadas con una cámara Pentax Z10 con película Ilford PanF 50 y Kodak T-MAX 100 y las impresiones fueron en papel térmico. Las observaciones y tomas de micrografías se realizaron en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Cuadro 4. Lista de los caracteres evaluados en la semilla.

<p style="text-align: center;"><u>Vista lateral</u> (Microscopio estereoscópico)</p>	<p style="text-align: center;"><u>Vista ventral</u></p>
<p>(A) Largo (mm) (B) Ancho mayor (mm) (C) Ancho menor (mm) (D) Distancia entre el punto del alargamiento de la región ventral y el borde hilo micrópilo (BHM) (mm) (E) Profundidad (mm) (F) Largo de la región hilo micrópilo (RHM) (mm) (G) Distancia entre el punto longitudinal y el punto de inicio de la RHM (mm) (H) Angulo entre el largo y RHM (°) (I) Angulo entre largo y el punto máximo de expansión de la región ventral (°)</p>	<p>(J) Área RHM (mm²) <u>Región lateral central tamaño de la célula</u> (MEB) Largo de célula (µm) Ancho de célula (µm) Área célula (µm²) <p style="text-align: center;"><u>Proporciones calculadas</u></p> Relación largo (A) / ancho mayor (B) Relación ancho menor(C)/profundidad (E)</p>

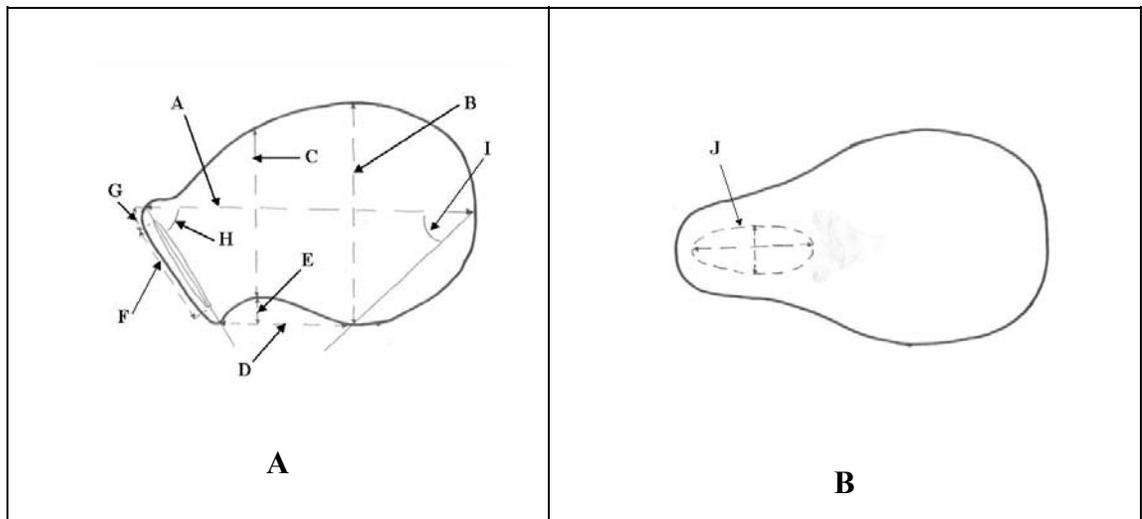


Figura 2. A y B. Representación esquemática de la forma de medición de diez caracteres de la semilla de las especies de *Stenocereus* en posición lateral y ventral. Las letras representan los caracteres medidos y se explican en el Cuadro 4.

Se tomaron micrografías completas de las semillas mostrando distintas posiciones: lateral, borde hilo-micrópilo (BHM), dorsal y región hilo micrópilo (RHM) (Fig.3). A partir de imágenes obtenidas en el MEB se cuantificaron en el centro de la región lateral (Fig. 3) el área, largo y ancho de las células epidérmicas de la testa. Los caracteres cualitativos evaluados se muestran en el Cuadro 5 y para la descripción de la microestructura de la superficie de la semilla se siguió la terminología sugerida por Barhlott y Hunt (2000).

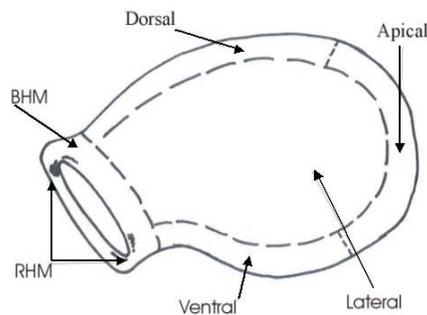


Figura 3. Diagrama de la semilla de *Stenocereus*. Topografía mostrando las distintas regiones que la conforman, (R)HM= (región) hilo-micropilar y (B)HM= (borde) hilo-micropilar. (Tomado y modificado de Barthlott y Voit, 1979)

Cuadro 5. Lista de caracteres cualitativos evaluados de la semilla. El número de estados de carácter se muestra entre paréntesis. Los estados de carácter se presentan en el Apéndice 1.

<u>Caracteres generales</u>	<u>Límite anticlinal de las células</u>
1. Simetría (2)	10. Curvatura de las paredes anticlinales (2)
2. Color (2)	11. Relieve del borde (pared anticlinal) (3)
3. Lustre (3)	12. Intersticios (2)
4. Escultura multicelular (3)	<u>Estructura de la pared periclinal</u>
5. Periferia (2)	13. Relieve (3)
6. Zona donde finaliza la quilla (3)	14. Microrelieve (2)
7. Borde de la testa (3)	15. Microestriaciones (6)
<u>Estructura primaria</u> (escultura de la testa).	<u>Región hilo-micropilar (RHM)</u>
8. Tamaño de células o diferencia de las células en posición lateral (3)	16. Orientación (2)
9. Forma de la célula en la región lateral (2)	17. Posición relativa al borde (2)
	18. Configuración del hilo y micrópilo (3)
	19. Forma del complejo HM (2)

4.4 Análisis estadístico

Se obtuvieron los valores de la estadística descriptiva básica (media, error estándar, valor máximo y valor mínimo), para cada uno de los caracteres, así como para conocer la distribución (normal o sesgada) de cada carácter a través del procedimiento univariate.

Para cumplir con los objetivos planteados en esta investigación, se aplicaron dos análisis multivariados que incluyen el canónico discriminante (CANDIS) y el discriminante clasificadorio (DISCRIM). En el primer análisis se usaron los 13 caracteres cuantitativos (Cuadro 4) y utilizando los cinco con mayor carga de acuerdo a CANDIS. Para cumplir con los supuestos de estos análisis, se verificó la existencia de normalidad de los caracteres a través de la prueba de normalidad y la homogeneidad de las varianzas. Los valores de los ángulos se transformaron a radianes y todos los valores de distancia se transformaron a logaritmos para homologar el manejo de los datos en los análisis.

Se realizó el análisis canónico discriminante (CANDIS), el cual muestra por medio de combinaciones lineares aquellas variables cuantitativas o caracteres que resumen las diferencias entre grupos o las especies y maximizan las distancias entre los centroides de éstas (Johnson, 2000). El CANDIS, tiene como requerimiento la consideración de tres o más grupos para poder realizar la discriminación y obtener el valor característico de las variables canónicas. Este análisis se aplicó para identificar la contribución relativa de cada carácter a la separación de las 24 especies. Por último se aplicó el análisis discriminante clasificadorio (DISCRIM) con los cinco caracteres identificados por CANDIS, con el objetivo de verificar si cada semilla es clasificada en la especie a la que pertenece. En resumen, este análisis corrobora que los individuos están correctamente asignados *a priori* en el CANDIS (Johnson, 2000).

Se evaluó si existen diferencias significativas entre las especies a través de un análisis de varianza del modelo general lineal. Este modelo se seleccionó porque es el adecuado para evaluar un conjunto de datos no balanceados, ya que el número de individuos por población recolectados de cada especie no fue el mismo en todos los casos. Posterior a este procedimiento, se hizo una prueba de comparación de medias aplicando la prueba de Tukey ($P < 0.05$), con la finalidad de conocer entre que pares de especies existen diferencias significativas. No se evaluó la existencia de diferencias significativas dentro de cada localidad, porque para algunas localidades sólo se tuvo un fruto o varios frutos por individuo. Otros estudios con cactáceas han mostrado que la variación entre individuos de una misma localidad es menor a intra poblacional (Aguilar, 2004; Avila, 2003). Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete SAS versión 6.04 (SAS Institute, 1998).

4.5 Análisis de similitud

El análisis de similitud es una herramienta para evaluar y comparar semejanzas morfológicas entre especies. Según los feneticistas, la clasificación debe basarse exclusivamente en la similitud fenética y a partir del mayor número de caracteres posibles. Todos los caracteres tienen el mismo peso en la formación de grupos y la similitud total entre dos entidades es la suma de las similitudes de cada uno de los caracteres utilizados en la clasificación (Crisci y López-Armengol, 1983; Stuessy, 1990). Los análisis de similitud se realizaron utilizando 65 caracteres, 15 son cuantitativos (Cuadro 4) y 50 caracteres cualitativos y cada estado se codificó como un carácter independiente (Cuadro 5; Apéndice 2). Este análisis se realizó utilizando una matriz básica de datos con 65 líneas correspondientes a los caracteres y 24 columnas correspondientes a las Unidades Taxonómicas Operativas (OTU's).

En la matriz, los caracteres cualitativos se codificaron como binarios (presencia-ausencia), mientras que los caracteres cuantitativos están representados con los valores de las medias de los caracteres, ya que éstas representan el mejor valor de la tendencia central para cada población. La matriz se estandarizó a través del método de desviación estándar (STAND) (Rolhf, 1997).

Para generar la matriz de similitud entre OTU's se utilizó el coeficiente de correlación (CORR). Este coeficiente se eligió considerando que es uno de los más apropiados para matrices mixtas (Cain y Harrison, 1958; citado en Gower, 1971). A la matriz de correlación obtenida se le aplicó un análisis de conglomerados, siguiendo el método secuencial, aglomerativo, jerárquico y anidado (SAHN), para lo cual se empleó la técnica de ligamiento promedio de la media aritmética no ponderada (UPGMA). El agrupamiento derivado de este análisis, se representó en un fenograma. A partir del fenograma, se construyó una matriz cofenética y se obtuvo el coeficiente de Mantel (r), el cual, si es mayor a 0.8, indica una buena representación de la matriz de similitud en el fenograma. Estos análisis se hicieron en el paquete NTSYS pc versión 2.0 (Rolhf, 1997).

5. RESULTADOS

5.1.1 Descripción de las semillas por especie

Stenocereus alamosensis. Fig. 4. ref. Gómez 2008* (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga de 2.59 ± 0.02 x 1.85 ± 0.02 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de 41-60°; testa negra, lustrosa, lisa; quilla prominente sobre las regiones dorsal y apical; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células uniformes, en la región lateral 99 ± 3.64 x 53 ± 1.71 μm , isodiamétricas tetragonales; relieve de la pared anticlinal acanalado con los bordes elevados, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos sobre la RHM, evidentes en las regiones lateral y periféricas; relieve de la pared periclinal plano en la región lateral; sin microrrelieve; área de la RHM de 2.62 ± 0.03 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de 41-60°; oblicuo, marcado, contorno subagudo; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

Stenocereus aragonii. Fig. 5. ref. Maxon 7858* (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, extremadamente larga, de 5.31 ± 0.04 x 3.85 ± 0.03 mm, ángulo entre el largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de 37-67°; testa negra, lustrosa, lisa; quilla sobre las regiones dorsal y apical; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células uniformes, en la región lateral 81 ± 2.31 x 63 ± 2.62 μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos sobre la región lateral, ligeramente evidentes en las regiones periféricas; relieve de la pared periclinal varía de plano a parcialmente convexo en la región lateral, convexidades en forma de domos bajos; sin microrrelieve; área de la RHM de 5.66 ± 0.08 mm^2 ; ángulo entre el largo de la semilla y el largo de la RHM de 29-61°; oblicuo, marcado, contorno subagudo; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM ovalado.

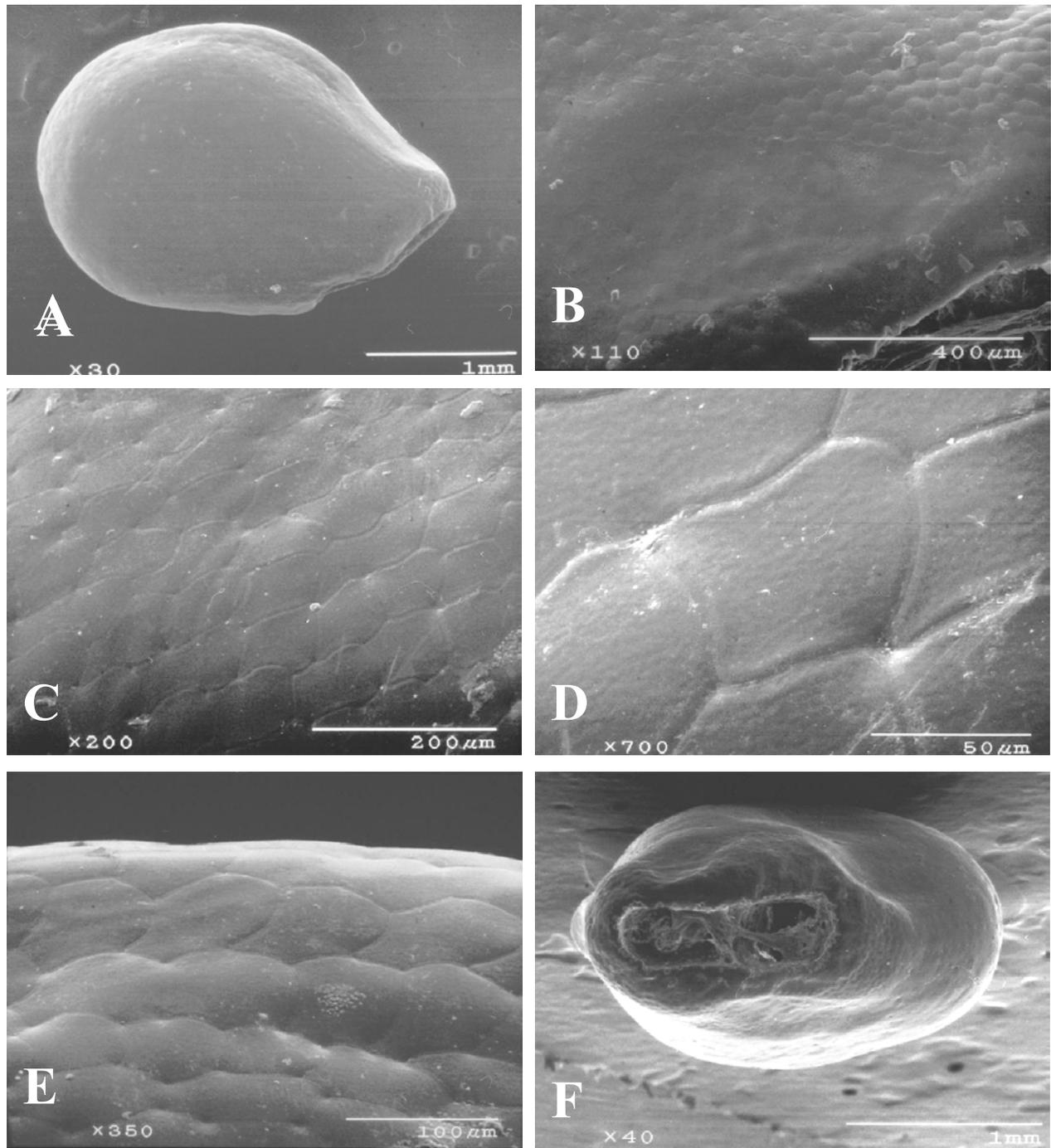


Figura 4. *Stenocereus alamosensis*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

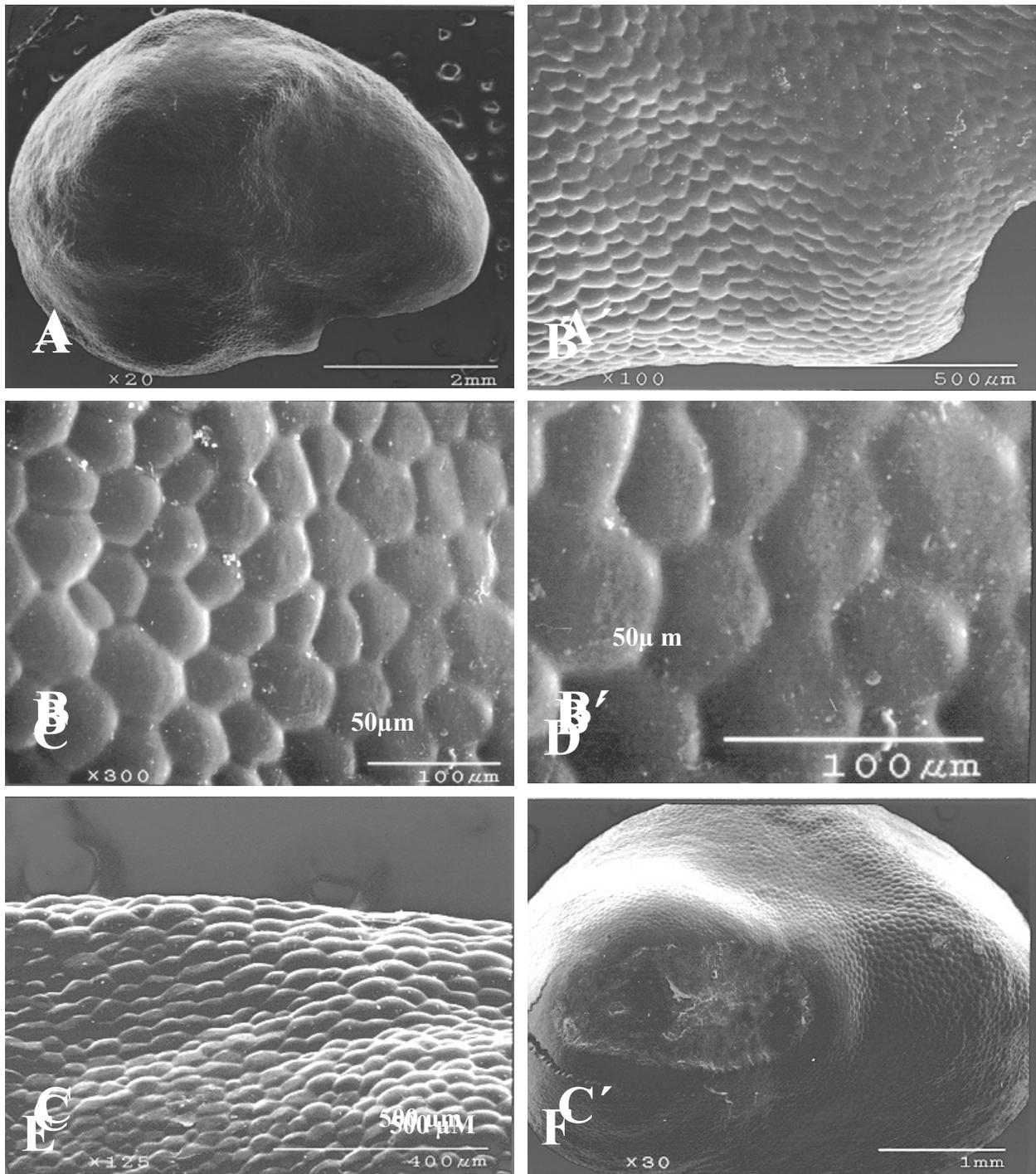


Figura 5. *Stenocereus aragonii*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus beneckeii. Fig. 6. ref. T. Terrazas 466* (CHAPA), G. Arroyo 2 (IZTA), C. Catalán s/n.

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, muy larga de 3.99 ± 0.04 x 2.75 ± 0.03 mm, ángulo entre el largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $35-82^\circ$; testa negra, lustrosa, lisa; quilla sobre las regiones dorsal y apical; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células uniformes, en la región lateral 132 ± 5.76 x 87 ± 4.98 μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, recto, intersticios con hoyos muy evidentes (punteado) en todas las regiones; relieve de la pared periclinal plano en la región lateral; sin microrrelieve; área de la RHM de 5.26 ± 0.08 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $38-69^\circ$; oblicuo, marcado, contorno subagudo; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

Stenocereus chacalapensis. Fig. 7. ref. H. Arreola 1586* (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga de 2.18 ± 0.01 x 1.51 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $36-56^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla prominente sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 124 ± 5.79 x 85 ± 2.85 μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos altos, en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones muy gruesas en los bordes de la pared periclinal, conspicuos en todas las regiones; área de la RHM de 1.98 ± 0.03 mm^2 , ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $35\pm 57^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

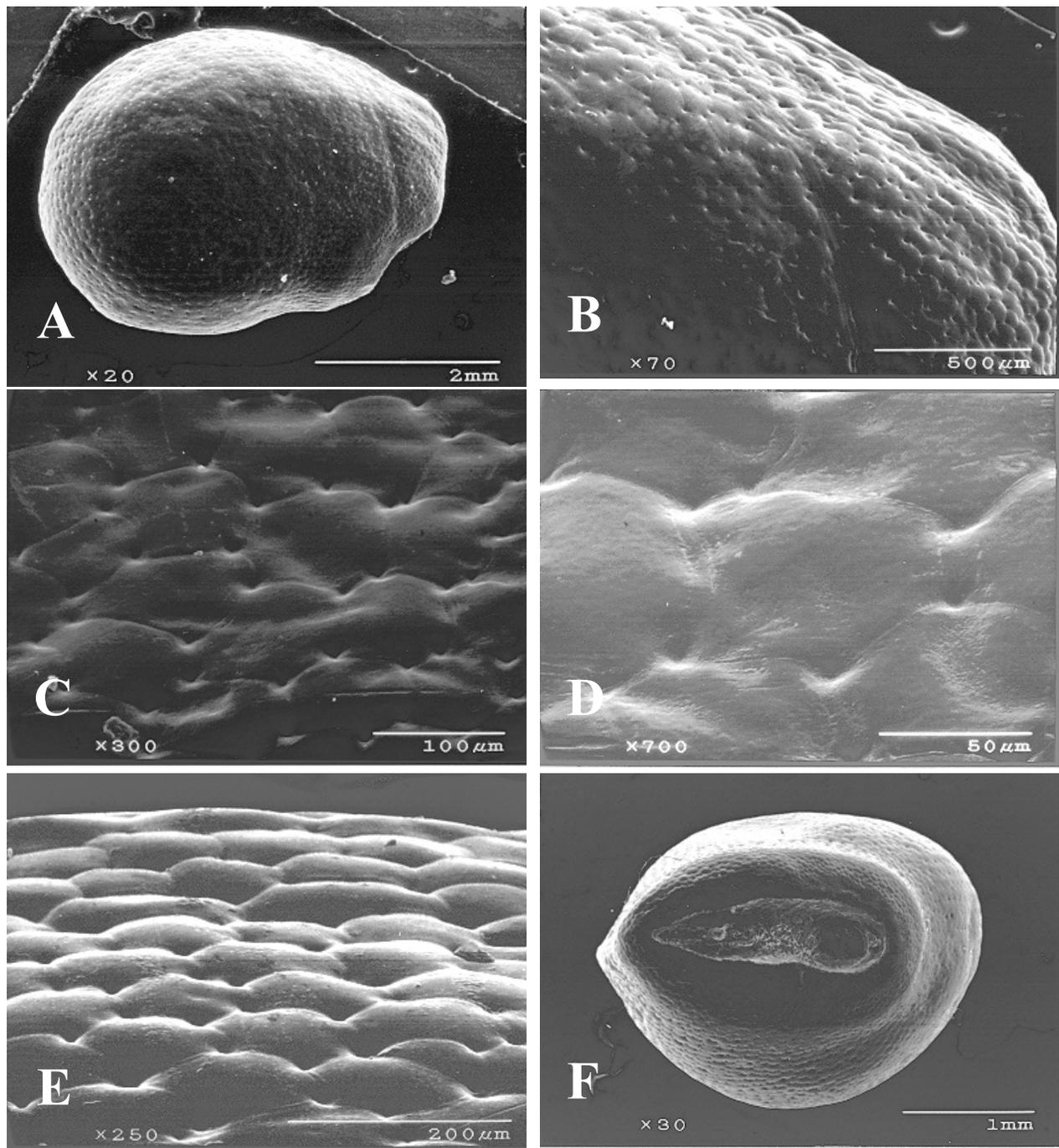


Figura 6. *Stenocereus beneckeii*. A. Completa. B. Acercamiento del borde de la RHM. C. Centro de la región lateral. D. Células de la región lateral. E. Detalle de la posición dorsal. F. RHM.

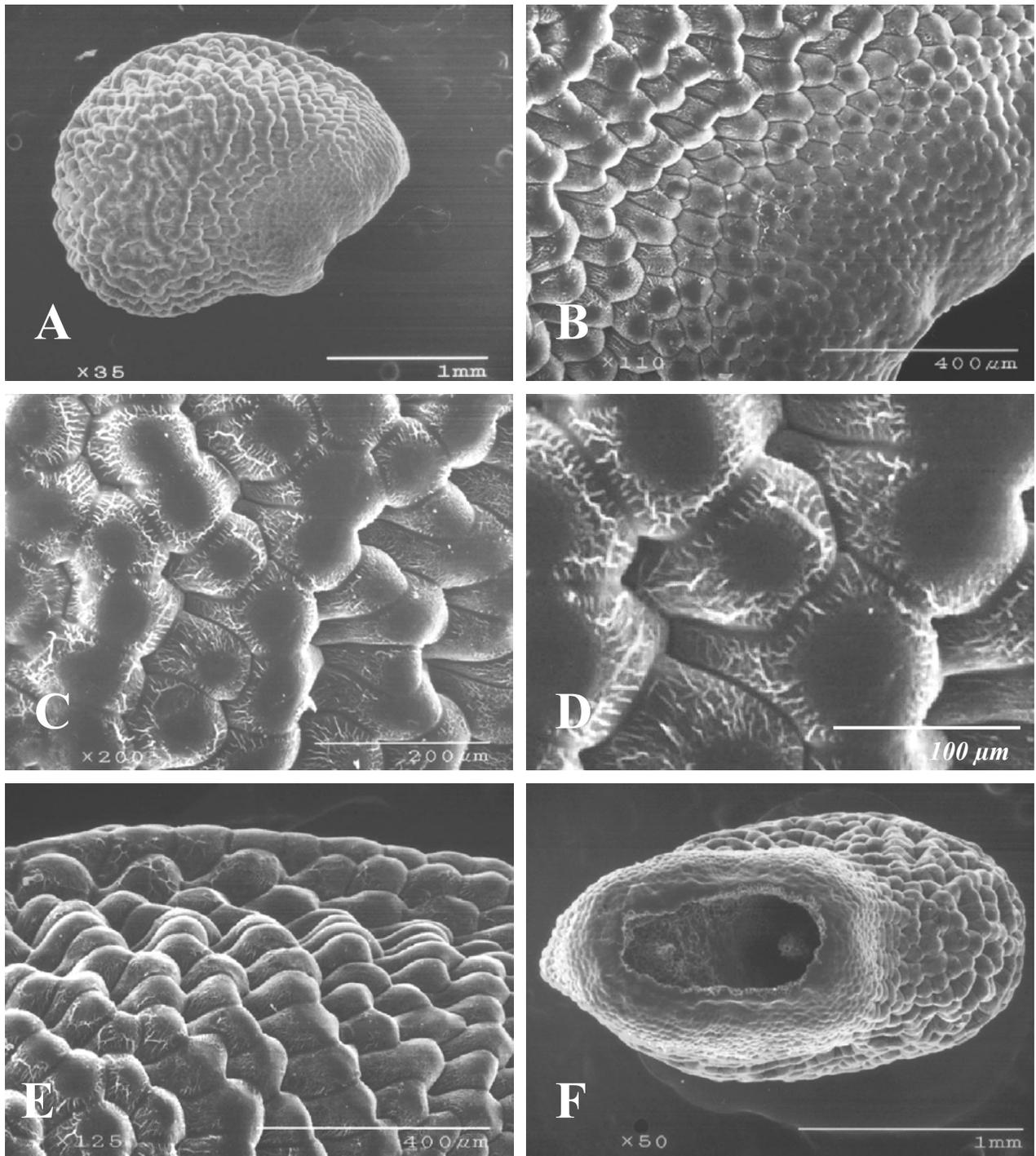


Figura 7. *Stenocereus chacalapensis*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus chrysocarpus. Fig. 8. ref. S.Arias 707* (CHAPA), T.Terrazas 660, 660bis, 670 (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga de 2.64 ± 0.01 x 1.87 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $33 \pm 64^\circ$; testa negra, sin lustre, ruminada; quilla prominente sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 85 ± 5.11 x 72 ± 2.33 μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos altos, en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones finas en toda la pared periclinal, evidente en la región lateral; área de la RHM de 2.39 ± 0.02 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $30 \pm 60^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; hilo y micrópilo cercano pero separado por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

Stenocereus dumortieri. Fig. 9. ref. Sanchez-Mejorada s/n *(CHAPA), I.Aguilar 2, 5 (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, media, 1.80 ± 0.01 x 1.13 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y el punto máximo de expansión de la región ventral de $33-72^\circ$; testa negra, sin lustre, ruminada; quilla prominente sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 65 ± 3.07 x 56 ± 2.11 μm , isodiamétricas pentagonales y hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos, en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones muy gruesas entrecruzadas en toda la pared periclinal y estriaciones en los márgenes de las células; área de la RHM de 1.86 ± 0.02 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $29 \pm 61^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso, el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

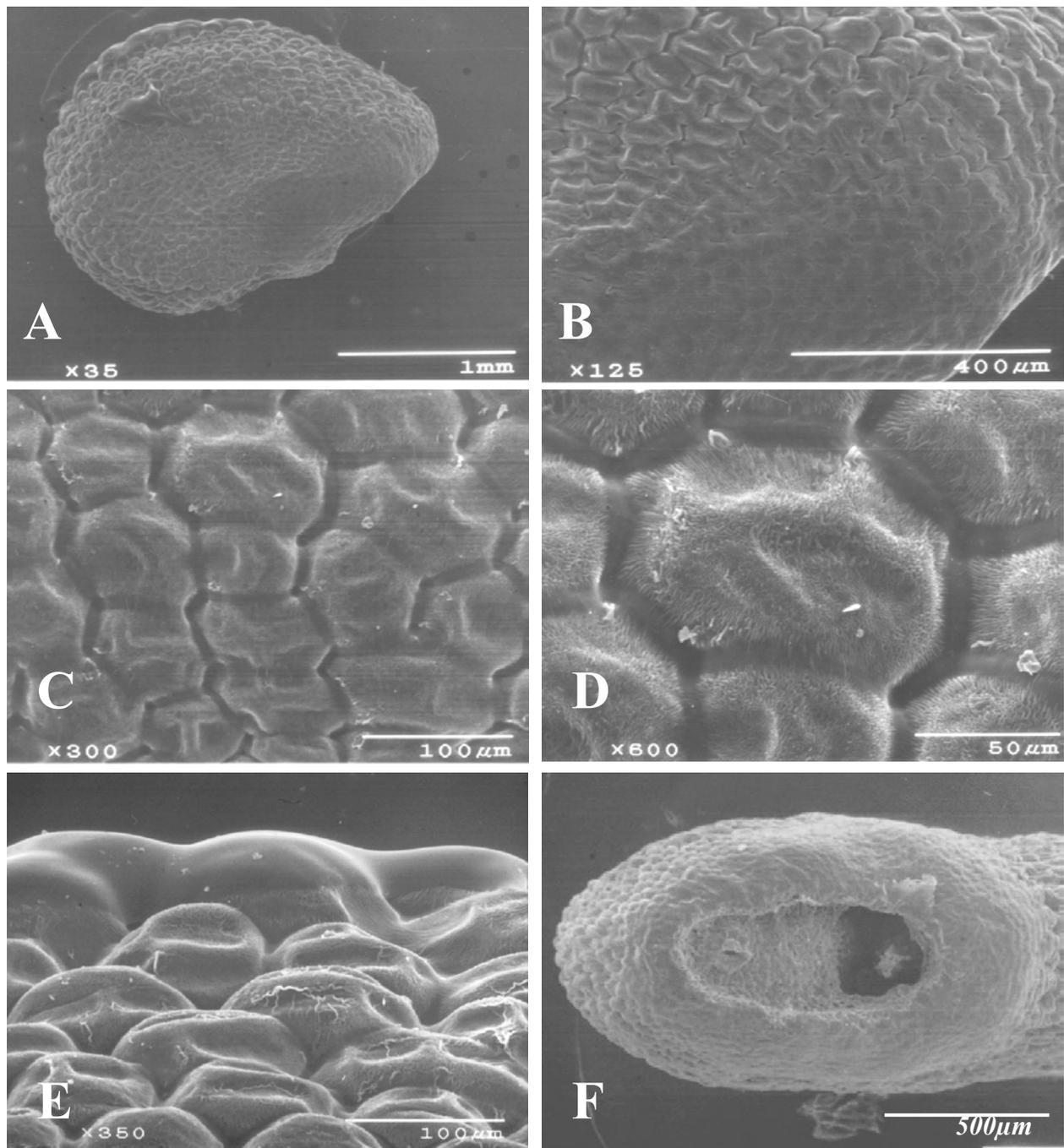


Figura 8. *Stenocereus chrysocarpus*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

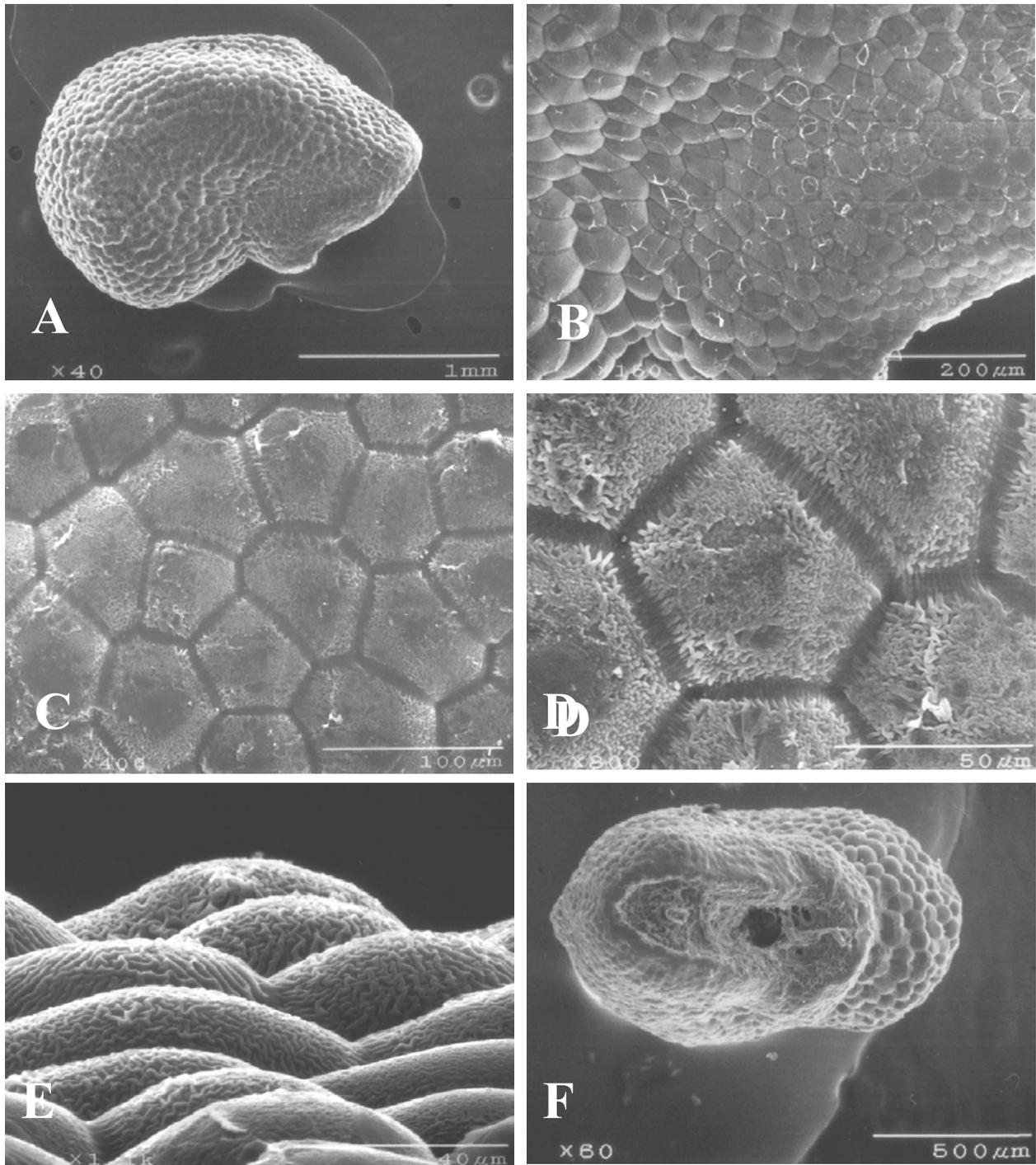


Figura 9. *Stenocereus dumortieri*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus eichlamii. Fig. 10. ref. S.Arias 1329*, 1175 (MEXU), H.Bravo s/n, (MEXU), P.C.Standley 22328 (US.NY/H).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, extremadamente larga, $4.73 \pm 0.07 \times 3.55 \pm 0.05$ mm, ángulo entre el largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de 37-77°; testa negra, lustrosa, lisa; quilla prominente sobre las regiones dorsal y apical; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células uniformes, en la región lateral $74 \pm 3.58 \times 60 \pm 2.14$ μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos o ausentes sobre región lateral, ligeramente evidentes en las regiones periféricas; relieve de la pared periclinal varía de plana a parcialmente convexo en la región lateral; sin microrrelieve; el área de la RHM de 4.84 ± 0.07 mm^2 ; el ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de 21-58°; oblicuo, marcado, contorno subagudo; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM ovalado.

Stenocereus eruca. Fig. 11. ref. H. Arreola 1615, 1616* (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, $2.42 \pm 0.02 \times 1.68 \pm 0.02$ mm, ángulo entre el largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de 18-55°; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla prominente sobre la región dorsal; borde expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral $71 \pm 6.73 \times 57 \pm 4.36$ μm , isodiamétricas tetragonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, muy escasos en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones muy gruesas entrecruzadas en toda la pared periclinal; área de la RHM de 1.82 ± 0.03 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de 9-32°; oblicuo, marcado, contorno subagudo; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

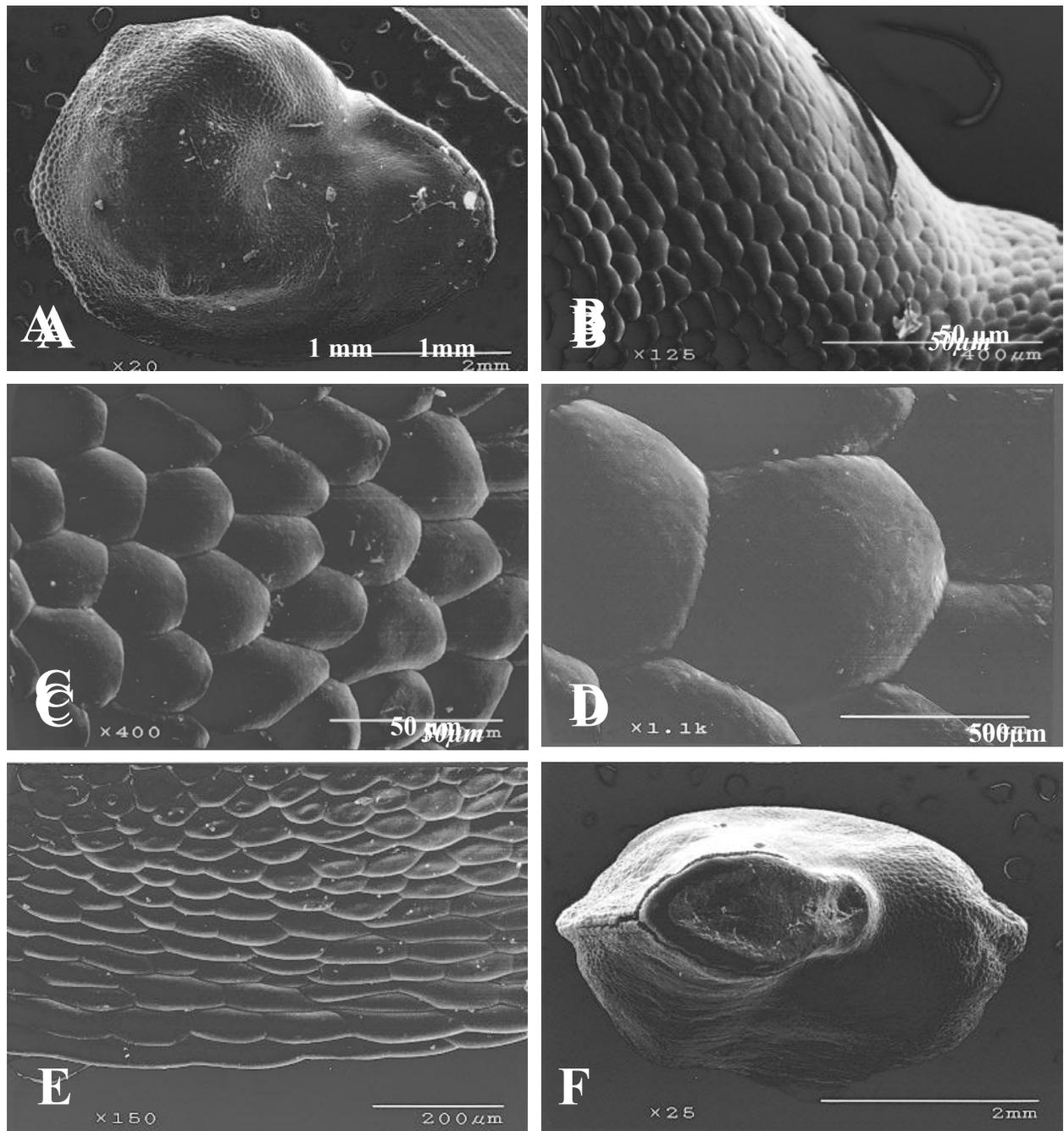


Figura 10. *Stenocereus eichlamii*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

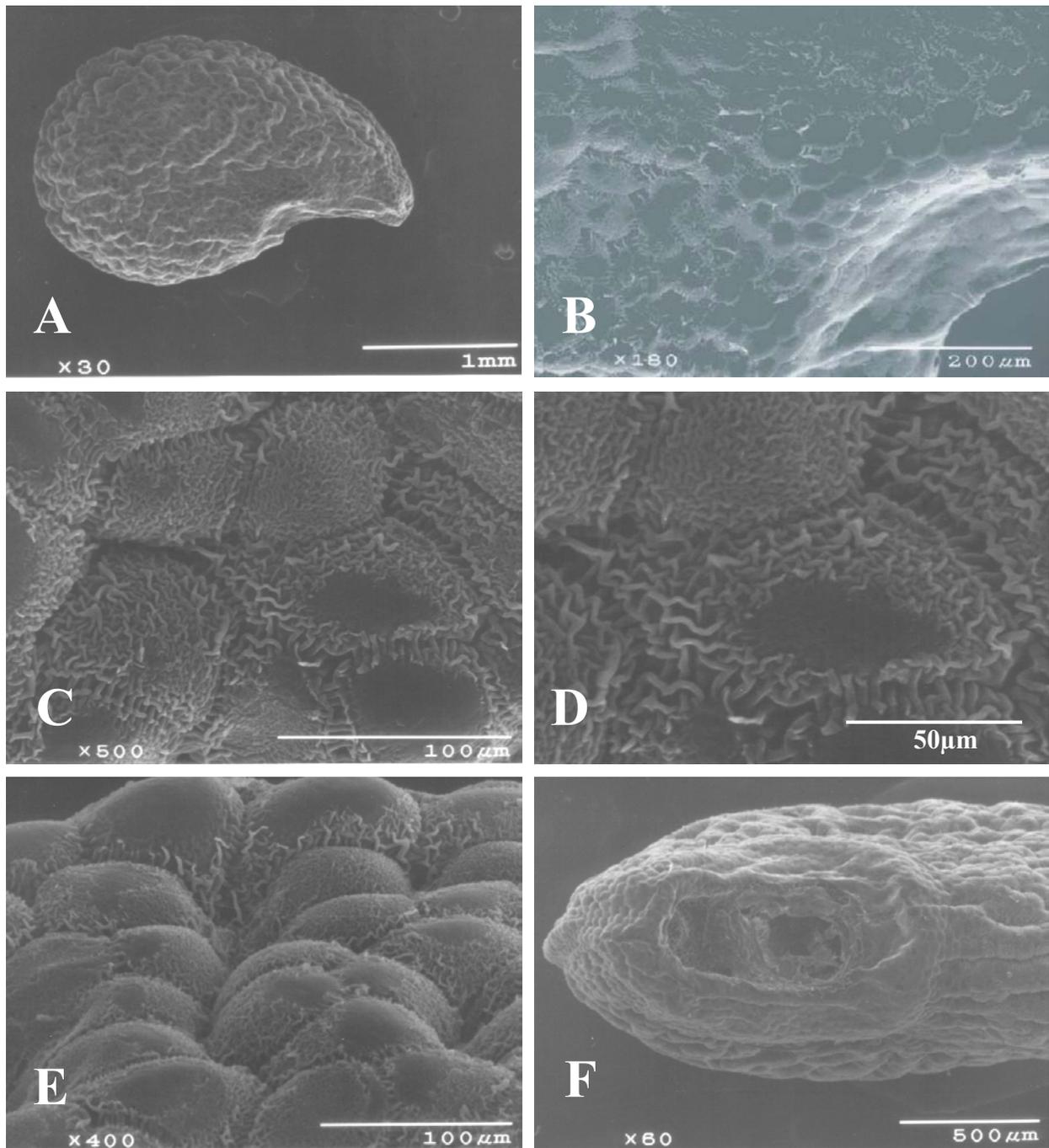


Figura 11. *Stenocereus eruca*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus fimbriatus. Fig.12. ref. N.L.Britton 12694* (NY), Jardín Botánico Nacional de la Habana(JBN) No. 8700361.

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, media, 1.82 ± 0.02 x 1.36 ± 0.01 mm, ángulo entre el largo de la semilla y el punto máximo de expansión de la región ventral de $41\pm 72^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla prominente sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 92 ± 3.81 x 61 ± 4.05 μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, poco evidentes en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, las convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones gruesas en los bordes de la pared periclinal y estriaciones en los márgenes de las células; área de la RHM de 1.79 ± 0.03 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $40\pm 57^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

Stenocereus fricii. Fig. 13. ref. H. Arreola 1402*, 1570,1569 (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga de 2.81 ± 0.02 x 1.96 ± 0.01 mm, ángulo entre el largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $37-68^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla sobre las regiones dorsal y apical; borde expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 132 ± 5.02 x 85 ± 2.91 μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, las convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones gruesas en los bordes de la pared periclinal; área de la RHM de 2.34 ± 0.03 mm^2 ; el ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $35\pm 81^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

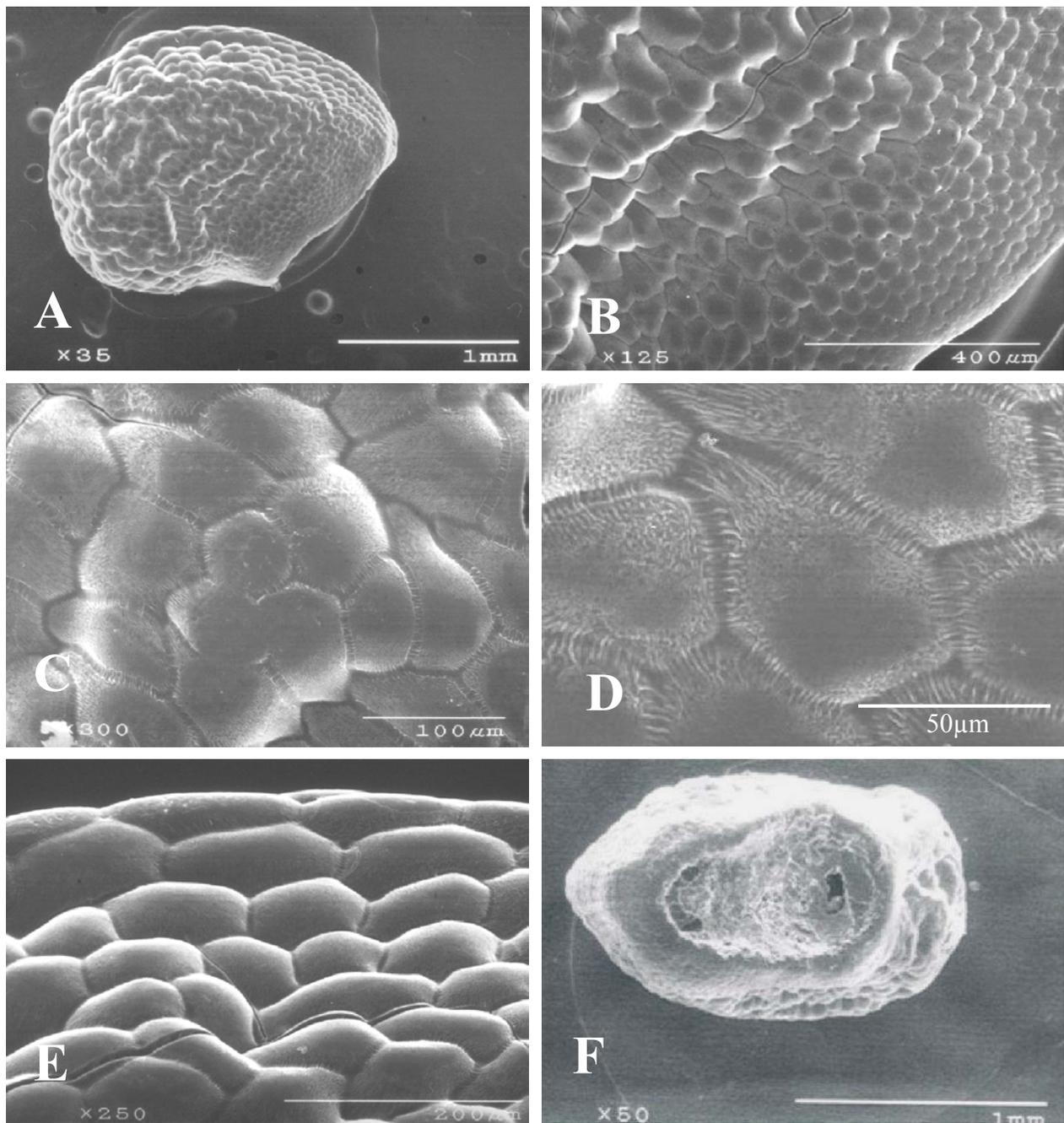


Figura 12. *Stenocereus fimbriatus*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

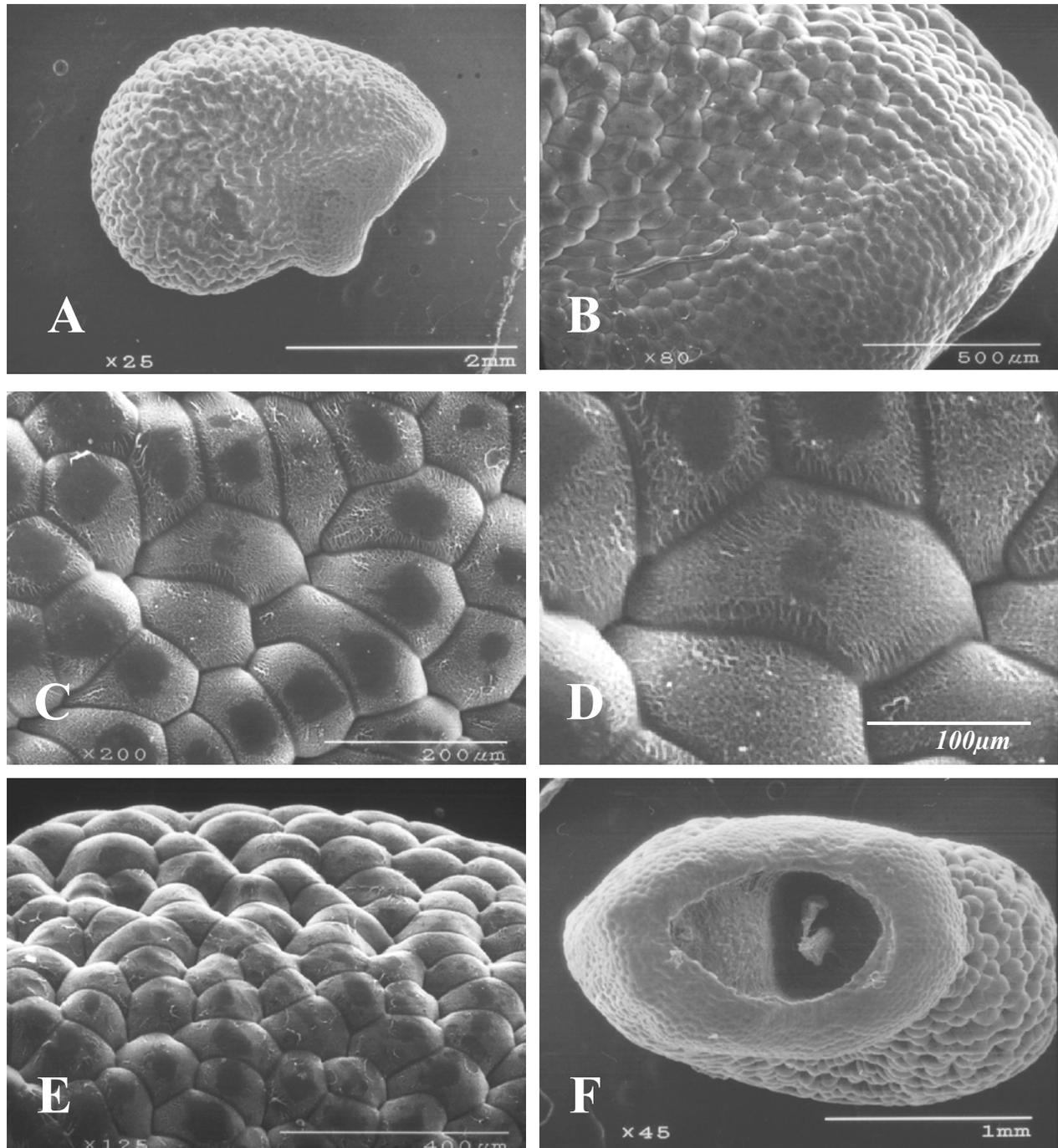


Figura 13. *Stenocereus fricii*. A. Completa. B. Acercamiento del borde de la RHM. C. Centro de la región lateral. D. Células de la región lateral. E. Detalle de la posición dorsal. F. RHM.

Stenocereus griseus. Fig. 14. ref. T.Terrazas 611*, 609 (CHAPA), AND32.

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, $2.20 \pm 0.01 \times 1.49 \pm 0.01$ mm, ángulo entre el largo de la semilla y el punto máximo de expansión de la región ventral de $34-56^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral $95 \pm 2.76 \times 63 \pm 2$ μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, con hoyos diminutos y cráteres evidentes en las regiones lateral y periféricas, ausentes en la RHM; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones muy gruesas en los bordes de la pared periclinal; área de la RHM de 2.18 ± 0.02 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $30-55^\circ$; oblicuo; marcado, contorno subagudo, el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

Stenocereus gummosus. Fig.15. ref. H. Arreola 1612A*(CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, media, $1.89 \pm 0.01 \times 1.29 \pm 0.01$ mm, ángulo entre el largo de la semilla y el punto máximo de expansión de la región ventral de $32-50^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral $40 \pm 1.84 \times 29 \pm 1.04$ μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos en todas regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones muy gruesas entrecruzadas que cubren parte de la pared periclinal en las regiones lateral y periféricas; área de la RHM de 1.33 ± 0.02 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $23-49^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

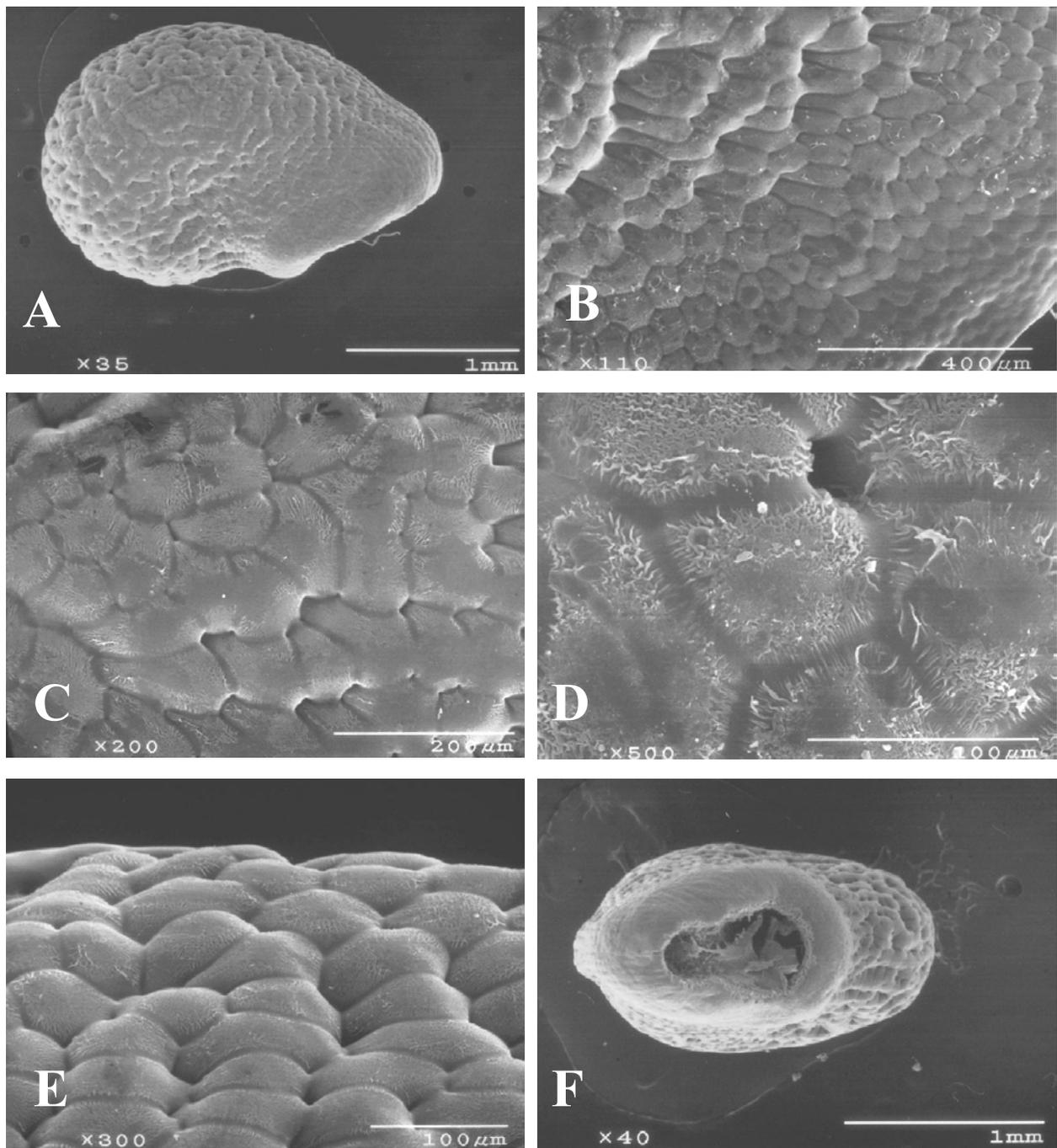


Figura 14. *Stenocereus griseus*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

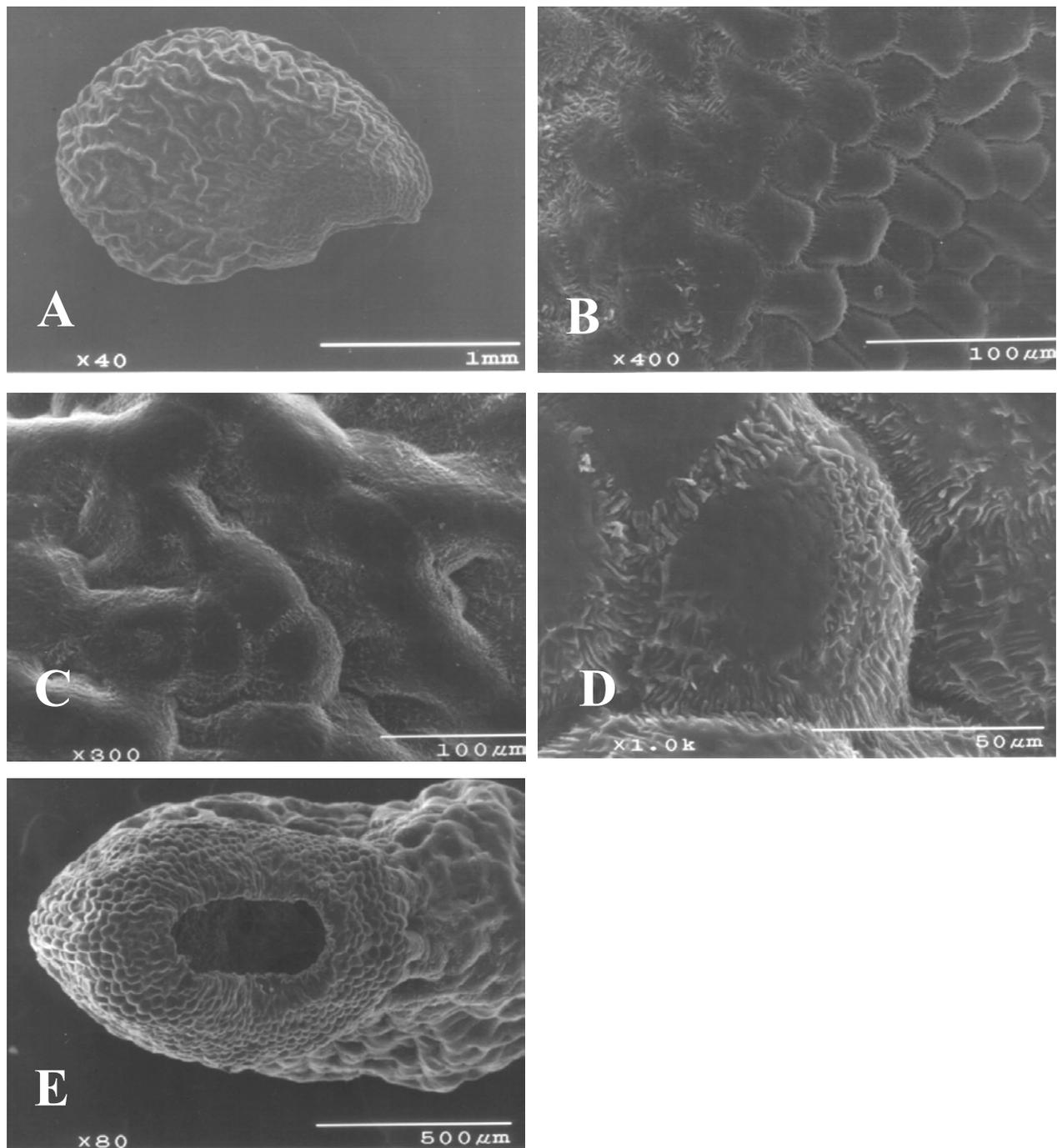


Figura. 15. *Stenocereus gummosus*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** RHM.

Stenocereus kerberi. Fig. 16. ref. H. Arreola 1379 (IBUG), 1602*, 1604 (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, $2.76 \pm 0.02 \times 1.96 \pm 0.01$ mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $38-65^\circ$; testa negra, lustrosa, lisa; quilla prominente sobre las regiones dorsal y apical; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células uniformes, en la región lateral $75 \pm 7.40 \times 50 \pm 3.80$ μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos o ausentes en la región lateral; relieve de la pared periclinal plano en la región lateral; sin microrrelieve; área de la RHM de 2.71 ± 0.03 mm^2 ; el ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $26-74^\circ$; oblicuo, marcado, contorno subagudo; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

Stenocereus laevigatus. Fig. 17. ref. Guzmán-Cruz. 997*(MEXU), S.Arias 1088, 1083 (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, $2.21 \pm 0.01 \times 1.55 \pm 0.01$ mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $40-69^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla prominente sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral $94 \pm 2.72 \times 64 \pm 1.92$ μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, evidentes en la RHM, escasos en las regiones lateral y periféricas; relieve de la pared periclinal convexo, las convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrelieve con estriaciones gruesas en los bordes de la pared periclinal, evidente en regiones lateral y periféricas; área de la RHM de 1.65 ± 0.26 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $34-64^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

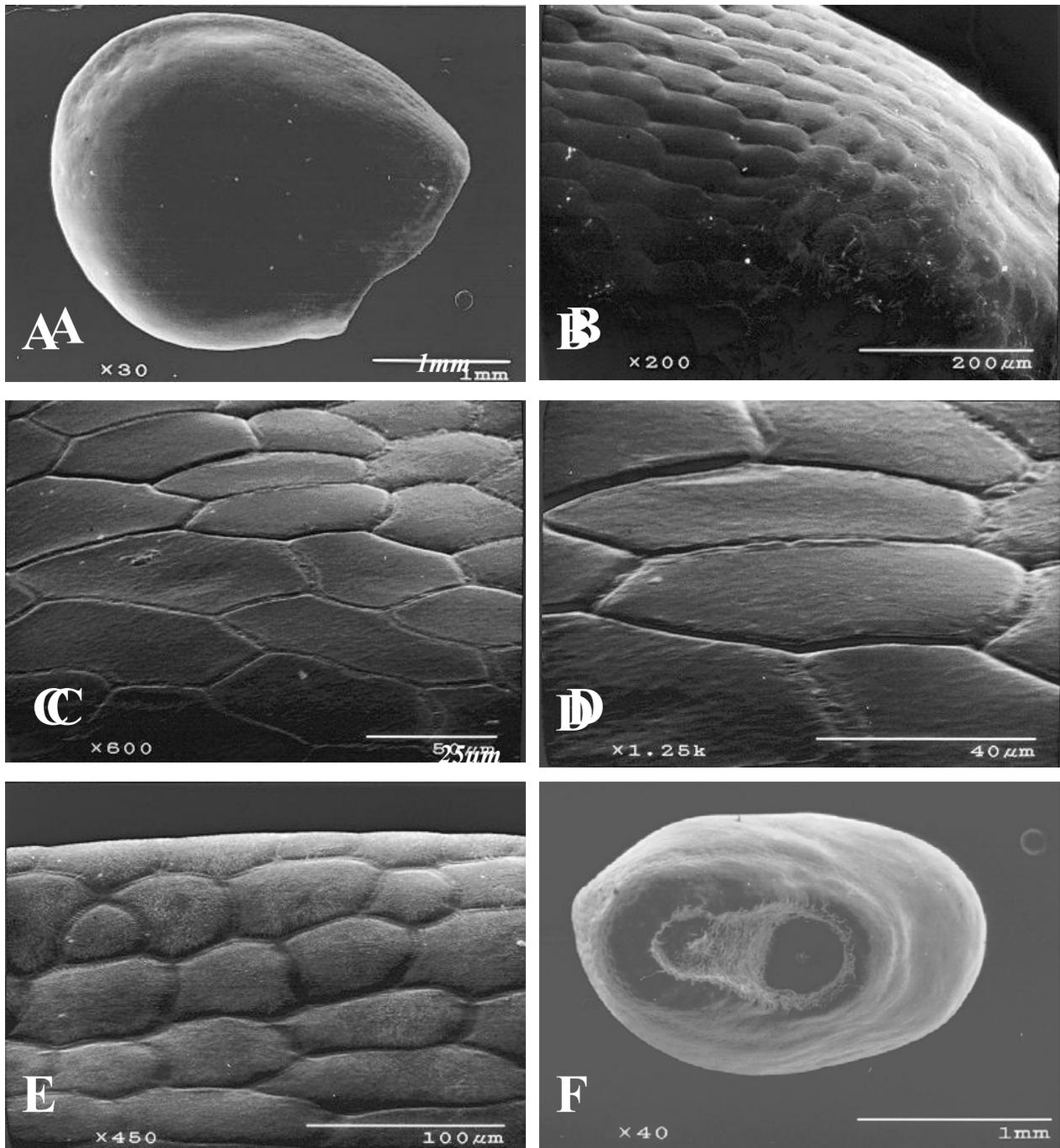


Figura 16. *Stenocereus kerberi*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

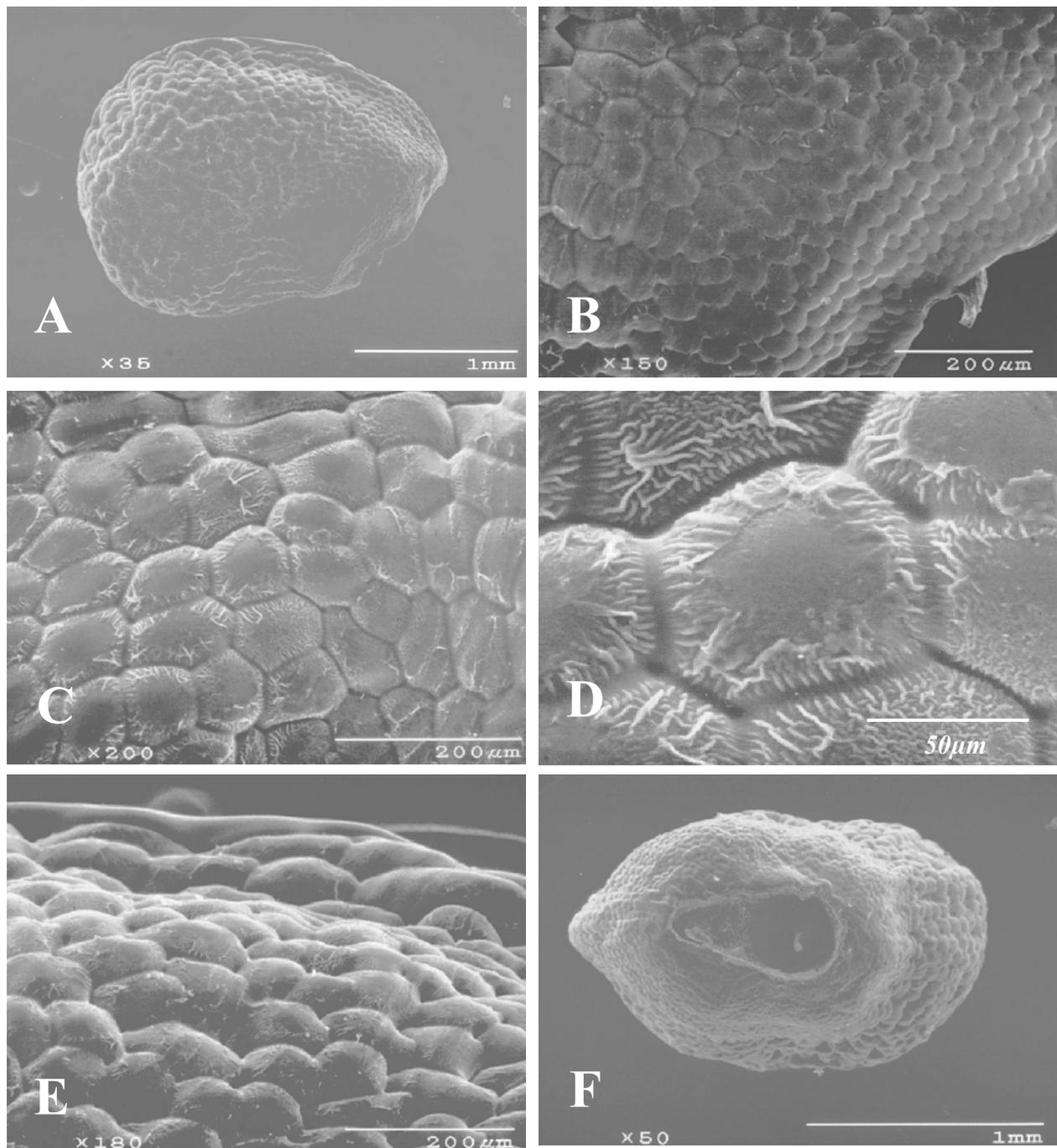


Figura 17. *Stenocereus laevigatus*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus martinezii. Fig. 18. ref. H. Arreola 1564* (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, media, 1.89 ± 0.01 x 1.27 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de 44-65°; testa negra, sin lustre, ruminada; quilla prominente sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 70 ± 2.43 x 50 ± 2.48 μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos evidentes en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones gruesas en los bordes de la pared periclinal; área de la RHM de 1.69 ± 0.03 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de 43-67°; oblicuo, marcado, contorno subagudo; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

Stenocereus montanus. Fig. 19. ref. Reyes O. s/n*.H. Arreola 1557 (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, 2.43 ± 0.01 x 1.67 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de 40-59°; testa negra, sin lustre, ruminada; quilla sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas cerca del hilo, en la región lateral 80 ± 3.73 x 64 ± 3.23 μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, evidentes en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones gruesas en los bordes de la pared periclinal; área de la RHM de 2.53 ± 0.02 mm^2 ; el ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de 34-60°; oblicuo, marcado, contorno subagudo; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

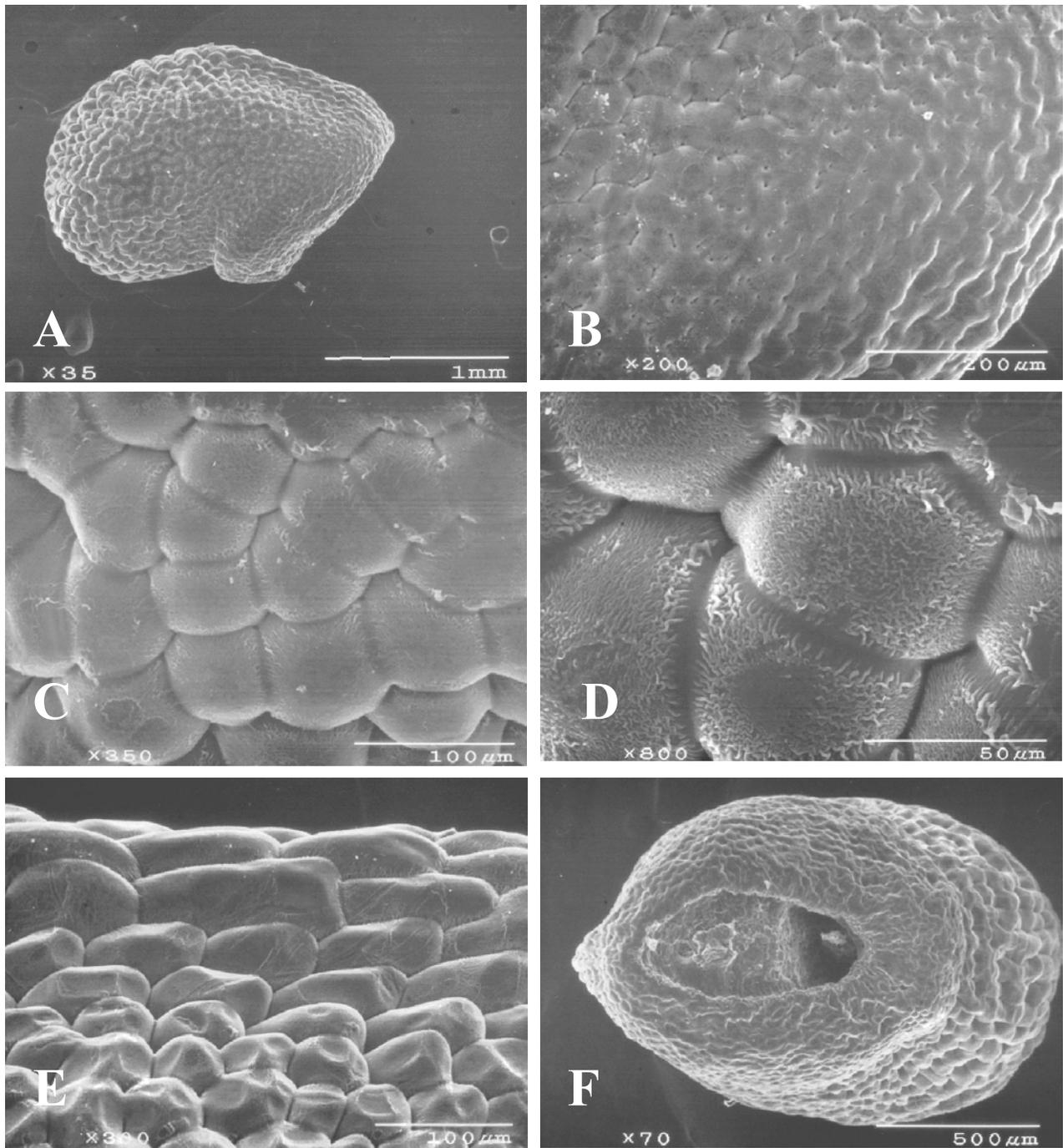


Figura 18. *Stenocereus martinezii*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

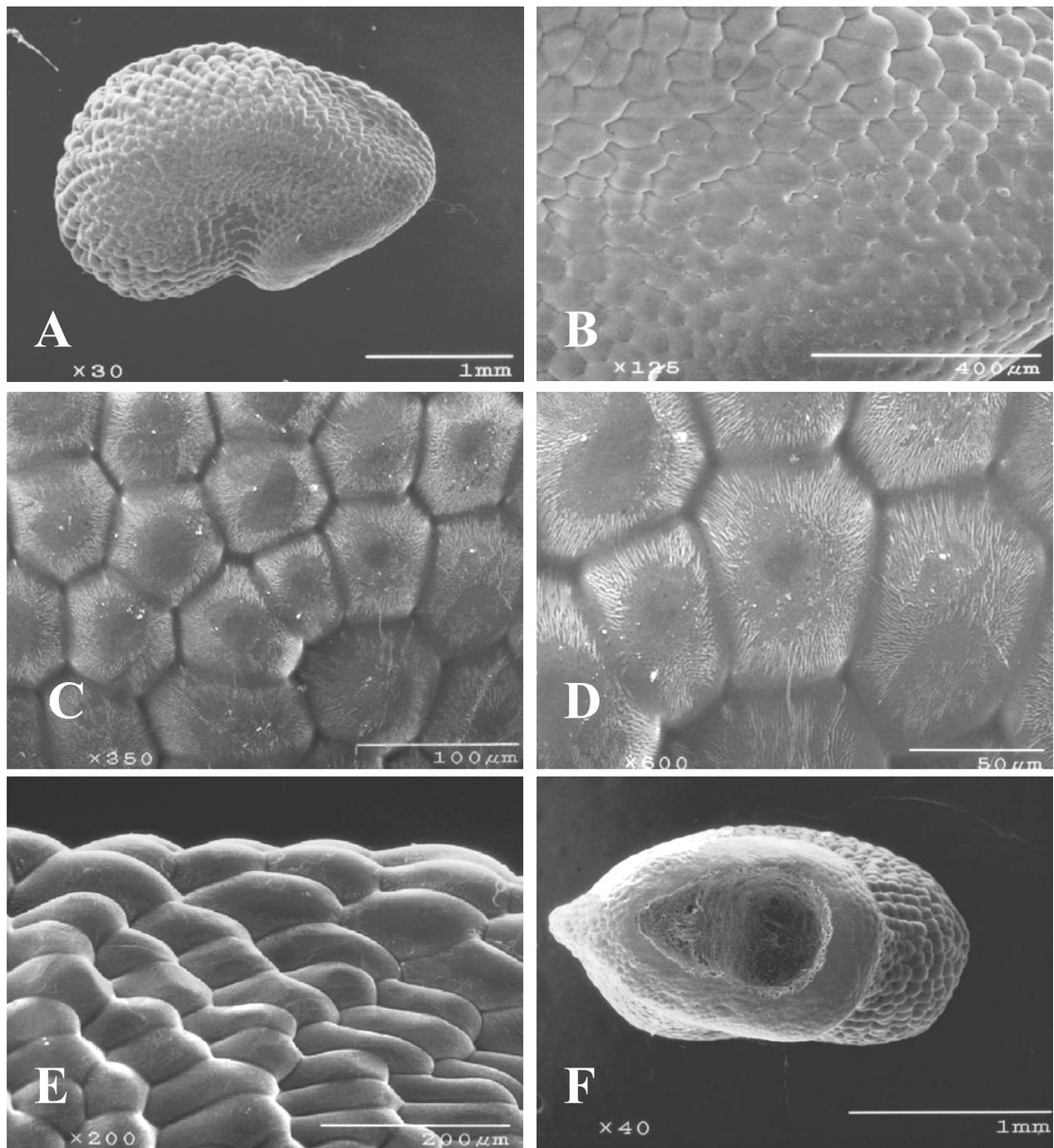


Figura 19. *Stenocereus montanus*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus pruinosus. Fig. 20. ref. T.Terrazas 631* (CHAPA), S.Gama 34 (MEXU), Guzmán-Cruz 1005 (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, $2.41 \pm 0.02 \times 1.74 \pm 0.01$ mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $36-67^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla sobre la región dorsal; el borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas cerca del hilo, en la región lateral $103 \pm 6.19 \times 60 \pm 3.53$ μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, con hoyos diminutos y cráteres en la región lateral; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones gruesas en los bordes de la pared periclinal; área de la RHM de 2.07 ± 0.02 mm^2 ; el ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $37-67^\circ$; oblicuo, marcado, contorno subagudo; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

Stenocereus queretaroensis. Fig. 21. ref. Sánchez-Mejorada s/n* H.Arreola 1337 (IBUG), Sánchez 31 (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, $2.37 \pm 0.02 \times 1.64 \pm 0.02$ mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $39-64^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral $115 \pm 6.87 \times 64 \pm 3.41$ μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, con hoyos diminutos y cráteres en las regiones lateral y periféricas; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones finas en los bordes de la pared periclinal; área de la RHM de 2.09 ± 0.02 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $29-55^\circ$; oblicuo, marcado, contorno subagudo; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

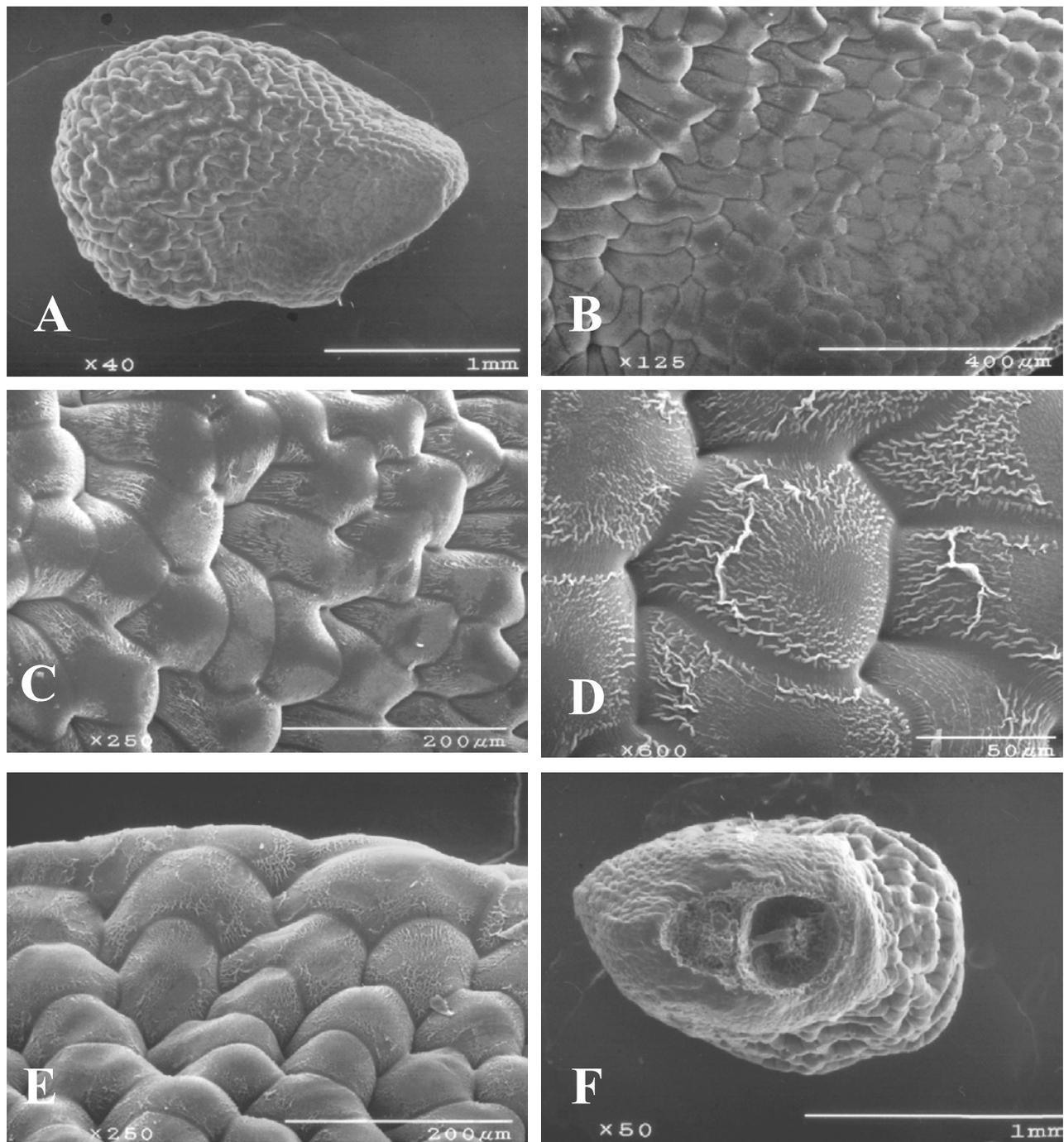


Figura. 20. *Stenocereus pruinosus*. A. Completa. B. Acercamiento del borde de la RHM. C. Centro de la región lateral. D. Células de la región lateral. E. Detalle de la posición dorsal. F. RHM.

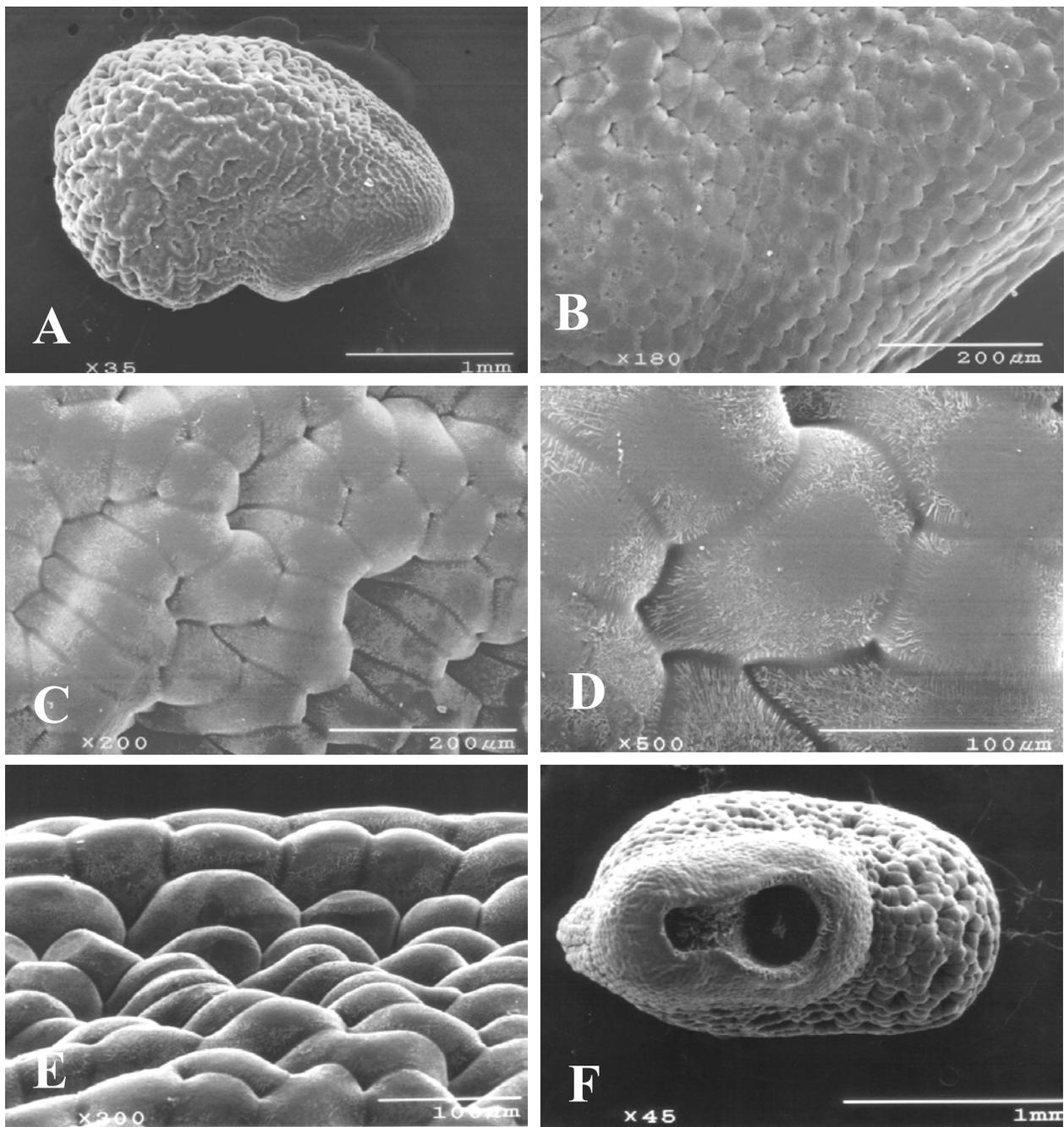


Figura 21. *Stenocereus queretaroensis*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus quevedonis. Fig. 22. ref. S.Arias 684*, 692 (MEXU), Sánchez-Mejorada 71-0502 (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, media, 1.87 ± 0.01 x 1.27 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $41-67^\circ$; testa negra, sin lustre, ruminada; quilla sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 81 ± 3.17 x 48 ± 1.82 μm , isodiamétricas pentagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, evidentes en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones gruesas en toda la pared periclinal y estriaciones en los márgenes de las células; área de la RHM de 1.70 ± 0.02 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $42-71^\circ$; oblicuo, marcado, contorno subagudo; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

Stenocereus standleyi. Fig. 23. ref. Arturo-Curiel s/n*, H.Arreola 1609 (CHAPA), S.Arias 738-A (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, 1.99 ± 0.01 x 1.40 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $38-69^\circ$; testa negra, sin lustre, ruminado; quilla prominente sobre la región dorsal; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 91 ± 7.88 x 54 ± 2.65 μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto con ligeras ondulaciones en la región lateral, intersticios con hoyos diminutos, escasos, ausentes en la RHM; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones finas en toda la pared periclinal y estriaciones en los márgenes de las células; área de la RHM de 1.85 ± 0.02 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $32-68^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo agujero de cerradura.

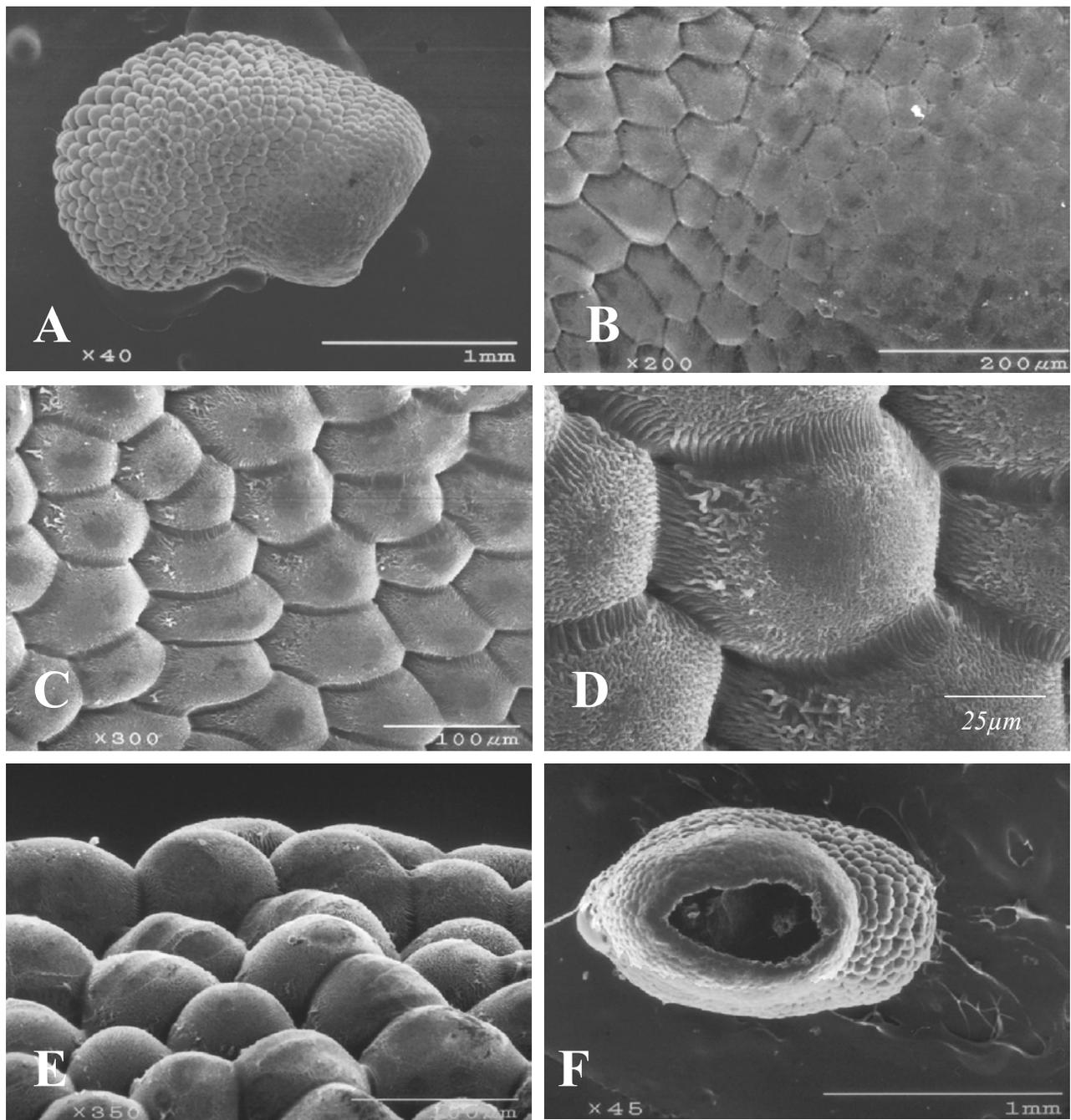


Figura 22. *Stenocereus quevedonis*. A. Completa. B. Acercamiento del borde de la RHM. C. Centro de la región lateral. D. Células de la región lateral. E. Detalle de la posición dorsal. F. RHM.

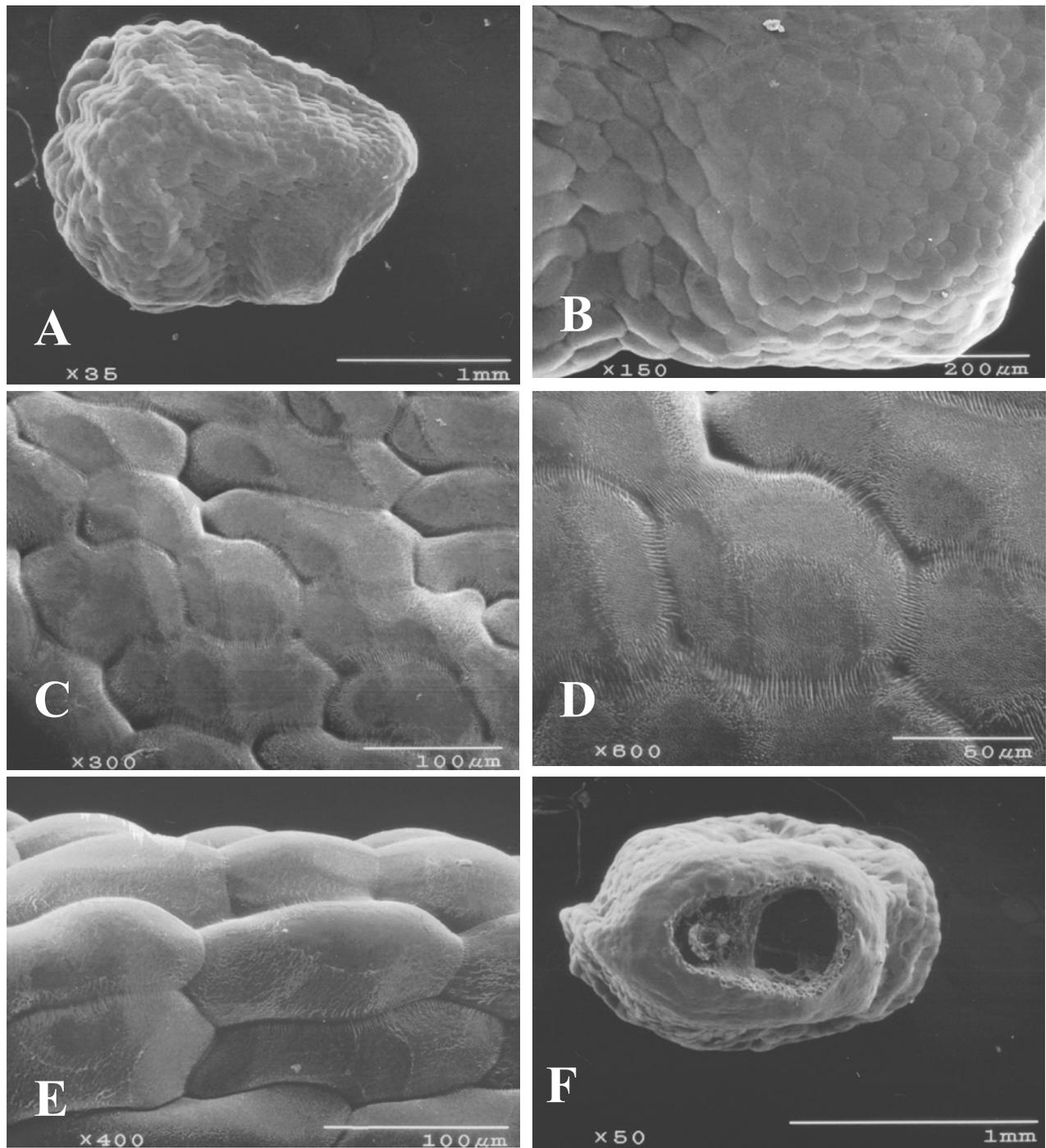


Figura 23. *Stenocereus standleyi*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus stellatus. Fig. 24. ref. S.Arias 827*, 867 (MEXU), Guzmán-Cruz 871 (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, media, 1.83 ± 0.01 x 1.26 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $38-63^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla sobre la región dorsal; el borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas cerca del hilo, en la región lateral 28 ± 1.37 x 20 ± 1.14 μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos y crateres, escasos en las regiones lateral y periféricas; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones muy gruesas entrecruzadas en toda la pared periclinal; área de la RHM de 1.97 ± 0.03 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $39-77^\circ$; oblicuo, marcado, contorno subagudo; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

Stenocereus thurberi. Fig. 25. ref. H. Arreola 1555* (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, media de 1.71 ± 0.01 x 1.22 ± 0.01 mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $36-59^\circ$; testa negra, semi-lustrosa, ruminada; quilla prominente sobre las regiones dorsal y apical; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral 48 ± 2.11 x 31 ± 1.38 μm , isodiamétricas hexagonales; relieve de la pared anticlinal acanalado con los bordes elevados, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, escasos en región lateral, evidente en las regiones periféricas; relieve de la pared periclinal de liso a convexo, las convexidades en forma de domos muy bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones finas en toda la pared periclinal; área de la RHM de 2.36 ± 0.22 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $41-65^\circ$; oblicuo, marcado, contorno subagudo; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

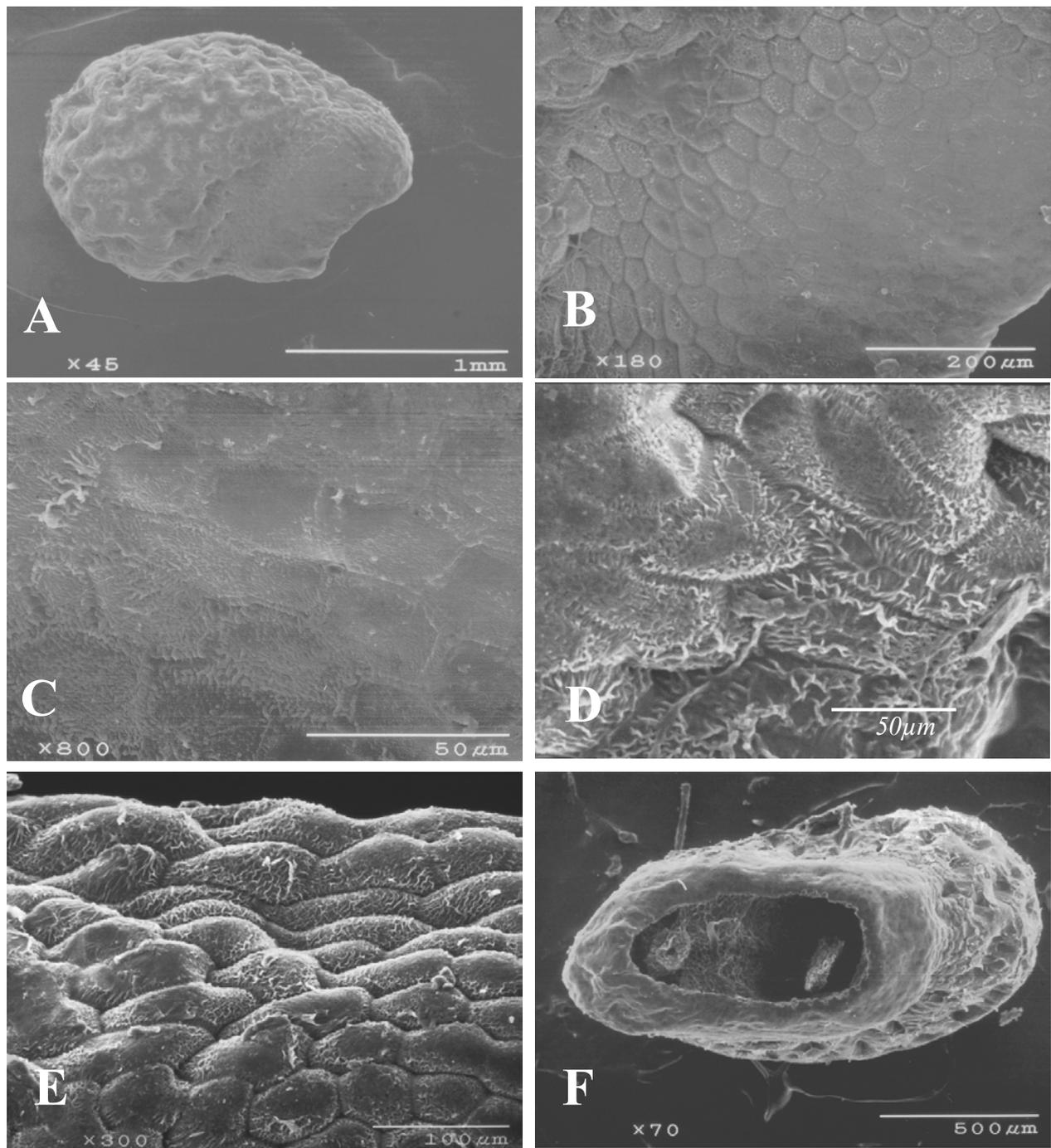


Figura 24. *Stenocereus stellatus*. A. Completa. B. Acercamiento del borde de la RHM. C. Centro de la región lateral. D. Células de la región lateral. E. Detalle de la posición dorsal. F. RHM.

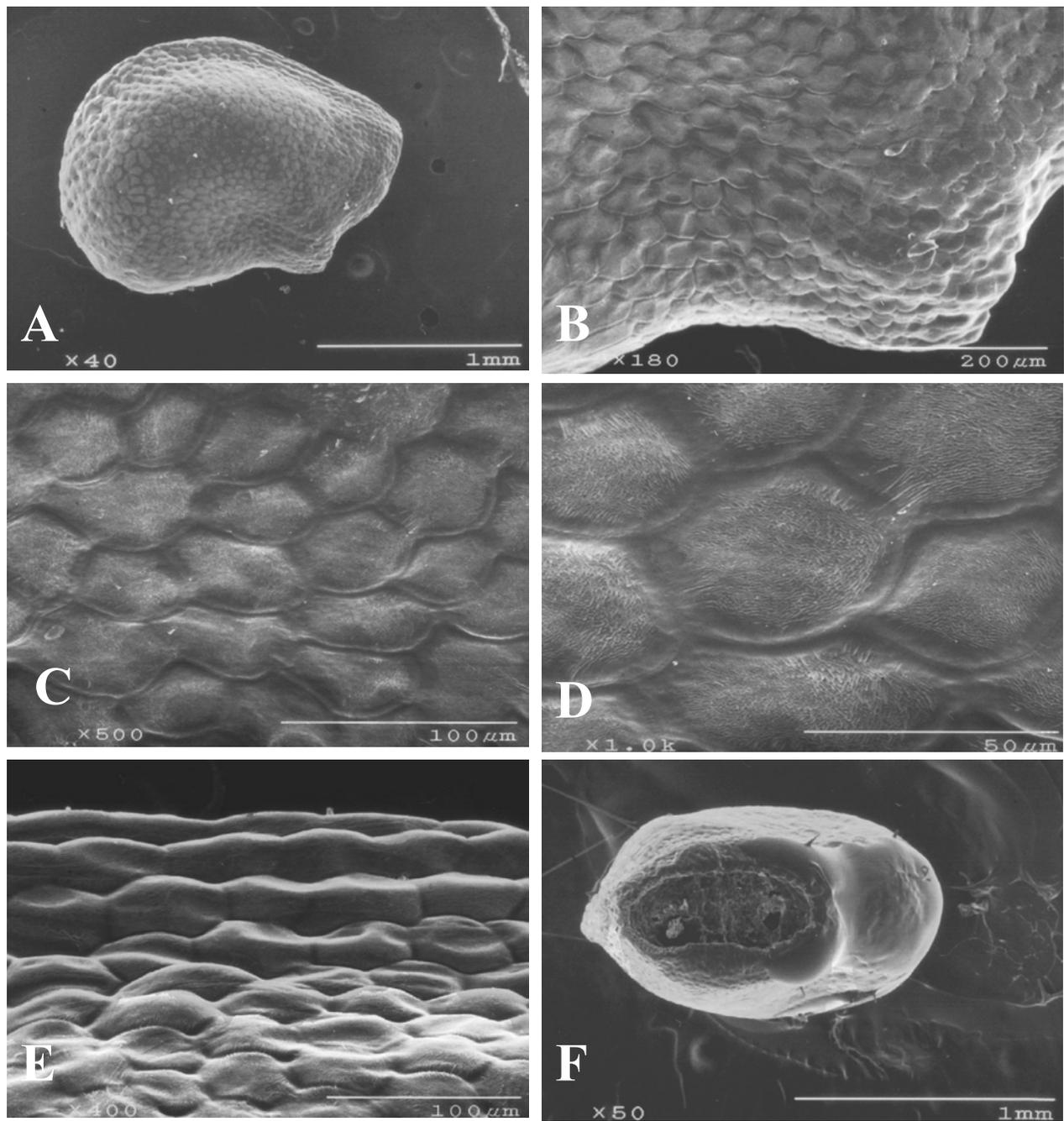


Figura 25. *Stenocereus thurberi*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

Stenocereus treleasei. Fig. 26. ref. Guzmán-Cruz 873* (MEXU).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, $2.11 \pm 0.01 \times 1.58 \pm 0.01$ mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $41-67^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla sobre las regiones dorsal y apical; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral $80 \pm 5.45 \times 49 \pm 3.35$ μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto a ligeramente ondulado en región lateral, intersticios con hoyos diminutos, escasos en todas las regiones; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones muy gruesas entrecruzadas en toda la pared periclinal; área de la RHM de 2.11 ± 0.03 mm^2 ; ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $41-63^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

Stenocereus zopilotensis. Fig. 27. ref. H. Arreola 1602* (CHAPA).

Semilla asimétrica y ampliamente ovoide, larga, $2.85 \pm 0.02 \times 2.10 \pm 0.02$ mm, ángulo entre largo de la semilla y punto máximo de expansión de la región ventral de $38-59^\circ$; testa negra, sin lustre, rugosa; quilla sobre la región dorsal, apical y ventral; borde ligeramente expandido alrededor del hilo; células gradualmente más pequeñas hacia el hilo, en la región lateral $89 \pm 3.99 \times 58 \pm 1.56$ μm , isodiamétricas poligonales; relieve de la pared anticlinal acanalado, evidente en todas las regiones, recto, intersticios con hoyos diminutos, evidentes en las regiones lateral y periféricas; relieve de la pared periclinal convexo, convexidades en forma de domos bajos en todas las regiones; microrrelieve con estriaciones muy gruesas entrecruzadas en toda la pared periclinal y estriaciones en los márgenes de las células; el área de la RHM de 2.31 ± 0.03 mm^2 ; el ángulo entre largo de la semilla y largo de la RHM de $35-61^\circ$; oblicuo, marcado, contorno obtuso; el hilo y micrópilo cercanos pero separados por una banda esclerificada, RHM tipo ovalado.

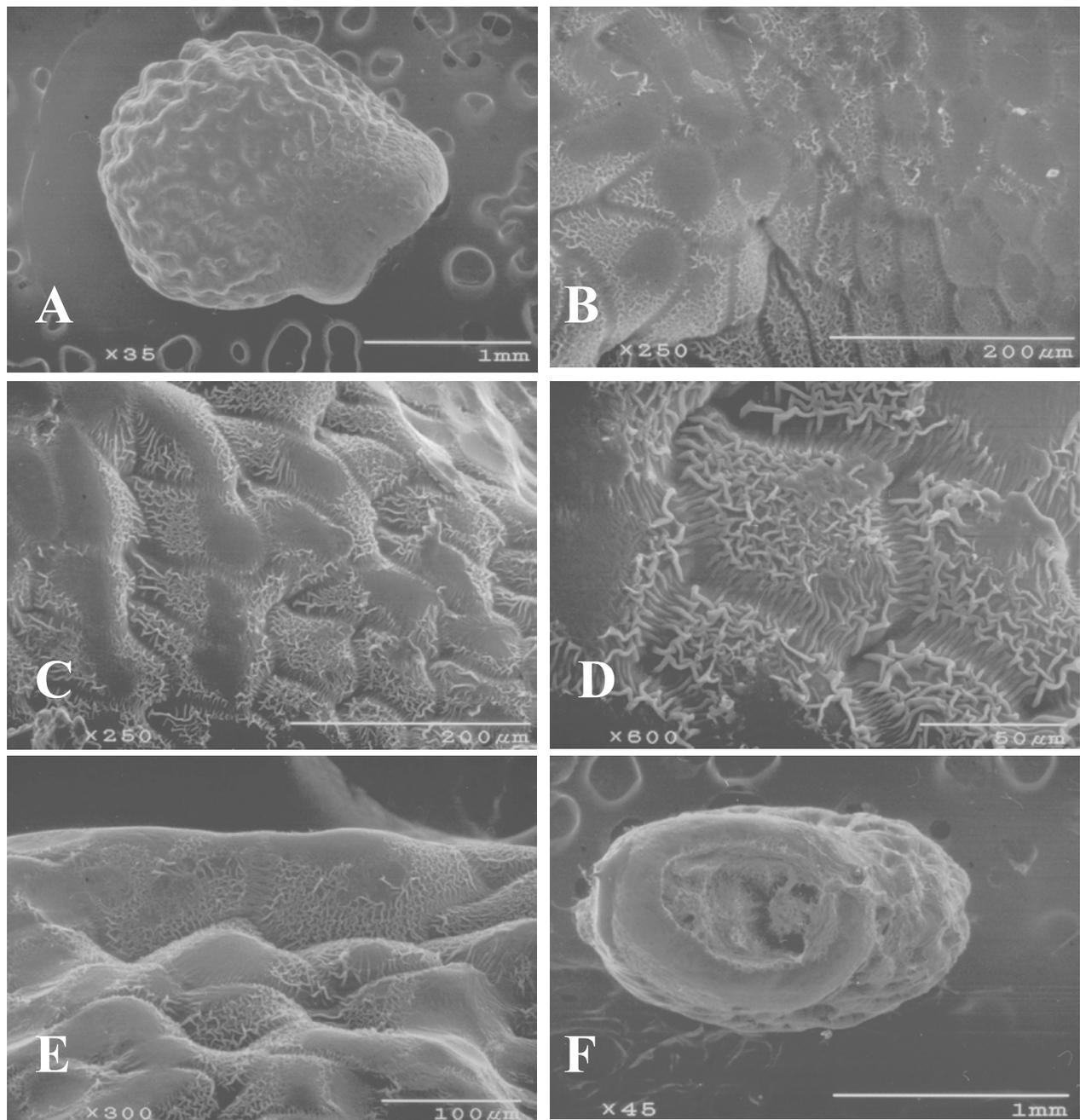


Figura 26. *Stenocereus treleasei*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

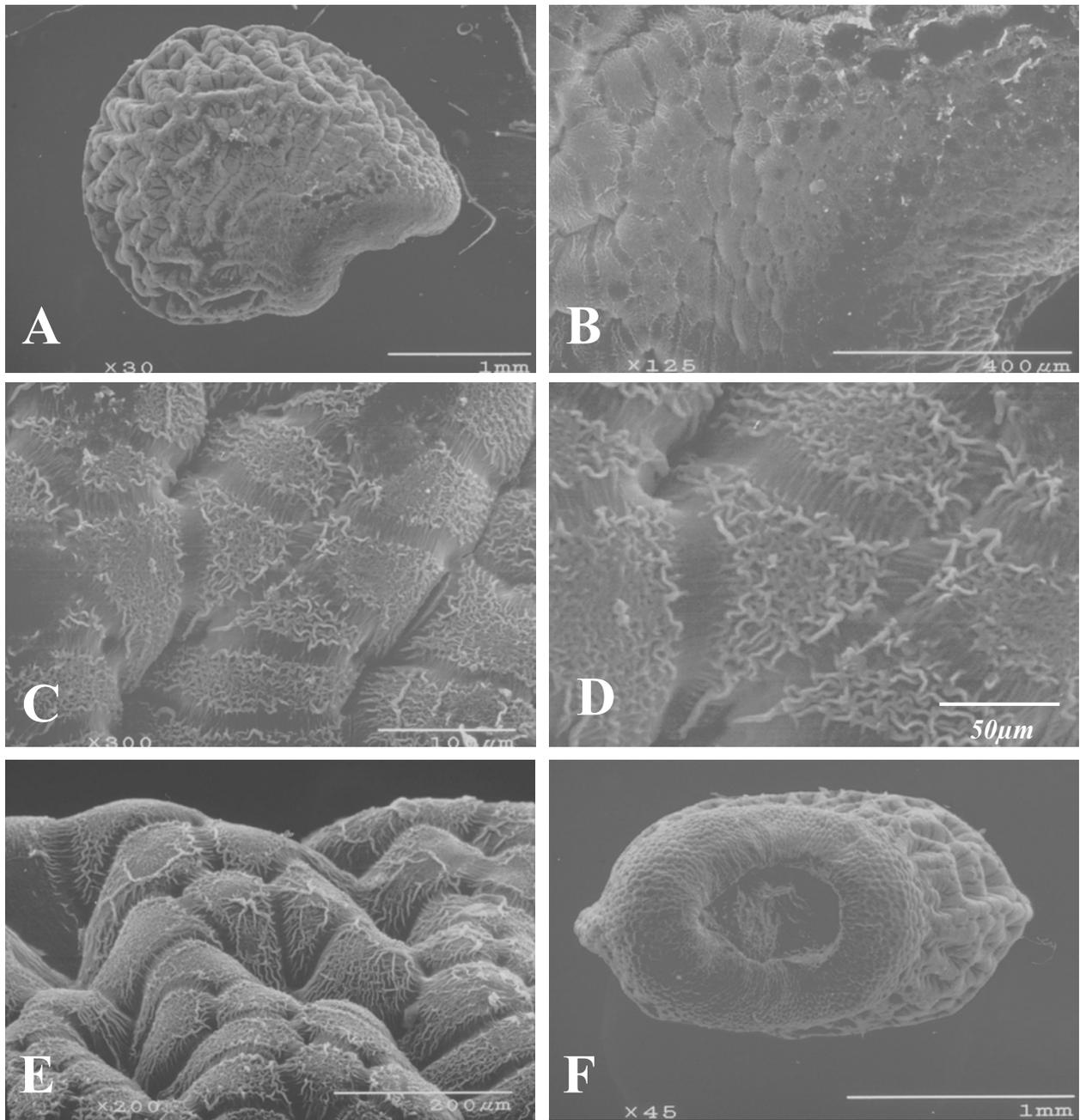


Figura 27. *Stenocereus zopilotensis*. **A.** Completa. **B.** Acercamiento del borde de la RHM. **C.** Centro de la región lateral. **D.** Células de la región lateral. **E.** Detalle de la posición dorsal. **F.** RHM.

5.1. 2 Descripción genérica de las semillas de *Stenocereus*

A) Morfología general

La semilla es asimétrica y la forma es ovoide en todas las especies del género *Stenocereus*; el largo promedio fluctúa de 1.71 mm en *S. thurberi* a 5.31 mm en *S. aragonii*, el resto de las especies estudiadas presentan semillas con tamaños intermedios, clasificadas entre medianas y largas (Cuadro 6). El color de las semillas de las especies estudiadas presenta diferentes matices de negro. En cuanto a la superficie, en 18 de las especies predomina la superficie opaca (Cuadro 7), aunque también se observan semillas lustrosas en *S. alamosensis*, *S. aragonii*, *S. beneckeii*, *S. eichlamii* y *S. kerberi*, así como semi-lustrosas en *S. thurberi* (Cuadro 7). La escultura multicelular es de tres tipos: las ruminadas observada en *S. chrysocarpus*, *S. dumortieri*, *S. martinezii*, *S. montanus*, *S. quevedonis*, *S. standleyi* y *S. thurberi*; las rugosas registrada en 12 especies, y sin escultura multicelular encontrada en solo cinco especies (Cuadro 7).

Todas las especies presentan una quilla. La quilla se observa sobre la región dorsal y, se puede prolongar sobre la región apical como sucede en *S. alamosensis*, *S. aragonii*, *S. beneckeii*, *S. eichlamii*, *S. fricii*, *S. kerberi*, *S. thurberi* y *S. treleasei*; en *S. zopilotensis* inclusive llega a la región ventral (Fig. 27). En todas las especies, el borde de la testa está ligeramente expandido alrededor del hilo.

Cuadro 6. Valores de la media, \pm un error estándar y los valores (mínimo-máximo) para siete caracteres de la semilla de las especies de *Stenocereus*, las cuales están arregladas alfabéticamente.

Especies	Largo (mm)	Ancho mayor (mm)	Ancho menor (mm)	Largo/Ancho mayor (mm)	Angulo B (°)	PEHM (mm)	Profundidad (mm)
<i>S. alamosensis</i>	2.59 \pm 0.02 2.28-2.81	1.85 \pm 0.02 1.54-2.09	1.63 \pm 0.01 1.43-1.77	0.71 \pm 0.01 0.60-0.81	51.02 \pm 0.53 41-60	0.99 \pm 0.02 0.74-1.30	0.08 \pm 0.03 0.01-0.84
<i>S. aragonii</i>	5.31 \pm 0.04 4.63-5.91	3.85 \pm 0.03 3.40-4.19	3.10 \pm 0.03 2.64-3.68	0.72 \pm 0.01 0.63-0.86	49 \pm 0.83 37-67	2.04 \pm 0.05 1.30-2.87	0.13 \pm 0.01 0.02-0.27
<i>S. beneckeii</i>	3.99 \pm 0.04 3.11-5.06	2.75 \pm 0.03 2.13-3.49	2.70 \pm 0.02 2.07-3.26	0.69 \pm 0.02 0.53-0.91	57.54 \pm 0.80 35-82	1.36 \pm 0.02 0.73-2.19	0.14 \pm 0.01 0.01-1.45
<i>S. chacalapensis</i>	2.18 \pm 0.01 1.95-2.39	1.51 \pm 0.01 1.32-1.72	1.46 \pm 0.01 1.29-1.65	0.69 \pm 0.01 0.61-0.79	47.10 \pm 0.57 36-56	0.70 \pm 0.01 0.51-0.89	0.07 \pm 0.00 0.04-0.11
<i>S. chrysocarpus</i>	2.64 \pm 0.01 2.29-3.03	1.87 \pm 0.01 1.44-2.17	1.67 \pm 0.01 1.44-1.90	0.71 \pm 0.01 0.52-0.88	50.19 \pm 0.41 33-64	0.89 \pm 0.01 0.49-1.22	0.12 \pm 0.00 0.01-0.28
<i>S. dumortieri</i>	1.80 \pm 0.01 1.47-2.20	1.13 \pm 0.01 0.90- 1.52	1.01 \pm 0.01 0.83- 1.33	0.62 \pm 0.02 0.46-0.87	49.11 \pm 0.56 33-72	0.61 \pm 0.01 0.45-0.84	0.11 \pm 0.00 0.04-0.21
<i>S. eichlamii</i>	4.73 \pm 0.07 3.35-5.97	3.55 \pm 0.05 2.31-4.39	2.80 \pm 0.04 1.98-3.58	0.75 \pm 0.02 0.56-0.93	48.37 \pm 0.63 37-77	1.74 \pm 0.03 0.84-2.70	0.15 \pm 0.01 0.04-0.37
<i>S. eruca</i>	2.42 \pm 0.02 2.15-2.72	1.68 \pm 0.02 1.43-2.01	1.34 \pm 0.02 1.06-1.56	0.69 \pm 0.02 0.57-0.92	40.74 \pm 0.90 18-55	0.62 \pm 0.03 0.42- 0.83	0.08 \pm 0.01 0.06-0.14
<i>S. fimbriatus</i>	1.82 \pm 0.02 1.62-2.02	1.36 \pm 0.01 1.14-1.61	1.28 \pm 0.01 1.13-1.39	0.74 \pm 0.02 0.59-0.96	56.86 \pm 0.91 41-72	0.66 \pm 0.01 0.48-0.90	0.08 \pm 0.00 0.01-0.15
<i>S. fricii</i>	2.81 \pm 0.02 2.34-3.32	1.96 \pm 0.01 1.59-2.31	1.72 \pm 0.01 1.33-2.04	0.69 \pm 0.02 0.54-0.93	48.99 \pm 0.51 37-68	0.91 \pm 0.02 0.55- 1.39	0.14 \pm 0.00 0.01-0.24
<i>S. griseus</i>	2.20 \pm 0.01 1.90-2.51	1.49 \pm 0.01 1.20-1.73	1.42 \pm 0.01 1.09- 1.73	0.67 \pm 0.01 0.57-0.78	45.79 \pm 0.35 34-56	0.64 \pm 0.01 0.41-0.87	0.11 \pm 0.00 0.04- 0.19
<i>S. gummosus</i>	1.89 \pm 0.01 1.72-2.07	1.29 \pm 0.01 1.11-1.50	1.13 \pm 0.01 1.00-1.35	0.68 \pm 0.01 0.58-0.78	41.06 \pm 0.66 32-50	0.53 \pm 0.01 0.42-0.64	0.06 \pm 0.00 0.03- 0.09
<i>S. kerberi</i>	2.76 \pm 0.02 2.18-3.17	1.96 \pm 0.01 1.48-2.33	1.81 \pm 0.01 1.27-2.12	0.71 \pm 0.02 0.53-0.89	48.93 \pm 0.36 38-65	0.89 \pm 0.01 0.56-1.53	0.06 \pm 0.00 0.02-0.14
<i>S. laevigatus</i>	2.21 \pm 0.01 1.91-2.47	1.55 \pm 0.01 1.16-1.74	1.42 \pm 0.01 1.11-1.68	0.70 \pm 0.01 0.58-0.84	48.03 \pm 0.37 40-69	0.74 \pm 0.01 0.41-0.99	0.09 \pm 0.00 0.04-0.19
<i>S. martinezii</i>	1.89 \pm 0.01 1.63-2.11	1.27 \pm 0.01 1.05-1.47	1.14 \pm 0.01 0.97-1.25	0.67 \pm 0.01 0.57-0.83	51.66 \pm 0.62 44-65	0.60 \pm 0.02 0.38-0.84	0.11 \pm 0.01 0.07- 0.17
<i>S. montanus</i>	2.43 \pm 0.01 2.11-2.63	1.67 \pm 0.01 1.46-1.83	1.55 \pm 0.01 1.36- 1.82	0.69 \pm 0.01 0.60-0.82	48.72 \pm 0.36 40-59	0.64 \pm 0.01 0.39-0.81	0.10 \pm 0.00 0.05-0.17
<i>S. pruinosus</i>	2.41 \pm 0.02 1.92-2.81	1.74 \pm 0.01 1.35-2.13	1.58 \pm 0.01 1.28-1.85	0.72 \pm 0.02 0.56-0.85	51.51 \pm 0.46 36-73	0.87 \pm 0.02 0.39- 1.44	0.11 \pm 0.01 0.01-0.76
<i>S. queretaroensis</i>	2.37 \pm 0.02 1.87-2.93	1.64 \pm 0.02 1.29-2.03	1.46 \pm 0.02 1.17-1.81	0.69 \pm 0.01 0.57-0.82	50.66 \pm 0.39 39-64	0.84 \pm 0.01 0.58-1.21	0.11 \pm 0.00 0.01-0.21
<i>S. quevedonis</i>	1.87 \pm 0.01 1.70-2.06	1.27 \pm 0.01 1.05-1.44	1.09 \pm 0.00 0.92-1.23	0.68 \pm 0.01 0.55-0.79	52.23 \pm 0.31 41-67	0.82 \pm 0.01 0.57-1.01	0.14 \pm 0.00 0.04-0.19
<i>S. standleyi</i>	1.99 \pm 0.01 1.59-2.24	1.40 \pm 0.01 1.18-1.60	1.30 \pm 0.01 1.10-1.53	0.70 \pm 0.02 0.59-0.88	50.05 \pm 0.48 38-69	0.69 \pm 0.01 0.30- 1.01	0.07 \pm 0.00 0.01-0.17
<i>S. stellatus</i>	1.83 \pm 0.01 1.46-2.31	1.26 \pm 0.01 1.01-1.67	1.17 \pm 0.01 0.92-1.44	0.69 \pm 0.02 0.55-0.99	52.86 \pm 0.37 38- 63	0.62 \pm 0.01 0.31-0.92	0.09 \pm 0.00 0.03- 0.20
<i>S. thurberi</i>	1.71 \pm 0.01 1.52-1.92	1.22 \pm 0.01 1.03- 1.38	1.11 \pm 0.01 0.91- 1.28	0.71 \pm 0.02 0.58-0.84	49.02 \pm 0.71 36-59	0.61 \pm 0.01 0.45-0.80	0.08 \pm 0.00 0.02-0.13
<i>S. treleasei</i>	2.11 \pm 0.01 1.81- 2.30	1.58 \pm 0.01 1.42-1.82	1.37 \pm 0.01 1.18-1.65	0.74 \pm 0.02 0.66-0.95	50.38 \pm 0.68 41- 63	0.77 \pm 0.01 0.54-1.00	0.09 \pm 0.00 0.04- 0.14
<i>S. zopilotensis</i>	2.85 \pm 0.02 2.44-3.15	2.10 \pm 0.02 1.76-2.45	1.91 \pm 0.01 1.78-2.10	0.73 \pm 0.01 0.63-0.85	47.80 \pm 0.62 38-59	0.89 \pm 0.02 0.62- 1.17	0.15 \pm 0.01 0.06-0.22

Cuadro 7. Características cualitativas de la morfología externa de la semilla de las especies de *Stenocereus*.

Especies	Lustre	Escultura multicelular	Región de recorrido de la quilla	Tamaño de célula
<i>S. alamosensis</i>	Lustrosa	Lisa	Dorsal y Apical	Uniforme
<i>S. aragonii</i>	Lustrosa	Lisa	Dorsal y Apical	Uniforme
<i>S. beneckeii</i>	Lustrosa	Lisa	Dorsal y Apical	Uniforme
<i>S. chacalapensis</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. chrysocarpus</i>	Sin lustre	Ruminada	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. dumortieri</i>	Sin lustre	Ruminada	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. eichlamii</i>	Lustrosa	Lisa	Dorsal y Apical	Uniforme
<i>S. eruca</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. fimbriatus</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. fricii</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal y Apical	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. griseus</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. gummosus</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. kerberi</i>	Lustrosa	Lisa	Dorsal y Apical	Uniforme
<i>S. laevigatus</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. martinezii</i>	Sin lustre	Ruminada	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. montanus</i>	Sin lustre	Ruminada	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. pruinusus</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. queretaroensis</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. quevedonis</i>	Sin lustre	Ruminada	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. standleyi</i>	Sin lustre	Ruminada	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. stellatus</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. thurberi</i>	Semi-lustrosa	Ruminada	Dorsal y Apical	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. treleasei</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal y Apical	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM
<i>S. zopilotensis</i>	Sin lustre	Rugosa	Dorsal, Ventral y Apical.	Gradualmente más pequeña en dirección al BHM

B) Estructura primaria

Las células son gradualmente más pequeñas en dirección a la región hilo micrópilo (RHM) (Cuadro 7), pero en *S. alamosensis*, *S. aragonii*, *S. beneckeii*, *S. eichlamii* y *S. kerberi* son uniformes entre las regiones lateral y RHM. Todas las especies presentan células isodiamétricas, las cuales pueden ser tetragonales (Fig. 4), hexagonales (Fig. 25) o pentagonales (Fig. 9) en la región lateral. En general, el relieve del límite de la pared anticlinal es acanalado y los márgenes celulares son rectos en todas las especies; pero se presenta un ligero borde en la pared anticlinal de la semilla de *S. alamosensis* y *S. thurberi*. Asimismo, los intersticios que se forman en la unión de dos o más células están presentes en la mayoría de las especies estudiadas; sin embargo la densidad varía de una región a otra o puede ser conspicua en todas las regiones. En *S. griseus*, *S. pruinosis*, *S. queretaronensis* y *S. stellatus* además se presentan depresiones confluentes llamados “cráteres” en la región lateral (Cuadro 8).

C) Estructura de la pared periclinal

En las seis regiones, la pared periclinal es generalmente convexa, la cual es del tipo de domo bajo en la mayoría de las especies, de domos altos en *S. chacalapensis* y *S. chrysocarpus* y plana o sin convexidad la pared periclinal en *S. alamosensis*, *S. beneckeii* y *S. kerberi*. En cuanto al microrelieve, se observan siete patrones, tales como: (a) la ausencia de microestriaciones en *S. alamosensis*, *S. aragonii*, *S. beneckeii*, *S. eichlamii* y *S. kerberi*; (b) estriaciones finas sobre toda la pared periclinal en *S. chrysocarpus*, *S. standleyi* y *S. thurberi*; (c) estriaciones finas sobre los bordes de la pared periclinal en *S. queretaroensis*; (d) estriaciones gruesas en toda la pared periclinal en *S. martinezii* y *S. quevedonis*; (e) estriaciones gruesas sobre los bordes de la pared periclinal en *S. fimbriatus*, *S. fricii*, *S. laevigatus*, *S. montanus* y *S. pruinosis*; (f) estriaciones muy gruesas sobre toda la pared periclinal en *S. dumortieri*, *S. eruca*,

S. stellatus, *S. treleasei* y *S. zopilotensis*; (g) estriaciones muy gruesas sobre los bordes de la pared periclinales *S. chacalapensis*, *S. griseus* y *S. gummosus* (Cuadro 8).

D) Región hilo-micropilar (RHM)

El área de la RHM fluctúa de 1.33 mm² en *S. gummosus* hasta 5.66 mm² en *S. aragonii*, el resto de las especies se presentan valores entre 1.50 y 2.50 mm (Cuadro 9); En todas las especies, la orientación de la RHM es oblicua, mientras que la posición del hilo es marcada. La configuración del hilo-micropilo se presenta unida o fusionada, pero separada por una banda de tejido esclerificado. La forma del complejo HM es de ovalada en la mayoría de las especies o de tipo agujero de cerradura en 11 especies (Cuadro 8).

Cuadro 8. Características cualitativas de la micromorfología de la cubierta de las semillas de las especies de *Stenocereus*.

Especies	Cráteres	Relieve de la pared periclinal	Microestriaciones	Forma del complejo HM
<i>S. alamosensis</i>	Ausentes	Plana	Liso	Tipo agujero de cerradura
<i>S. aragonii</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Liso	Ovalado
<i>S. beneckeii</i>	Ausentes	Plana	Liso	Tipo agujero de cerradura
<i>S. chacalapensis</i>	Ausentes	Convexo con domos altos	Muy gruesas en los bordes de la pared periclinal	Ovalado
<i>S. chrysocarpus</i>	Ausentes	Convexo con domos altos	Finas en toda la pared periclinal	Ovalado
<i>S. dumortieri</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Muy gruesas en toda la pared periclinal	Tipo agujero de cerradura
<i>S. eichlamii</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Liso	Ovalado
<i>S. eruca</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Muy Gruesas en toda la pared periclinal	Ovalado
<i>S. fimbriatus</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Gruesas en los bordes de la pared periclinal	Tipo agujero de cerradura
<i>S. fricii</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Gruesas en los bordes de la pared periclinal	Ovalado
<i>S. griseus</i>	Presentes	Convexo con domos bajos	Muy gruesas en los bordes de la pared periclinal	Tipo agujero de cerradura
<i>S. gummosus</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Muy gruesas en los bordes de la pared periclinal	Ovalado
<i>S. kerberi</i>	Ausentes	Plana	Liso	Tipo agujero de cerradura
<i>S. laevigatus</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Gruesas en los bordes de la pared periclinal	Tipo agujero de cerradura
<i>S. martinezii</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Gruesas en toda la pared periclinal	Ovalado
<i>S. montanus</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Gruesas en los bordes de la pared periclinal	Tipo agujero de cerradura
<i>S. pruinosus</i>	Presentes	Convexo con domos bajos	Gruesas en los bordes de la pared periclinal	Tipo agujero de cerradura
<i>S. queretaroensis</i>	Presentes	Convexo con domos bajos	Finas en los bordes de la pared periclinal	Tipo agujero de cerradura
<i>S. quevedonis</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Gruesas en toda la pared periclinal	Ovalado
<i>S. standleyi</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Finas en toda la pared periclinal	Tipo agujero de cerradura
<i>S. stellatus</i>	Presentes	Convexo con domos bajos	Muy gruesas en toda la pared periclinal	Ovalado
<i>S. thurberi</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Finas en toda la pared periclinal	Ovalado
<i>S. treleasei</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Muy gruesas en toda la pared periclinal	Ovalado
<i>S. zopilotensis</i>	Ausentes	Convexo con domos bajos	Muy gruesas en toda la pared periclinal	Ovalado

Cuadro 9. Valores de la media, \pm un error estándar y los valores (mínimo-máximo) para siete caracteres de la semilla de las especies de *Stenocereus*, las cuales están arregladas alfabéticamente.

Especies	Largo RHM (mm)	PLRHM (mm)	Área RHM (mm²)	Angulo A (°)	Largo Cél (µm)	Ancho Cél (µm)	Area Cél (µm²)
<i>S. alamosensis</i>	0.91±0.02 0.16-1.11	1.09±0.92 0.08-46.26	2.62±0.03 2.14-2.98	51.22±0.53 42-60	98.83±3.64 60.06-134.78	53.33±1.71 34.57-77.38	4209.62±174.63 2319.14-5836.29
<i>S. aragonii</i>	1.60±0.03 0.96-2.12	0.30±0.01 0.13-0.58	5.66± 0.08 4.12-7.40	43.42±0.87 29-61	81.36±2.31 72.42-92.75	63.77±2.62 50.34-79.43	4060.70±110.49 3661.33-4708.05
<i>S. beneckeii</i>	1.82±0.03 0.43-2.53	0.67±0.33 0.14-0.78	5.26±0.08 3.26-7.37	52.23±0.44 38-69	131.99±5.76 116.16-149.94	87.29±4.98 70.32-112.81	9780.56±578.52 7052.81-10938.61
<i>S. chacalapensis</i>	0.67±0.01 0.52-0.79	0.21±0.01 0.13-0.30	1.98±0.03 1.49-2.33	45.12±0.67 35-57	124.19±5.79 94.01-159.40	85.30±2.85 67.67-103.76	7963.48±325.03 6008.17-9097.05
<i>S. chrysocarpus</i>	0.89±0.01 0.65-1.11	0.21±0.00 0.08-0.39	2.39±0.02 1.6-3.03	42.86±0.51 30-60	84.72±5.11 50.80-125.33	71.68±2.33 51.61-84.45	5666.75±379.75 3454.49-8762.03
<i>S. dumortieri</i>	0.67±0.01 0.46-0.90	0.13±0.00 0.06-0.21	1.86±0.02 1.18-2.57	43.45±6.52 29-61	65.08±3.07 51.89-63.84	56.89±2.11 48.67-56.20	3037.44±170.71 2203.84-3700.90
<i>S. eichlamii</i>	1.45±0.02 0.86-1.91	0.27±0.01 0.08-0.55	4.84±0.07 2.64-6.04	43.64±0.73 21-58	73.71±3.58 50.00-85.76	59.91±2.14 48.76-68.71	3543.08±214.06 2751.02-4371.43
<i>S. eruca</i>	0.60±0.01 0.44-0.81	0.29±0.01 0.20-0.43	1.82±0.03 1.42-2.23	22.62±0.68 9-32	71.45±6.73 59.80-97.06	56.82±4.36 44.18-71.10	3506.74±484.97 2292.29-5200.54
<i>S. fimbriatus</i>	0.72±0.01 0.45- 0.85	0.16±0.01 0.05- 0.27	1.79±0.03 1.41-2.34	48.88±0.57 40-57	91.61±3.81 67.22-111.22	60.65±4.05 45.69-88.29	4833.99±397.39 2946.41-2946.41
<i>S. fricii</i>	0.87±0.01 0.41-1.69	0.25±0.01 0.11-0.44	2.34±0.03 1.53-3.11	50.89±0.59 35-81	132.09±5.02 100.40-172.21	84.96±2.91 67.17-104.87	9982.09±449.59 8132.00-13343.10
<i>S. griseus</i>	0.75±0.01 0.59- 1.03	0.26±0.00 0.10- 0.38	2.18±0.02 1.43-2.90	41.03±0.40 30-55	95.49±2.76 73.57-128.64	63.52±2.00 44.57-79.52	5420.73±186.65 4089.99-8376.95
<i>S. gummosus</i>	0.48±0.01 0.32-0.59	0.19±0.01 0.08- 0.30	1.33±0.02 0.99-1.63	33.78±0.79 23-49	40.47±1.84 27.59-61.17	28.85±1.04 20.46-40.01	908.79±60.77 418.70-1489.87
<i>S. kerberi</i>	0.97±0.01 0.42-1.24	0.19±0.00 0.08-0.33	2.71±0.03 2.01-3.62	46.15±0.56 26-74	75.05±7.40 49.07-92.20	50.27±3.80 39.55-63.33	2923.63±340.41 1895.49-4040.23
<i>S. laevigatus</i>	0.54±0.01 0.34- 0.73	0.27±0.00 0.17-0.58	1.65±0.02 1.05-2.21	49.96±0.42 34-64	93.97±2.72 59.42-128.00	63.95±1.92 44.71-81.04	4787.83±187.53 2669.95-7201.57
<i>S. martinezii</i>	0.62±0.01 0.43- 0.76	0.17±0.01 0.07- 0.25	1.69±0.03 1.27-2.14	56.40±0.78 43-67	70.33±2.43 55.85-90.43	50.37±2.48 35.36-69.27	3106.80±218.16 2052.33-4277.95
<i>S. montanus</i>	0.82±0.01 0.61- 1.05	0.24±0.00 0.13- 0.37	2.53±0.02 1.89-3.12	45.23±0.41 34-60	80.33±3.73 61.35-110.88	63.66±3.23 35.97-80.32	4011.25±215.11 2680.42-4975.35
<i>S. pruinus</i>	0.81±0.01 0.12-1.12	0.20±0.01 0.05- 0.77	2.07±0.02 1.36-2.69	50.31±0.47 37-67	102.98±6.19 72.80-143.48	60.25±3.53 35.33-79.34	4823.89±321.67 2819.89-7588.96
<i>S. queretaroensis</i>	0.79±0.01 0.53-1.41	0.17±0.00 0.07- 0.33	2.09±0.02 1.55-3.13	44.52±0.36 29-55	115.64±6.87 66.68-170.99	64.24±3.41 39.76-92.37	6027.15±413.31 3296.96-8519.01
<i>S. quevedonis</i>	0.58±0.00 0.47-0.79	0.13±0.00 0.08-0.24	1.70±0.02 1.22-2.66	58.34±0.39 42-71	81.13±3.17 59.50-105.63	47.86±1.82 35.00-61.75	3316.65±176.33 1909.50-4836.75
<i>S. standleyi</i>	0.70±0.01 0.50-0.90	0.17±0.00 0.08-0.37	1.85±0.02 1.35- 2.39	46.73±0.64 32-68	91.06±7.88 61.38-149.30	53.92±2.65 41.21-71.80	4579.74±301.32 3429.88-7248.12
<i>S. stellatus</i>	0.62±0.01 0.47-0.90	0.14±0.00 0.06- 0.24	1.97±0.03 1.31-2.80	55.95± 0.62 39- 77	28.40±1.37 20.96-35.27	19.70±1.14 13.19-24.23	356.22±42.62 221.57-512.35
<i>S. thurberi</i>	0.62±0.01 0.46-0.72	0.10±0.00 0.05-0.19	2.36±0.03 1.78- 2.84	54.26±0.85 41-65	48.16±2.11 33.68-61.31	31.08±1.38 22.03-43.52	1186.22±61.23 880.46-1757.37
<i>S. treleasei</i>	0.69±0.01 0.57-0.83	0.14±0.00 0.10-0.19	2.11±0.03 1.73- 2.56	50.96±0.70 41-67	80.55±5.45 54.72-125.55	49.03±3.35 32.32-81.62	3720.73±354.39 1822.68-6048.13
<i>S. zopilotensis</i>	0.78±0.01 0.60- 0.97	0.28±0.01 0.12-0.42	2.31±0.03 1.93-2.82	48.38±0.82 35-61	89.30±3.99 54.80-133.60	57.86±1.56 44.58-75.06	4854.17±275.10 2656.41-8583.25

En el Cuadro 10 se muestra un resumen de las características que presentan las semillas de las especies del género *Stenocereus*.

Cuadro 10. Características de las semillas de las especies de *Stenocereus*.

Caracteres /género	<i>Stenocereus</i>
Simetría	asimétrico
Color	negra
Lustre	lustrosa, sin lustre o semi-lustrosa
Estructura multicelular	lisa, rugosa o ruminada
Periferia	quilla
Región de recorrido de la quilla	dorsal, apical y ventral
Borde de la testa	ligeramente expandido alrededor del hilo
Tamaño de célula	uniforme o gradualmente más pequeño en dirección al hilo
Forma de la célula en región lateral	isodiamétrica
Forma de las paredes anticlinales	recto
Relieve del borde	acanalado
Intersticios	minuciosamente punteado, cráteres
Relieve	plano, convexo con domos bajos o altos.
Microrelieve	sin microrelieve o estriado
Microestriaciones	estriaciones finas en toda la pared periclinal o en los bordes, estriaciones gruesas en toda la pared periclinal o en los bordes, estriaciones muy gruesas en toda la pared periclinal o en los bordes.
Orientación	oblicua
Posición relativa al borde	marcada
Configuración del hilo y micropilo	cercana pero separada por una banda esclerificada
Forma del complejo HM	ovalada o tipo agujero de cerradura

5.2 Análisis morfométrico

Los resultados del análisis canónico discriminante para el total de las semillas (Cuadro 11) indican que tres funciones discriminantes explican el 92.62% de la variación total y contribuyen significativamente a la separación entre las especies analizadas (λ de Wilks' F= 118.34 P<0.0001, n= 299). La primera función explicó el 65.66% de la variación total, la segunda el 22.27% y la tercera el 4.69% (Cuadro 11).

Cuadro 11. Caracteres de las semillas utilizados en el análisis discriminante canónico para el total de las semillas y su contribución parcial a las funciones expresadas por coeficientes estandarizados. *Carácter con alta contribución de separación de centroides entre especies.

Carácter	Función 1	Función 2	Función 3
<i>eigenvalor</i>	28.23	9.57	2.02
% relativo	65.66	22.27	4.69
Largo	1.91*	-1.19	-0.60
Ancho mayor	0.68	-1.01*	-2.05
Ancho menor	-0.75*	0.22	0.09
PEHM	-0.06	0.13	0.52
Profundidad	-0.14	0.18	0.15
Largo RHM	-0.07	0.08	1.43*
PLRHM	-0.01	0.14	-0.11
Angulo A	0.08	-0.04	0.91*
Angulo B	0.10	-0.13	-0.07
Área RHM	0.58	-1.09*	0.93
Largo de célula	0.32	0.40	0.30
Ancho de célula	0.82	0.83*	-0.09
Área de célula	1.52*	1.95	0.07

Los caracteres que contribuyeron significativamente a la separación de los centroides de las especies estudiadas son largo, ancho menor, área de la célula, área de la RHM, ancho mayor y ancho de la célula, los tres primeros tienen la mayor carga discriminante. La representación gráfica de dos funciones discriminantes permite detectar cinco grupos (Fig. 28). El canónico 1 acomoda en sentido horizontal a las especies, a la izquierda aparecen tres especies: *S. stellatus* (S), *S. gummosus* (W) y *S. thurberi* (X), con el largo, el ancho menor y el área de la célula con las menores dimensiones. En la parte media aparecen 18 especies con valores intermedios para los caracteres señalados. Hacia la derecha se ubican tres especies: *S. eichlamii* (E), *S. aragonii* (R) y *S. beneckeii* (B), con el largo, el ancho menor y el área de la célula con las mayores dimensiones. El canónico 2 revela que el área de la RHM, el ancho mayor y ancho de la célula discriminan la distribución en sentido vertical con menor número de grupos discretos.

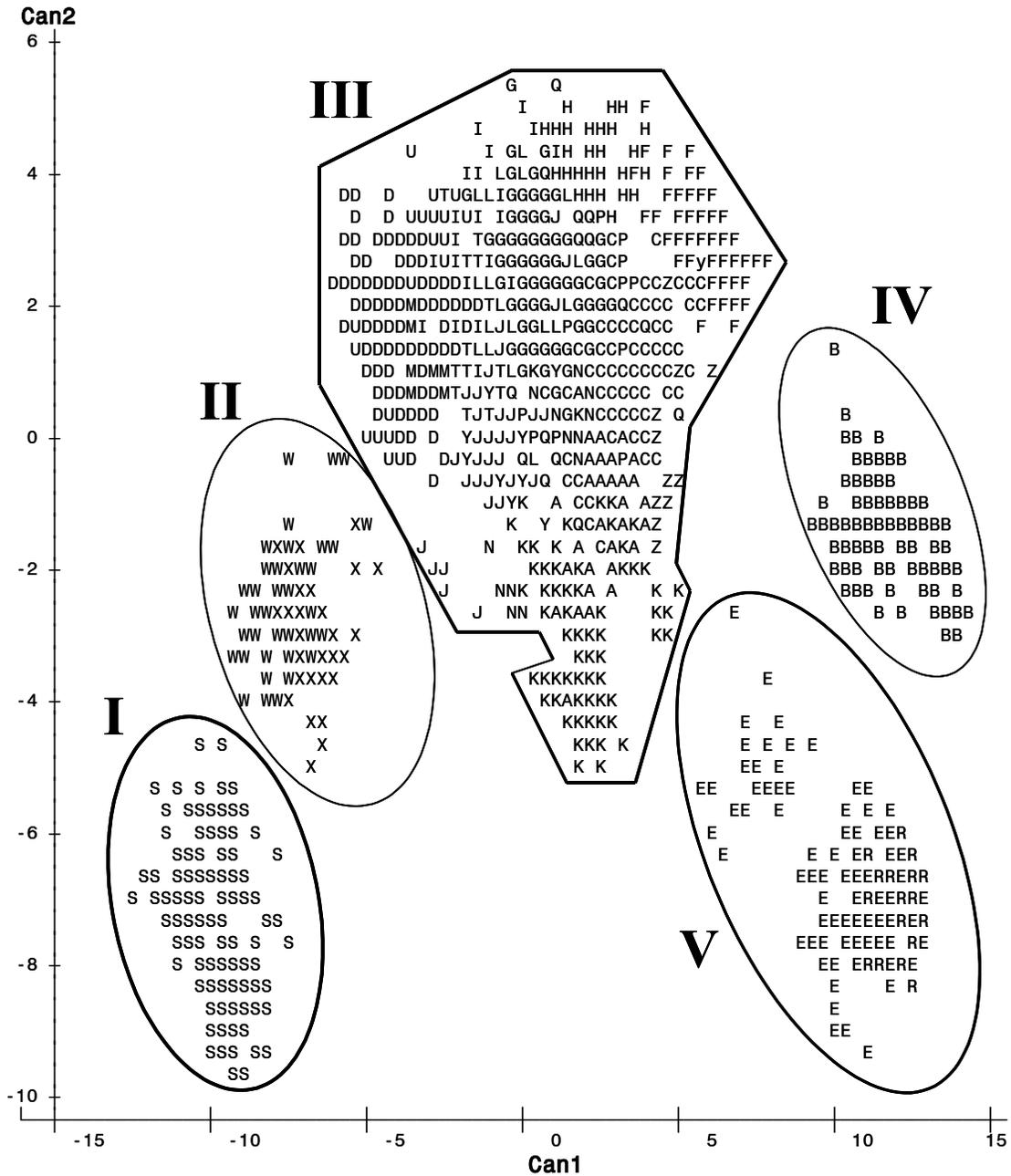


Figura 28. Representación grafica de las funciones canónicas 1 y 2 a partir de un análisis discriminante canónico. *Stenocereus alamosensis* (A), *S. aragonii* (R), *S. beneckeii* (B), *S. chacalapensis* (H), *S. chrysocarpus* (C), *S. dumortieri* (D), *S. eichlamii* (E), *S. eruca* (Y), *S. fimbriatus* (I), *S. fricii* (F), *S. gricesus* (G), *S. gummosus* (W), *S. kerberi* (K), *S. laevigatus* (L), *S. martinezii* (M), *S. montanus* (N), *S. pruinosus* (P), *S. queretaroensis* (Q), *S. quevedonis* (U), *S. standleyi* (T), *S. stellatus* (S), *S. thurberi* (X), *S. treleasei* (J), *S. zopilotensis* (Z). Cada letra simboliza una semilla.

Los resultados del análisis canónico discriminante para el promedio de las localidades (Cuadro 12) indican que tres funciones discriminantes explican el 95% de la variación total y contribuyen significativamente a la separación entre las especies analizadas (λ de Wilks' F= 6.77 P<0.0001, n= 299). La primera función explicó el 79.90% de la variación total, la segunda el 12.51% y la tercera el 2.60% (Cuadro 12).

Cuadro 12. Caracteres de las semillas utilizados en el análisis discriminante canónico para el promedio de las localidades y su contribución parcial a las funciones expresadas por coeficientes estandarizados. *Característica con alta contribución de separación de centroides entre especies.

Carácter	Función 1	Función 2	Función 3
<i>eigenvalor</i>	702.55	109.95	22.84
% relativo	79.90	12.51	2.60
Largo	-13.38*	7.99	6.57
Ancho mayor	10.67*	-8.89	-10.30
Ancho menor	-2.25	4.33*	2.80
PEHM	7.64	-2.09	2.41
Profundidad	-3.07	0.72	0.39
Largo RHM	9.57*	-0.19	-3.24
PLRHM	-0.09	-1.46	-2.05*
Angulo A	0.52	-0.97	1.30*
Angulo B	-4.26	1.21	0.73
Área RHM	5.31	-5.96*	2.23
Largo de célula	3.40	1.68	1.37
Ancho de célula	2.47	1.66	-0.18
Área de célula	1.39	4.08*	-0.28

Las distancias cuadradas de Mahalanobis mostraron diferencia estadísticamente significativas para la mayoría de los pares (0.0448 <P<0.0001), con la excepción de los pares de *S. standleyi*-*S. fimbriatus* (F= 1.70, P > 0.18), *S. standleyi*-*S. treleasei* (F= 1.36, P > 0.29), *S. zopilotensis*-*S. treleasei* (F= 2.23, P > 0.08), *S. queretaroensis*-*S. pruinosus* (F= 1.65, P > 0.19), *S. standleyi*-*S. pruinosus* (F= 1.30, P > 0.32), *S. zopilotensis*-*S. pruinosus* (F= 1.75, P > 0.16) y *S. zopilotensis*-*S. standleyi* (F= 2.12, P > 0.09).

Los caracteres de la semilla que contribuyeron significativamente a la separación de los centroides de las especies estudiadas son largo, ancho mayor, largo de la RHM, ancho menor y área de la RHM y área de célula (Cuadro 12). La representación gráfica de las dos funciones discriminantes permite detectar siete grupos de especies (Fig. 29). Las especies *Stenocereus stellatus* (S), *S. thurberi* (X), *S. gummosus* (W) y *S. beneckeii* (B), se discriminan del resto. En el grupo II se encuentran la gran mayoría de las especies estudiadas con los tamaños intermedios, mientras que las especies con tamaños más grandes como *S. aragonii* (R) y *S. eichlamii* (E) conforman el grupo VII. El grupo V está conformado por *S. kerberi* (K) y *S. alamosensis* (A).

El análisis discriminante clasificatorio donde se combinaron los cinco caracteres: largo, ancho mayor, ancho menor, largo de la RHM y área celular, con la mayor carga en CANDIS., mostró que el 86% o más de las semillas se clasificaron correctamente en ocho especies y menos del 78% de las semillas fueron clasificadas correctamente para 11 especies. Mientras que el 100% de las semillas de *S. stellatus* se clasificaron correctamente, únicamente el 17% y 18% de las semillas de *S. queretaroensis* y *S. pruinosus* se agrupan correctamente.

El análisis de varianza del modelo general lineal, para aquellos caracteres que contribuyeron a la separación de los centroides, reveló diferencias significativas entre especies para largo ($F= 30.32$, $gl= 23$, $P<0.0001$), ancho mayor ($F= 38.55$, $gl= 23$, $P<0.0001$), ancho menor ($F= 44.35$, $gl = 23$, $P<0.0001$), largo de RHM ($F= 28$, $gl= 23$, $P<0.0001$), área de la RHM ($F= 39.92$, $gl= 23$, $P<0.0001$) y área de célula ($F= 53.17$, $gl= 23$, $P<0.0001$).

El análisis de comparación de medias de Tukey corroboró que existen diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) entre algunas especies (Fig.30).

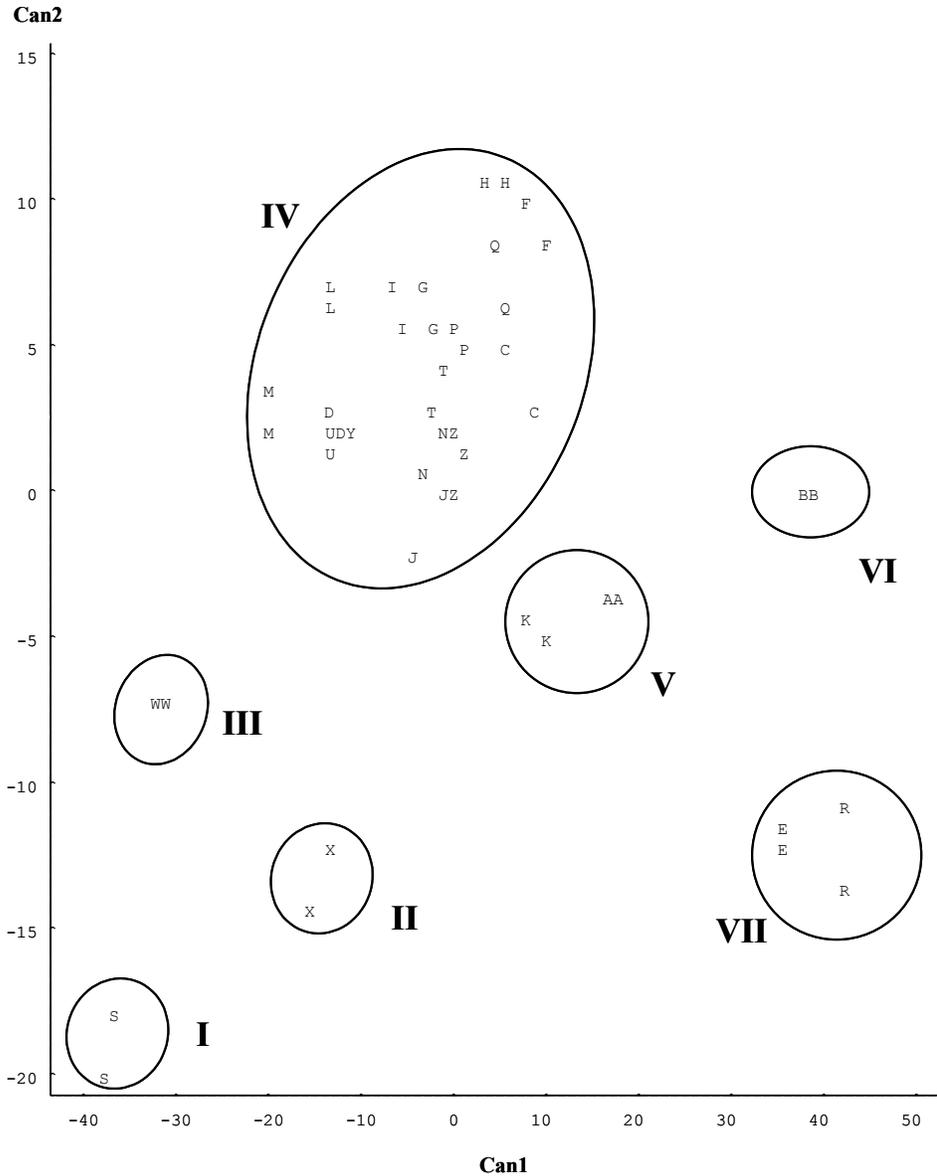


Figura 29. Representación gráfica de las funciones canónicas 1 y 2 a partir de un análisis discriminante canónico por localidad. *Stenocereus alamosensis* (A), *S. aragonii* (R), *S. beneckeii* (B), *S. chacalapensis* (H), *S. chrysocarpus* (C), *S. dumortieri* (D), *S. eichlamii* (E), *S. eruca* (Y), *S. fimbriatus* (I), *S. fricii* (F), *S. gricesus* (G), *S. gummosus* (W), *S. kerberi* (K), *S. laevigatus* (L), *S. martinezii* (M), *S. montanus* (N), *S. pruinosus* (P), *S. queretaroensis* (Q), *S. quevedonis* (U), *S. standleyi* (T), *S. stellatus* (S), *S. thurberi* (X), *S. treleasei* (J), *S. zopilotesensis* (Z). Cada letra simboliza los promedios para cada localidad de las especies.

RESULTADOS

Cuadro 13. Porcentaje y (numero) de semillas clasificadas correctamente por un análisis clasificatorio discriminante, para cinco caracteres ($p < 0.04$). En negritas los valores correspondientes a su propia especie. Cada letra representa las especies (Ver cuadro 3).

Especies	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z	TOTAL
A	48 (24)		18 (9)			2 (1)					22 (11)	2 (1)		2 (1)	4 (2)	4 (2)									100 (50)
B		99. (149)																					1 (1)		100 (150)
C	15 (22)		54.7 (82)			12 (18)					1.3 (2)	0.7 (1)		6 (9)	7.3 (11)	3.3 (5)									100 (150)
D				77 (115)					3 (4)	1 (1)			8 (12)							12 (18)					100 (150)
E		1 (1)			59 (59)												36 (36)						4 (4)		100 (150)
F		1 (1)				98 (147)		1 (1)				1 (1)													100 (150)
G						46 (69)	12 (18)	3 (5)	1. (2)			3 (4)		5 (7)	10 (15)	4 (6)			15 (22)						100 (150)
H						6 (3)		92 (46)				2 (1)													100 (50)
I				2 (1)		2 (1)			66 (33)	2 (1)		2 (1)	8 (4)						18 (9)						100 (50)
J						8 (4)		2 (1)	68 (34)			4 (2)	2 (1)	2 (1)		4 (2)			6 (3)	4 (2)					100 (150)
K	13 (19)									1 (1)	76 (114)			3 (5)	1 (1)	1.3 (2)							3 (5)	2 (3)	100 (150)
L							3 (4)	5 (8)		6 (9)		78 (117)		1. (2)	3 (5)	1.3 (2)							2 (3)		100 (50)
M				2 (1)					4 (2)				64 (32)						8 (4)	22 (11)					100 (50)
N	4 (4)		1 (1)				2 (2)			2 (2)	3 (3)	2 (2)		59 (59)	20 (20)	6 (6)			1 (1)						100 (100)
P	15 (22)		19 (28)			2 (3)	11 (17)	3 (5)	1 (1)	5 (7)		5 (7)		14 (21)	18 (27)	5.3 (8)			1 (1)				1 (1)	1 (2)	100 (150)
Q	13 (20)		11 (16)			5 (8)	17 (25)	6 (9)		6 (9)	5 (7)	3 (5)		6.7 (10)	0.7 (1)	17 (26)			7 (11)				2 (3)		100 (150)
R					10 (5)												90 (45)								100 (50)
S																		100 (150)							100 (150)
T							7 (10)	3 (5)	24 (36)	15 (22)		1 (1)	3 (4)	1 (1)		4 (6)			39.3 (59)	4 (6)					100 (150)
U				4.7 (7)					1 (1)				24 (36)						4 (6)	66 (99)		1 (1)			100 (150)
W																		8 (4)			88 (44)	4 (2)			100 (150)
X													2 (1)									98 (49)			100 (50)
Y							2 (1)			6 (3)		8 (4)		2 (1)		6 (3)							76 (38)		100 (50)
Z			4 (2)			6 (3)					4 (2)													86 (43)	100 (50)

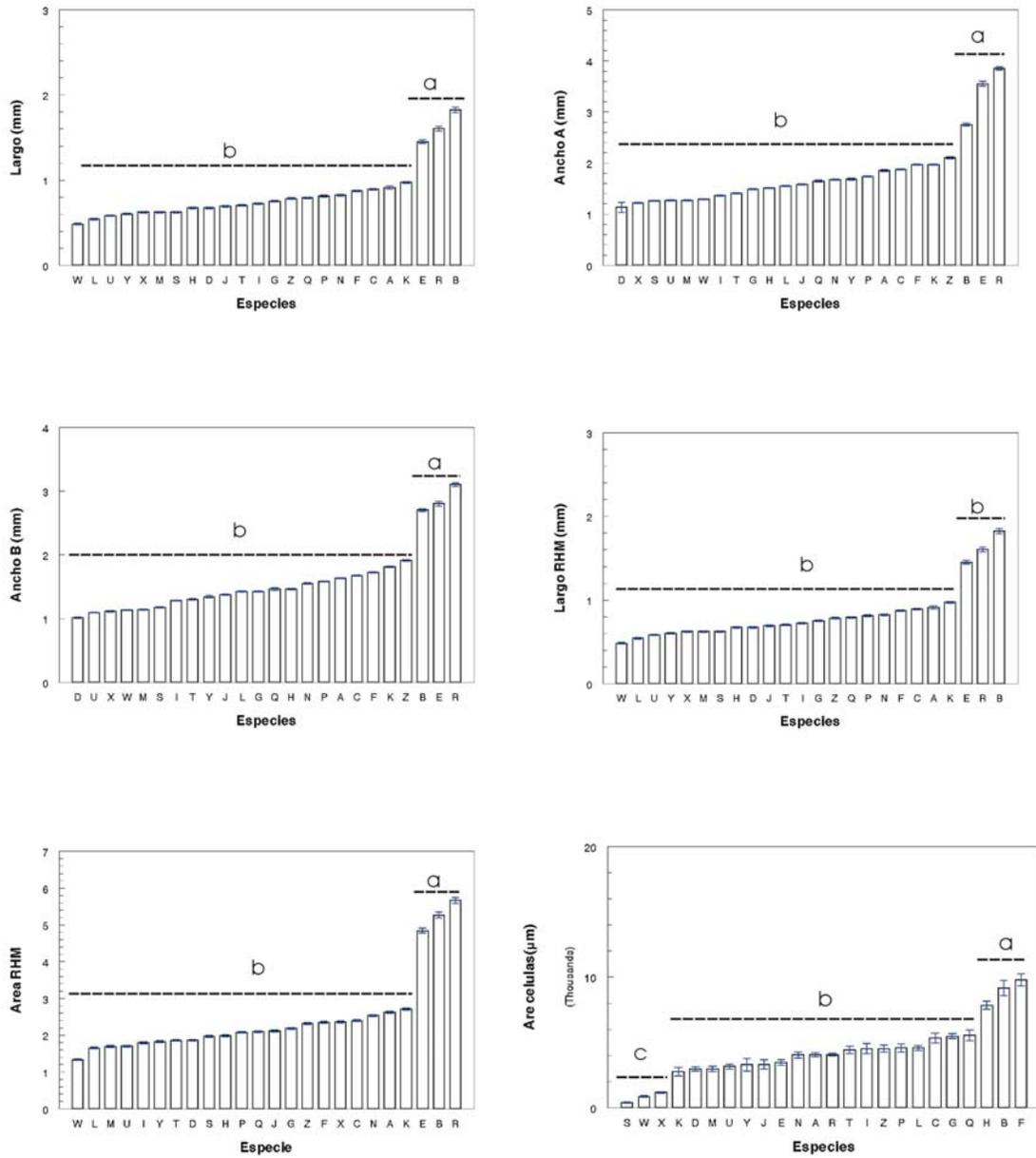


Figura 30. Representación grafica de la variación para seis caracteres de las semillas. *Stenocereus alamosensis* (A), *S. aragonii* (R), *S. beneckeii* (B), *S. chacalapsensis* (H), *S. chrysocarpus* (C), *S. dumortieri* (D), *S. eichlamii* (E), *S. eruca* (Y), *S. fimbriatus* (I), *S. fricii* (F), *S. griseus* (G), *S. gummosus* (W), *S. kerberi* (K), *S. laevigatus* (L), *S. martinezii* (M), *S. montanus* (N), *S. pruinosus* (P), *S. queretaroensis* (Q), *S. quevedonis* (U), *S. standleyi* (T), *S. stellatus* (S), *S. thurberi* (X), *S. treleasei* (J), *S. zopilotesensis* (Z). Las letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

5.3 Análisis de similitud

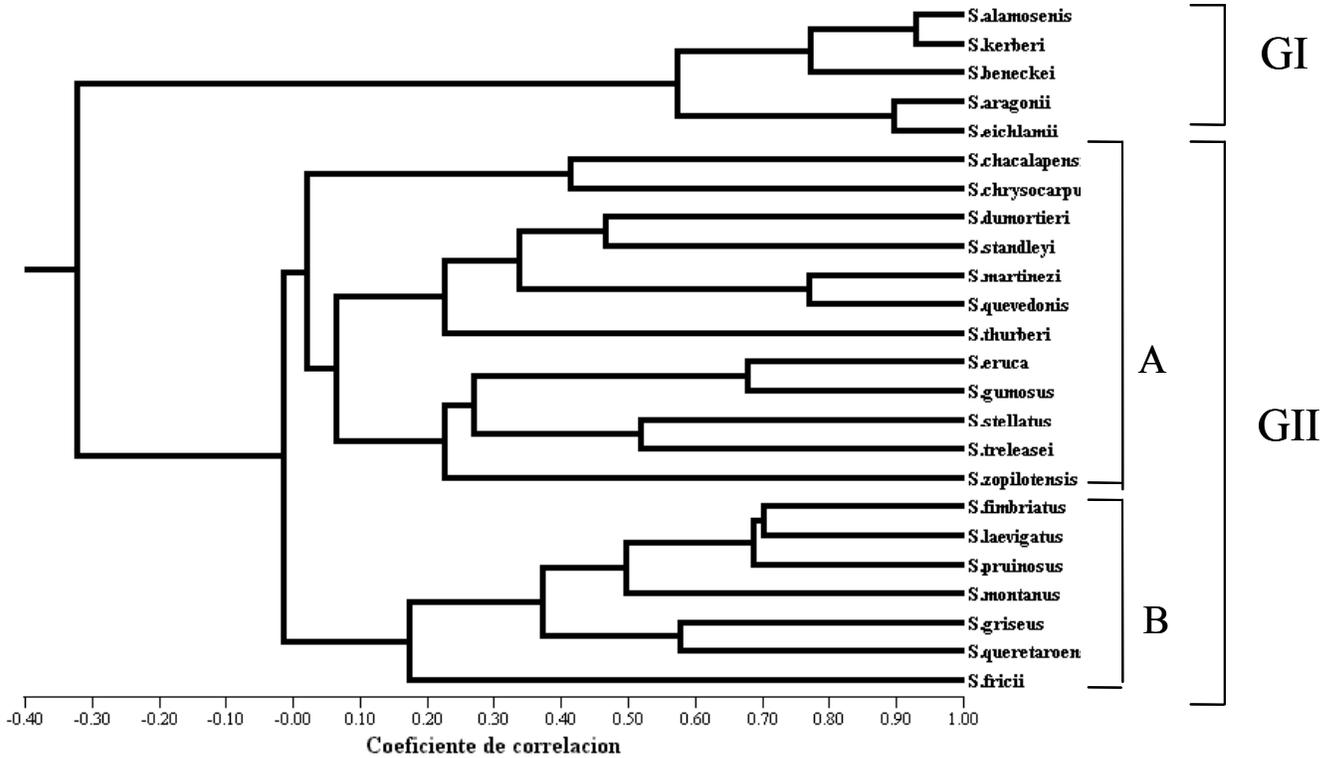


Fig. 31. Fenograma que muestra el agrupamiento de las 24 OTU's resultado del análisis de conglomerados, UPGMA (ligamiento promedio) a partir de una matriz de coeficiente de correlación.

En la Figura 31 se muestran el fenograma generado a partir de la matriz de correlación (Apéndice 2). La prueba de Mantel mostró una $r = 0.85$ por lo que el fenograma representa apropiadamente la matriz de correlación (Rolhf, 1997). El fenograma reveló dos grupos (GI y GII) que separan con un grado de disimilitud alto (menor a cero). Los caracteres que ayudan a separar a estos grupos son: el lustre, la escultura multicelular, las microestrictiones, largo, largo de la RHM y área de la RHM.

El grupo **I**, lo conforman *Stenocereus alamosensis*, *S. kerberi*, *S. beneckeii*, *S. aragonii* y *S. eichlamii*, las cuales tienen semillas grandes, con una superficie lisa, lustrosa, sin microrelieve sobre la pared periclinal de la célula. Dentro del grupo se distinguen *S. aragonii* y *S. eichlamii* por presentar el relieve de la pared periclinal de plano a ligeramente convexo, la región hilo-micropilar (RHM) ovalada, valores altos para el largo, ancho mayor y ancho menor. En cambio, *S. alamosensis*, *S. kerberi* y *S. beneckeii* tienen dicha pared plana y la región hilo-micropilo tipo cerradura.

El grupo **II** constituido por las 19 especies restantes presentan semillas opacas, con escultura multicelular rugosa o ruminada y las microestriaciones tienen diferentes grados de desarrollo. Además se forman dos subgrupos: el subgrupo **A** incluye a *Stenocereus chacalapensis*, *S. chrysocarpus*, *S. dumortieri*, *S. standleyi*, *S. martinezii*, *S. quevedonis*, *S. thurberi*, *S. eruca*, *S. gummosus*, *S. stellatus*, *S. treleasei* y *S. zopilotesensis*. El subgrupo **B** incluye a *S. fimbriatus*, *S. laevigatus*, *S. pruinosis*, *S. montanus*, *S. griseus*, *S. queretaroensis* y *S. fricii*. La forma de la RHM es el carácter que separa los dos subgrupos. En el subgrupo **A** la forma de la RHM ovalada, mientras que en el subgrupo **B** la RHM es de tipo cerradura.

En el subgrupo **A**, las especies *Stenocereus martinezii* y *S. quevedonis* son similares en todos sus caracteres cualitativos, pero difieren en los valores de la media de algunos caracteres cuantitativos. Otro par de especies con caracteres similares son *S. eruca* y *S. gummosus*, pero se distinguen porque el largo de la semilla de *S. eruca* es mayor (>2.42 mm). Otro par de especies con caracteres cualitativos similares son *S. stellatus* y *S. treleasei*, pero se distinguen por la quilla de *S. treleasei* que finaliza en posición apical y el largo es mucho mayor (>2.11 mm). *Stenocereus stellatus* es una de las especies que presenta semillas pequeñas en el género (1.83 mm). Los pares de *S. martinezii*–*S. quevedonis* y *S.*

dumortieri–*S. standleyi* tienen muchas similitudes en sus caracteres cualitativos y cuantitativos, pero presentan diferencias en el microrelieve y la forma de la región hilo-miocrópilo. En cambio *S. standleyi* presenta microestriaciones finas sobre toda la pared periclinal mientras que en *S. dumortieri* son gruesas sobre toda la pared. La similitud de estos dos pares de especies con *S. thurberi* es alta, especialmente sus caracteres cuantitativos pero es baja con respecto a los caracteres cualitativos. La semilla de esta especie es de las más pequeñas del género (1.71 mm); tiene una superficie semi-lustrosa como carácter exclusivo y la quilla finaliza en posición apical.

Stenocereus eruca–*S. gummosus* y *S. stellatus*–*S. treleasei* presentan muy pocas diferencias entre sus caracteres cuantitativos y cualitativos. En *S. treleasei* la quilla finaliza en posición apical y *S. stellatus* presenta cráteres. La semilla de *S. zopilotensis* tiene similitud con este grupo, pero presenta valores mayores y un carácter único de la quilla, que es terminar en la zona ventral.

Las especies *S. chacalapensis* y *S. chrysocarpus* presentan cierta similitud; en la primera la semilla es rugosa, con microestriaciones muy gruesas sobre los bordes de la pared periclinal, mientras que en *S. chrysocarpus* la semilla es ruminada y las estriaciones son finas sobre toda la pared. Estas dos especies comparten un carácter único que es la presencia de paredes convexas con domos altos.

En el subgrupo **B**, las especies *S. frimbriatus* y *S. laevigatus* son similares en todos sus caracteres cualitativos, pero se distinguen porque el largo de la semilla de *S. laevigatus* es mayor (>2.21 mm). *Stenocereus pruinosus* tiene mucha similitud con este par de especies, en cuanto sus caracteres cualitativos y cuantitativos, con excepción de la presencia de cráteres en la región lateral.

En adición a varios caracteres cualitativos y cuantitativos *S. griseus* y *S. queretaroensis* comparten la presencia de cráteres en región lateral. Sin embargo, las microestriaciones son diferentes, ya que *S. griseus* tiene estriaciones muy gruesas sobre los bordes de la pared periclinal, mientras que *S. queretaroensis* tiene estriaciones finas sobre los bordes de la pared.

En el grupo *S. fimbriatus*-*S. laevigatus* y *S. pruinosis*, las semillas de estas especies presentan cierta similitud con *S. montanus*, pero difieren por tener semilla ruminada con valores superiores en los caracteres cuantitativos.

Stenocereus fricii tiene una baja similitud con respecto a las demás especies del subgrupo **B**. Sus semillas presentan una quilla que finaliza en posición apical y la RHM es de forma ovalada. Además, los valores de los caracteres cualitativos son los más altos para el subgrupo B.

6. DISCUSIÓN

El género *Stenocereus* ha sido estudiado durante mucho tiempo por diferentes autores en aspectos tales como taxonómicos, ecológicos y morfológicos. En el caso de la semilla se han realizado estudios descriptivos de la morfología general (Gibson y Nobel, 1986; Gibson, 1988a a 1991b; Barthlott y Hunt, 2000). Este estudio es el primero en describir la morfología externa de las semillas y realizar análisis numéricos de sus caracteres para las 24 especies conocidas del género. Asimismo se describen por primera vez las semillas de *Stenocereus chacalapensis*, *S. fricii*, *S. laevigatus* y *S. zopilotensis* y se muestran las primeras micrografías completas de las semillas de *S. chacalapensis*, *S. fricii*, *S. griseus*, *S. kerberi*, *S. laevigatus*, *S. martinezii*, *S. montanus*, *S. treleasei* y *S. zopilotensis*.

Los caracteres que comparten las semillas de las especies del género *Stenocereus* son: la asimetría y el color negro de la testa, la quilla, el borde de la testa ligeramente expandido alrededor del hilo, las células alargadas con la pared anticlinal recta, el relieve del borde de la pared anticlinal acanalado, los intersticios, la orientación de la RHM oblicua, la posición relativa al borde marcado y la configuración del hilo y micrópilo cercano, pero separado por una banda esclerificada.

La presencia de la quilla en las semillas de *Stenocereus* es un carácter no reportado por Gibson y Nobel (1986), Gibson (1988a a 1991b) y Barthlott y Hunt (2000). Para detectar esta estructura es necesario colocar la semilla en posición dorsal y realizar acercamientos en esta zona. En particular, la rugosidad de la semilla no permite que la quilla se pueda observar con facilidad, en comparación con lo que sucede en los miembros de la subtribu Pachycereinae, ya que la superficie de las semillas es lisa, lo que facilita la

observación de la quilla. Es importante resaltar que la quilla termina predominantemente en la región dorsal de las semillas, pero se extiende a la región apical en ocho especies y hasta la región ventral en una de las especies. Barthlott y Hunt (2000) indican que la quilla es común en muchos géneros de la familia Cactaceae, incluyendo las formas globulares de Norteamérica, pero no señalan en que región de la semilla predomina esta quilla. También se ha reportado que todas las especies de la subtribu Pachycereinae presentan quilla (Bravo-Hollis, 1978; Barthlott y Hunt, 2000; Arias y Terrazas, 2004), pero no indican cual es su recorrido.

Las semillas de las especies estudiadas muestran variación en la escultura primaria y secundaria. Es evidente la presencia de algunos caracteres cualitativos propios de una sola especie o de un grupo de ellas. Por ejemplo, *S. thurberi* se distingue por tener semillas semi-lustrosas y en *S. zopilotensis* la quilla termina en posición ventral; lo cual es un estado de carácter exclusivo de esta especie. En *S. chacalapensis* y *S. chrysocarpus* las semillas tienen células convexas con domos altos, lo cual es un estado de carácter único de estas dos especies.

Los resultados del fenograma muestran dos grupos con base en los caracteres cuantitativos y cualitativos de la semilla. El grupo II con 19 especies se caracteriza porque todas las semillas presentan los caracteres típicos que permiten reconocer a las semillas de *Stenocereus*. Sin embargo, el agrupamiento de las 19 especies no corresponde a los de aréolas morenas y aréolas claras (Gibson y Horak, 1978; Arreola y Terrazas, 2003). La especie de *S. dumortieri* se agrupa con estas especies, por lo tanto los resultados del análisis de correlación y el canónico discriminante con base exclusivamente en los caracteres de la semilla no apoyan el reconocimiento del género *Isolatocereus* para esta especie como sugieren Gibson (1991b) y Anderson (2001).

En el fenograma, el grupo I se formó por cinco especies, *Stenocereus alamosensis*, *S. aragonii*, *S. beneckeii*, *S. eichlamii* y *S. kerberi*, las cuales tienen las semillas más grandes, valores altos en el largo y área de la RHM, son lisas y podrían considerarse como aberrantes en el género *Stenocereus* debido a los valores de disimilitud (menor a cero) con el grupo II. Con base en los resultados del fenograma y el análisis canónico discriminante, se apoya la propuesta de Arias *et al.* (2003) de que *S. aragonii* y *S. eichlamii* no pertenecen al género *Stenocereus* como propusieron estos autores con base en caracteres moleculares. Además ambas especies presentan caracteres de la estructura primaria, la secundaria y de los cuantitativos de las semillas, más similares a las especies del género *Pachycereus* (Arias y Terrazas, 2004), que los aquí descritos para miembros del género *Stenocereus*. Entre los caracteres similares de *S. aragonii* y *S. eichlamii* con los de las especies de *Pachycereus* se encuentran: el tamaño grande (3.2 – 6.2 mm), el lustre brillante y el relieve de plano a ligeramente convexo en las paredes periclinales de la región lateral, caracteres que contrastan con los de las especies de *Stenocereus* aquí reportados con menor tamaño (1.8 – 2.4 mm), y por lo común con superficie opaca, relieve de las células periclinales convexa, y el microrelieve estriado en las paredes periclinales.

Las tres especies, *S. alamosensis*, *S. kerberi* y *S. beneckeii*, son excepciones en el género *Stenocereus* porque sus semillas se asemejan más a los miembros de la subtribu Pachycereinae, con quien comparten el lustre, la superficie lisa, las paredes periclinales planas y la ausencia de microrelieve. Además, *S. beneckeii* presenta tamaños muy similares a varias especies de la subtribu Pachycereinae, siendo ésta, la especie más diferente del género *Stenocereus*, en términos de los atributos de sus semillas. Aunque los caracteres de la semilla para las tres especies referidas son distintos al resto de las entidades del género, comparten los caracteres morfológicos que se han descrito como las sinapomorfias del

género *Stenocereus* que son: la presencia de cuerpos de sílice en la epidermis e hipodermis y las espinas ausentes en los frutos maduros (Arreola, 2000; Terrazas y Loza-Cornejo, 2002; Arias, 2002).

Las semillas aquí estudiadas de *Stenocereus alamosensis* son diferentes a las descritas por Barthlott y Hunt (2000). Del análisis realizado en el presente estudio se sabe que las semillas tienen células uniformes, ausentes de convexidades o planas; así como la RHM tipo agujero de cerradura, mientras que Barthlott y Hunt (2000) la describen como semillas con células gradualmente más pequeñas en dirección al hilo, cóncavas y RHM tipo ovalado. No obstante la descripción de la semilla no corresponde con la micrografía de la semilla de esta especie, por lo que se considera es un error tipográfico.

A diferencia de la mayoría de los estudios donde se describe parcialmente a las semillas de las especies de *Stenocereus*, aquí se exploraron otros caracteres cuantitativos de ésta, tales como: el largo de la región hilo micrópilar, área de la RHM, el ángulo entre el largo y la RHM, la distancia entre el punto de alargamiento de la región ventral y el borde de la RHM, profundidad localizada entre el borde la RHM y el punto de alargamiento de la región ventral, el ancho menor, ángulo entre el largo y el punto de expansión de la región ventral, largo de célula, ancho de célula, área de célula y la relación ancho menor y profundidad. De estos caracteres; cuatro ya habían sido utilizados por Arias y Terrazas (2004) para describir las semillas de las especies de *Pachycereus sensus* Barthlott y Hunt (1993).

El análisis canónico discriminante clasificatorio mostró que únicamente en 12 de las 24 especies se clasificaron correctamente el 76% o más de las semillas si se emplean cinco caracteres detectados por CANDIS: el largo, el ancho mayor, el largo RHM, el ancho menor y el área de célula y fueron útiles para definir siete grupos de especies. El análisis canónico por localidad ayuda a reconocer a los grupos que no se revelan en el análisis canónico para todas las semillas.

Al comparar los análisis de este estudio con los realizados por Arias y Terrazas (2004) y Núñez-Mariel (2004) se aprecia que las especies de *Pachycereus* se pueden agrupar con base en el largo, ancho, el largo de la RHM, de las semillas. Con excepción del largo y el ancho de las semillas los otros atributos son diferentes, lo que sugiere que no son siempre los mismos caracteres morfométricos los que mejor describen a la semilla de cada género.

El largo y ancho de las semillas medidas en este trabajo son similares con cuatro de las siete especies reportadas en el estudio de Barthlott y Hunt (2000); mientras que la similitud de estos caracteres se da solo con diez de las 15 especies estudiadas por Gibson y Nobel (1986) y Gibson (1988a a 1991b). Los caracteres: área RHM, ancho menor y área de célula, permiten agrupar a las especies por presentar la combinación de estos en forma diferencial. Además, el análisis de varianza ayudó a reconocer sólo dos estados de carácter potenciales para ellos, excepto para el área de célula donde se pueden reconocer tres estados de carácter. Esta también es una diferencia con relación a los resultados reportados para las semillas de *Pachycereus* por Arias y Terrazas (2004), quienes reconocen un mayor número de estados de carácter.

Las observaciones de la morfología de las semillas de otras especies que pertenecen a la subtribu Stenocereinae, como son *Escontria chiotilla*, *Myrtillocactus geometrizans*, *M. schenckii*, *Polaskia chende* y *P. chichipe*, indican de manera preliminar que existen algunos caracteres de la semilla que comparten con todas las especies de esta subtribu, como son la superficie opaca, rugosa, microrelieve con estriaciones sobre la pared periclinal de las células. Características diferentes a las semillas de las especies de los géneros *Pachycereus*, *Lophocereus*, *Neobuxbaumia*, *Cephalocereus*, *Carnegiea*, *Pterocereus*, *Backebergia*, *Pseudomitrocereus* y *Lemaireocereus* de la subtribu Pachycereinae (Arias y Terrazas, 2004; Barthlott y Hunt, 2000; Núñez-Mariel, 2004).

7. CONCLUSIONES

1. Los caracteres cualitativos y cuantitativos de las semillas del género *Stenocereus* son importantes para entender la estructura básica y diferenciación entre especies. De los caracteres morfológicos analizados, los más importantes fueron aquellos relacionados con la región hilo-micropilar y la región lateral de la semilla. Los caracteres cualitativos de las semillas del género son potencialmente útiles en los estudios del género o la tribu Pachycereeae.
2. Se describe por vez primera las semillas de *S. chacalapensis*, *S. fricii*, *S. laevigatus* y *S. zopilotensis*. También se muestran las primeras micrografías de las semillas de *S. chacalapensis*, *S. fricii*, *S. griseus*, *S. kerberi*, *S. laevigatus*, *S. martinezii*, *S. montanus*, *S. treleasei* y *S. zopilotensis*.
3. Se cuantifican por vez primera para las especies del género *Stenocereus*, los caracteres de la región hilo-micropilar (RHM) de la semilla como son: largo, área, el ángulo entre el largo y la RHM, la distancia entre el punto de alargamiento de la región ventral y el borde de la RHM, profundidad localizada entre el borde la RHM y el punto de alargamiento de la región ventral.
4. El análisis canónico discriminante, mostró que largo, ancho mayor, ancho menor, largo de la región y área de la RHM, y área celular son los caracteres más importantes para distinguir siete grupos de especies.
5. El análisis discriminante clasificatorio, mostró que la combinación de los cinco caracteres revelados por CANDIS: largo, ancho mayor, ancho menor, largo de la RHM y área celular permiten clasificar las semillas de especies con un porcentaje superior al 76% en sus respectivas especies.

6. El análisis de similitud evidenció dos grupos, el grupo I: con las especies *Stenocereus alamosensis*, *S. kerberi*, *S. beneckeii*, *S. aragonii* y *S. eichlamii*; las cuales presentan semillas lustrosas, lisas, sin microestriaciones sobre la pared periclinal y semillas más grandes. El grupo II, con todas las demás especies del género, las cuales tienen semillas opacas, con la escultura multicelular (rugosa o ruminada) y microestriaciones con diferentes grados de desarrollo.
7. Se confirma con base a los atributos de la semilla que las especies *Stenocereus aragonii* y *S. eichlamii* no pertenecen al género *Stenocereus* como propone Arias *et al* (2003) y que *S. dumortieri* no debe reconocerse como género *Isolatocereus*.
8. Los resultados de los dos análisis apoyan la propuesta de Gibson y Horak (1978) de reconocer a las dos subtribus (*Stenocereinae* y *Pachycereinae*) con base en las características de la semilla, pero modificando sus límites.
9. Los resultados del presente estudio sugieren que la morfología de las semillas puede ser importante en la clasificación de Cactaceae, al menos a los niveles de tribu subtribu y género. Pero no a nivel de especie debido a que las semillas son similares entre especies, excepto en algunos casos donde caracteres cualitativos son exclusivos de una sola especie que la distinguen de las demás o de la combinación diferencial de cinco atributos cuantitativos.

RECOMEDACIONES

Debido a la importancia del género, y con base en los resultados obtenidos, se plantean las siguientes propuestas:

1. Realizar estudios ontogenéticos e histoquímicos de la testa de semillas del género.
2. Realizar estudios comparativos de semillas de la misma especie pero con una amplia distribución para describir la variación cualitativa y cuantitativa. Para así reconocer los caracteres que presenten una menor plasticidad.
3. Estudiar el resto de las especies de la tribu Pachycereae, para poder incluir los caracteres de la semilla en análisis filogenéticos y entender la relación entre las especies de la tribu Pachycereae.

8. LITERATURA CITADA

- Aguilar, M, I.** 2004. Variación morfológica de *Stenocereus dumortieri* (Cactaceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Anderson, E. F.** 1987. A revision of the genus *Thelocactus* Britton and Rose (Cactaceae). *Bradleya* 5: 49-76.
- Anderson, E. F.** 2001. The Cactus family. Timber Press, Portland.
- Arias, S.** 1993. Cactáceas: conservación y diversidad en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44: 109-115.
- Arias, S.** 1998. La sistemática de cactáceas en México, breve recuento y perspectivas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63: 153-165
- Arias M, S.** 2002. Filogenia del género *Pachycereus* (Pachycereeae, Cactaceae). Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillo.
- Arias, S. y T. Terrazas.** 2004. Seed morphology and variation in the genus *Pachycereus* (Cactaceae). *Plant Research Journal* (en prensa).
- Arias, S., Terrazas, T. y K. Cameron.** 2003. Phylogenetic analysis of *Pachycereus* (Cactaceae, Pachycereeae) based on chloroplast and nuclear DNA sequences. *Systematic Botany* 28: 547-557.

Arreola N, H. J. 2000. Sistemática de las especies de *Stenocereus* (A.Berger) Riccob, con aréolas morenas (Cactoideae: Cactaceae). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo.

Arreola-Nava, H. J. y T. Terrazas. 2003. Especies de *Stenocereus* con aréolas morenas: clave y descripción. Acta Botánica Mexicana 64: 1-18.

Arreola-Nava, H. J. y T. Terrazas. 2004. *Stenocereus zopilotensis* Arreola-Nava and Terrazas (Cactaceae), a new species from México. Brittonia 56: 96-100

Ávila R, M. G. 2003. Patrón de ramificación, dinámica de la floración-fructificación y distribución de *Stenocereus beneckeii* (Ehrenberg) Buxb (Cactaceae). Tesis de Licenciatura. FES-Zaragoza. UNAM. México.

Bahadur, B. y S. M. Farooqui. 1986. Seed and seed coat in Australian *Nicotiana*. En: W. G. D'Arcy (Ed) Solanaceae: biology and systematics. Columbia University Press. New York.

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. 1984. Microstructural features of seed surfaces. En: V.H. Heywood y D. M, Moore (Ed) Current concepts in Plant Taxonomy. Academic Press. London.

Barthlott, W. y D. R. Hunt. 1993. Cactaceae. En: K. Kubitzki (Ed) The families and genera of vascular plants. Vol. II. Springer-Verlag. Berlin.

Barthlott, W. y D. R. Hunt. 2000. Seed diversity in Cactaceae Subfamily Cactoideae. Succulent Plant Research 5. David Hunt, Sherborne.

Barthlott, W. y G. Voit. 1979. Mikromorphologie der Samenschalen und Taxonomie der *Cactaceae*: Ein raster-elektronenmikroskopischer Überblick. Plant Systematics and Evolution 132: 205-229.

Becerra, R. 2000. Las cactáceas plantas amenazadas por su belleza. Biodiversitas 39: 2-5.

Bonilla-Barbosa, J., A. Novelo, O. Y. Hornelas, y J. Márquez-Guzmán. 2000. Comparative seed morphology of Mexican *Nymphaea* species. Aquatic Botany 68: 189-204.

Bracamontes, R. M. 1982. El microscopio electrónico de barrido como herramienta para el estudio de las Cactáceas. Cactáceas y Suculentas de México 27: 36-41

Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México.

Buxbaum, F. 1953. Morphology of cacti. Section. II. The Flower. Abbey Garden Press. Pasadena.

Buxbaum, F. 1955. Morphology of cacti. Section. III. Fruits and Seeds. Abbey Garden Press. Pasadena.

Buxbaum, F. 1958. The phylogenetic division of the subfamily Cereoideae, Cactaceae. *Madroño* 14: 177-206.

Buxbaum, F. 1961. Die Entwicklungslinien der tribus Pachycereae. *F. Buxb. Botanische Studien* 12: 1-107.

Canne, J. M. 1979. A light and scanning electron microscope study of seed morphology in *Agalinis* (Scrophulariaceae) and its taxonomic significance. *Systematic Botany* 4: 281-296.

Carmona, J. M. 2003. Estudio anatómico y morfológico de las semillas de *Datura spp.* en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México

Carrillo-Ocampo, A. y E. M. Engleman. 1994. Anatomía de la semilla de *Chenopodium berlandieri spp. nuttalliae* (Chenopodiaceae) “huauzontle”. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54: 17-34.

Corner, E. J. H. 1976. The seeds of dicotyledons. Vol. 1. Cambridge University. Press. Cambridge.

Cota, J. H. y R. S. Wallace. 1996. La citología y la sistemática molecular en la familia Cactaceae. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 41: 27-46.

Crisci, J. V. y F. López-Armengol. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. O. E. A. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington.

Danilova, M. F., E. N. Nemirovich-Danchenko, G. A. Komar y M. M. Lodkina.

1995. The seed structure of monocotyledons. En: P. J. Rudall, P.J. Cribb, D. F. Cutler y Humphries, C.J. (Eds) Monocotyledons: systematics and evolution. Vol. II. Royal Botanic Gardens, Kew.

Davila-Aranda, P., S. Arias-Montes, R. Lira-Saade, J. L. Villaseñor y A. Valiente-

Banuet. 2002. Phylogeography of the columnar cacti (tribe Pachycereeae) in Mexico: A cladistic approach. En: T. H. Fleming y A. Valiente-Banuet (Eds) Columnar Cacti and their mutualists. The University of Arizona Press. Tucson.

Elizondo, J., J. Valdés, S. Arias. y S. L. Hatch. 1994. Micromorfología de las

semillas de algunas especies de la tribu Cactaceae (Cactaceae). Cactáceas y Suculentas Mexicanas 39: 59-67.

Espinosa-Osorio, G. y E. M. Engleman. 1998. Breve recopilación de anatomía de semillas. Colegio de Posgraduados. Montecillo.

Gibson, A. C. 1982. Phylogenetic relationships of Pachycereeae. En: J.S.F. Backer y W.T. Starmer (Eds) Ecological Genetics and Evolution. Academic Press. Sydney.

Gibson, A. C. 1988a. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. 1. Composition and definition of the subtribe. Cactus and Succulent Journal (Los Angeles) 60: 11-16.

Gibson, A. C. 1988b. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. 5. Cina and its relatives. Cactus and Succulent Journal (Los Angeles) 60: 283-288.

Gibson, A. C. 1989a. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. 6. *Stenocereus stellatus* and *Stenocereus treleasei*. Cactus and Succulent Journal (Los Angeles) 61: 26-32.

Gibson, A. C. 1989b. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. 7. The Machaerocerei members of *Stenocereus*. Cactus and Succulent Journal (Los Angeles) 61: 104-112.

Gibson, A. C. 1990a. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. 8. Organ pipe cactus and its closest relatives. Cactus and Succulent Journal (Los Angeles) 62: 13-24.

Gibson, A. C. 1990b. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. 9. *Stenocereus queretaroensis* and its closest relatives. Cactus and Succulent Journal (Los Angeles) 62: 170-176.

Gibson, A. C. 1991a. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. 10. The species group of *Stenocereus griseus*. Cactus and Succulent Journal (Los Angeles) 63: 92-99.

Gibson, A. C. 1991b. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. 11. *Stenocereus dumortieri* versus *Isolatocereus dumortieri*. Cactus and Succulent Journal (Los Angeles) 63: 184-90.

Gibson, A. C. y K. E. Horak. 1978. Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti. Annals of the Missouri Botanical Garden 65: 999-1057.

Gibson, A. C. y P. S. Nobel. 1986. The Cactus Primer. Harvard University Press. Cambridge.

Gower, J.C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27: 857-871.

Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactaceas mexicanas. UNAM y CONABIO, México.

Hernández, H. M. y H. A. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.

Hershkovitz, M. A. y E. A. Zimmer. 1997. On the evolutionary of the cacti. *Taxon* 46: 217-232.

Hunt, D. R. 1999. CITES. Cactaceae Checklist. 2nd. edition. Royal Botanic Gardens Kew. Remous Limited, Milborne Port.

Hunt, D. R. y N. P. Taylor. 1990. The genera of Cactaceae: progress towards *consensus*. *Bradleya* 8: 85-107.

Johnson, D. E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. México.

Leuenberger, B. E. 1974. Testa surface characters of Cactaceae. Preliminary result of a scanning electron microscope study. *Cactus and Succulent Journal (Los Angeles)* 46: 175-180.

Media Cybernetics. 1997. Image Pro Plus, Reference Guide. Version 3.0 for Windows. Silver Spring, Maryland.

Meregalli, M., G. Neuhuber. y R. Caramiello. 2000. Seed morphology in the *Gymnocalycium bossei-gruop* (Cactaceae): a useful tool for taxonomic studies. *Allionia* 37: 217-232.

Metzing, D. y J. Thiede. 2001. Testa sculpture in the genus *Frailea* (Cactaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 137: 65-70.

Mosco, A. y C. Zonovello. 2000. A phenetic analysis of the genus *Thelocactus*. *Bradleya* 18: 45-70.

Núñez-Mariel, C. 2004. Cactáceas columnares de México: estudio embriológico comparativo de cinco especies de la tribu Pachycereeae. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Nyffeler, R. 1998. The genus *Uebelmannia* Buining (Cactaceae: Cactoideae). *Botanische Jahrbucher* 120: 145-163.

Pimienta-Barrios, E. 1999. El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara, Zapopan.

Rolhf, F. J. 1997. NTSYS. Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 2.0. Applied Biostatistics Inc., New York, U.S.A.

Schneck, M. 1998. *Cactus*. Ed. Susaeta. S.A. Singapur.

SAS Institute. 1998. SAS Procedures Guide. Version 6.04. SAS Institute Inc. Cary.

Stuessy, F. T. 1990. Plant taxonomy the systematic evaluation of comparative data. Columbia University Press. New York.

Taylor, N. P. 1985. The genus *Echinocereus*. Royal Botanic Gardens, Kew. Richmond.

Terrazas, T. y S. Loza-Cornejo. 2002. Phylogenetic relationships of Pachycereeae: a cladistic analysis based on anatomical-morphological data. En: T. H. Fleming y A. Valiente-Banuet (Ed) Columnar Cacti and their mutualists. The University of Arizona Press, Tucson. Pp. 66-86.

APÉNDICE 1

Caracteres cualitativos de la semilla a evaluar.

Especie: *Stenocereus* _____

Caracteres generales o Morfología gruesa.

1. **Simetría:** Simétrico (1) Asimétrico (2)
2. **Color:** Negras (1) Café (2)
3. **Lustre:** Sin lustre (1) Semi-lustroso (2) Lustrosa (3)
4. **Escultura multicelular:** Lisa (0) Rugosa (1) Ruminada (2)
5. **Periferia:** Indiferenciada (0) Quilla (1)
6. **Zona donde finaliza la Quilla:** Dorsal (1) Apical (2) Ventral (3)
7. **Borde de la testa:** No expandido alrededor del hilo (0) Expandido alrededor del hilo (1) Enormemente expandido alrededor del hilo (2)

Estructura primaria (escultura de la testa).

8. **Tamaño de células o diferencia de las células en posición lateral:** Uniforme (0) Gradualmente pequeñas en dirección al hilo (1) Abruptamente pequeñas en dirección al hilo (2)
9. **Forma de la célula en la región lateral:** Isodiamétrica (1) Alargada (2)

Límite anticlinal de las células

10. **Curvatura de las paredes anticlinales:** Recto (1) Ondulada (2)
11. **Relieve del borde (pared anticlinal):** Invisibles (0) Levantado (1) Acanalado (2)
12. **Intersticios:** Minuciosamente punteado (1) Con cráteres (2)

Estructura de la pared periclinal.

13. **Relieve:** Plano (0) Convexo con domos bajos (1) Convexo con domos altos (2)
14. **Microrelieve:** Liso (0) Estriado (microestrias) (1)
15. **Microestriaciones:** Estriaciones finas en toda la pared periclinal (1) Estriaciones finas en los bordes de la pared periclinal (2) Estriaciones gruesas en toda la pared periclinal (3) Estriaciones gruesas en los bordes de la pared periclinal (4) Estriaciones muy gruesas en toda la pared periclinal (5) Estriaciones muy gruesas en los bordes de la pared periclinal (6)

Región hilo-micropilar (RHM).

16. **Orientación:** Basal (1) Oblicuo (2)
17. **Posición relativo al borde:** Superficial (1) Marcado (2)
18. **Configuración del hilo y micrópilo:** Separado (1) Cercano pero separado por una banda esclerificada (2) Fusionado (3)
19. **Forma del complejo HM:** Ovalado (1) Tipo agujero de cerradura (2).

Caracteres cualitativos y estados de carácter utilizados en el análisis de similitud.

1. Simetrías.
 - 1) Simétrico: 0- ausente 1-presente
 - 2) Asimétrico: 0- ausente 1-presente
2. Color .
 - 1) Negras: 0- ausente 1-presente
 - 2) Café: 0- ausente 1-presente
3. Lustre.
 - 1) Sin lustre: 0- ausente 1-presente
 - 2) Semi-lustrosa: 0- ausente 1-presente
 - 3) Lustrosa: 0- ausente 1-presente
4. Escultura multicelular.
 - 1) Lisa: 0- ausente 1-presente
 - 2) Rugosa: 0- ausente 1-presente
 - 3) Ruminada: 0- ausente 1-presente
5. Periferia.
 - 1) Indiferenciado: 0- ausente 1-presente
 - 2) Quilla: 0- ausente 1-presente
6. Zona donde finaliza la quilla.
 - 1) Dorsal: 0- ausente 1-presente
 - 2) Apical: 0- ausente 1-presente
 - 3) Ventral: 0- ausente 1-presente
7. Borde de la testa.
 - 1) No expandido alrededor del hilo: 0- ausente 1-presente
 - 2) Expandido alrededor del hilo: 0- ausente 1-presente
 - 3) Enormemente expandido alrededor del hilo: 0- ausente 1-presente
8. Tamaño de células o diferencia de las células en posición lateral.
 - 1) Uniforme: 0- ausente 1-presente
 - 2) Gradualmente pequeñas en dirección al hilo: 0- ausente 1-presente
 - 3) Abruptamente pequeñas en dirección al hilo: 0- ausente 1-presente
9. Forma de la célula en la región lateral.
 - 1) Isodiamétrica: 0- ausente 1-presente
 - 2) Alargada: 0- ausente 1-presente
10. Curvatura de las paredes anticlinales.
 - 1) Recto: 0- ausente 1-presente
 - 2) Ondulado: 0- ausente 1-presente
11. Relieve del borde (pared anticlinal).
 - 1) Invisible: 0- ausente 1-presente
 - 2) Levantado: 0- ausente 1-presente
 - 3) Acanalado: 0- ausente 1-presente
12. Intersticios.
 - 1) Minuciosamente punteado: 0- ausente 1-presente
 - 2) Cráteres: 0- ausente 1-presente

13. Relieve.
 - 1) Plano: 0- ausente 1-presente
 - 2) Convexo con domos bajos: 0- ausente 1-presente
 - 3) Convexo con domos altos: 0- ausente 1-presente
14. Microrelieve.
 - 1) Liso: 0- ausente 1-presente
 - 2) Estriado (microestriaciones): 0- ausente 1-presente
15. Microestriaciones.
 - 1) Estriaciones finas en toda la pared periclinal: 0- ausente 1-presente
 - 2) Estriaciones finas en los bordes de la pared periclinal: 0- ausente 1-presente
 - 3) Estriaciones gruesas en toda la pared periclinal: 0- ausente 1-presente
 - 4) Estriaciones gruesas en los bordes de la pared periclinal: 0- ausente 1-presente
 - 5) Estriaciones muy gruesas en toda la pared periclinal: 0- ausente 1-presente
 - 6) Estriaciones muy gruesas en los bordes de la pared periclinal: 0- ausente 1-presente
16. Orientación de la región hilo-micropilar:
 - 1) Basal: 0- ausente 1-presente
 - 2) Oblicuo: 0- ausente 1-presente
17. Posición relativo al borde.
 - 1) Superficial: 0- ausente 1-presente
 - 2) Marcado: 0- ausente 1-presente
18. Configuración del hilo y micrópilo.
 - 1) Separado: 0- ausente 1-presente
 - 2) Cercano pero separado por una banda esclerificada: 0- ausente 1-presente
 - 3) Fusionado: 0- ausente 1-presente
19. Forma del complejo HM.
 - 1) Ovalado: 0- ausente 1-presente
 - 2) Tipo agujero de cerradura: 0- ausente 1-presente

APÉNDICE 2

Matriz coefénetica a partir de un análisis de correlación.

" STAND: input=A:\Steno2.txt, divide=STD, subts=YBAR, direction=Row

" SIMINT: input=A:\stand2, coeff=CORR, direction=Cols

3 24L 24 0

*S.alamosensis S.aragonii S.beneckeii S.chacalapensis S.chrysocarpus S.dumortieri S.eichlamii S.eruca S.fimbriatus S.fricii S.griseus
S.gumosus S.kerberi S.laevigatus S.martinezi S.montanus S.pruinosus S.queretaroensi S.quevedonis S.standleyi S.stellatus S.thurberi
S.treleasei S.zopilotensis*

```

1.
5.20 1
8.11 6.99 1
-2.48 -3.01 -1.40 1
-1.80 -1.15 -9.00 4.14 1.
-4.09 -5.67 -4.08 7.69 1.04 1
5.03 9.00 6.02 -3.53 -1.42 -5.68 1
-5.23 -1.98 -4.77 2.48 8.43 2.18 -1.92 1
-1.64 -4.55 -2.68 4.37 -2.34 -5.85 -4.42 -2.12 1
-1.85 -1.63 9.54 2.74 -1.25 -3.09 -6.29 -3.12 1.82 1
-4.24 -4.45 -3.24 2.90 -2.85 3.03 -4.60 3.87 1.87 1.08 1
-5.50 -3.86 -7.12 2.60 -1.55 2.35 -3.54 6.80 9.06 -1.75 4.40 1
9.30 5.78 7.34 -2.28 -1.90 -4.24 5.42 -3.50 -2.65 -2.97 -3.96 -3.43 1
-3.53 -4.84 -3.51 1.50 -2.84 3.53 -4.88 8.14 7.03 3.90 4.92 2.14 -3.73 1
-4.55 -5.00 -4.95 -4.46 6.12 3.53 -4.74 -1.56 2.96 1.75 2.98 2.03 -5.32 3.68 1
-3.53 -3.73 -2.85 -5.48 -3.31 3.95 -4.02 -1.03 4.58 7.01 2.38 9.19 -3.14 5.87 6.00 1
-2.69 -3.81 -2.68 -2.97 -3.19 -3.22 -4.08 -1.81 7.00 1.99 5.54 2.43 -3.29 6.77 2.38 4.44 1
-2.53 -3.59 -1.70 6.67 3.63 5.70 -3.93 -5.32 3.19 1.03 5.78 -2.21 -3.17 3.81 3.93 1.84 6.33 1
-3.99 -4.70 -4.62 -1.44 2.16 5.19 -4.48 -1.22 1.46 -2.79 -2.48 -2.96 -5.22 7.08 7.71 3.36 8.84 -1.30 1
-2.21 -4.06 -2.82 -1.99 4.27 4.66 -4.167 3.59 1.18 -3.30 -3.18 -9.82 -2.17 8.51 1.53 3.46 -1.28 3.70 3.30 1
-3.89 -4.22 -5.89 -1.00 -9.09 3.85 -3.88 1.70 4.05 -4.19 1.97 4.63 -3.72 -1.21 2.66 -1.79 1.82 3.70 4.36 2.30 1
-6.43 -1.41 -2.74 -3.05 1.63 1.29 -1.03 -9.91 -1.99 -2.45 -3.73 3.42 -5.45 -3.26 1.63 -1.13 -3.06 -1.25 3.09 3.04 2.54 1
-2.25 -2.10 -3.90 3.98 -9.43 9.89 -1.82 1.96 5.12 5.60 -1.27 2.55 -2.49 -2.41 -8.85 -3.98 -1.50 -2.83 2.15 -1.05 5.18 2.81 1
-2.53 -7.94 -2.37 -7.19 -8.09 -1.87 1.27 2.92 -1.43 2.91 3.11 1.62 -2.52 -9.14 -1.35 -2.96 -2.12 -2.32 -2.37 -1.53 1.40 -4.98 3.15 1

```