



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE BOTÁNICA**

ANATOMÍA DE LAS ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS DE *STENOCEREUS
ALAMOSENSIS* (J.M. COULT.) A.C. GIBSON Y K.E. HORAK (CACTACEAE)

JESÚS URÍAS CASTILLO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2009

La presente tesis, titulada: “**Anatomía de las estructuras reproductivas de *Stenocereus alamosensis* (J.M. Coult.) A.C. Gibson y K.E. Horak**”, realizada por el alumno: **Jesús Urías Castillo**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

DR. EDMUNDO GARCÍA MOYA

ASESOR:

DRA. TERESA TERRAZAS SALGADO

ASESOR:

DR. ÁLVARO REYES OLIVAS

ASESOR:

M. C. BARDO H. SÁNCHEZ SOTO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre del 2009

DEDICATORIA

A MI ESPOSA, AMIGA Y COMPAÑERA:

Dejanira, por su apoyo, cariño, consejos, comprensión y confianza invaluable, por eso pude terminar la Maestría. Ella ha sido de suma importancia para lograr mis objetivos y por hacerme tan feliz en mi vida matrimonial y personal, por eso siempre la amaré, así como al fruto de mi existencia a mi hijo **Jesús Manuel**, que es lo máspreciado y adorado que tengo.

A MIS PADRES:

Luz Graciela y Carlos que con su apoyo, paciencia y consejos han hecho de mí una persona de bien con deseos de vivir y de superarme día con día en lo personal y en lo profesional, y por haberme dado la vida; siempre los querré y siempre estarán en mi corazón y mente, a mis suegros Noni y Manuel muchas gracias por su apoyo.

A MIS HERMANOS, AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Carlos Antonio, Maria Luisa, Lore, Alfredo y Luz María. Cuñados: Eleazar, Manuel, Silvia y Yadira. Sobrinos: Eloy, Lupita, Luz, Dennis, Karla, Nayeli, Cecilia, Alfredito, Omar, Manuelito, Lorena, Melani, Kevin y Carlos. Amigos: Francisco (Chango), Jorge Caro, Luis Caro †, Rubén Glugluglu, Alfonso, Filiberto Pellegrini, Maikino, Germán, José, Alberto, Adalberto, Goofy y David; compañeros y amigos del COLPOS: Ángel, Edwin, Rocandio, Rodrigo, Víctor Sonora, Cesar, Martha, Eloy, Leo, Alday, Don Alex, Eleodoro, Sandra, Luz Adela, Amalio, Juan Semillas, Hugo, Toño, Tucuch, Migueles, Jamaico, Jorge, Jatrofin, Daniel y Rocío, mil gracias por su cariño, apoyo, fe y motivación para seguir adelante en mi vida personal y profesional, Suerte colegas.

A MIS PROFESORES Y AMIGOS DE LA U DE O.

José A. Trigueros, Rubén Félix, Cecilia Romero, Magdalena Zayas, Guillermo Serrano, José J Torres, Efrén Uriarte, Patricio P., Maricarmen, Mirna, Nadia, Tamara, Bere, Rica, Luzali, Charly, Pancho, Oscar, Wilson, Joseli, Chicuate, Greco, Benja, se las dedico por su amistad, consejos y compañerismo, gracias Colegas.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por guiar mi vida, mis estudios, por ayudarme a ser paciente, ser feliz y un cristiano con buenos sentimientos (Santi).

AL CONACYT

A los millones de mexicanos (as) que pagan impuestos, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

AL COLPOS CAMPUS MONTECILLO Y AL DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Por darme la oportunidad de estudiar y terminar mi Maestría. Gracias también por brindarme el apoyo y oportunidad de obtener un título de Maestría en Botánica. Al Dr. Ebandro Uscanga gracias por sus consejos y a la secretaria Corina por su ayuda.

A MI CONSEJERO, ASESORES Y COMPAÑEROS

Al **Dr. Edmundo García** por sus consejos y ayuda prestada, a la **Dra. Teresa Terrazas** por su valiosa ayuda en la realización de este trabajo, a mi profesor y amigo al **Dr. Álvaro Reyes**, así como a mi amigo y profesor **M. C. Bardo H. Sánchez** por su ayuda en la estructuración de la tesis y en los muestreos, a la **Dra. Victoria Hernández**, **Dra. Dorismilda Martínez**, **M.C. Héctor Tovar**, **Dr. Ricardo Casas**, **Dionisio Palafox**, **M.C. Mireya Fuentes**, **M.C. Ma. Luisa Bárcenas**, **Jorge** y **Dra. María Flores** Mil gracias por su valiosa ayuda en laboratorio y en mi trabajo.

A MIS PROFESORES DEL COLEGIO Y DE LA U DE O DE LOS MOCHIS

Dra. Lucero del Mar Ruíz, **Dra. Araceli Zavaleta**, **Dr. Vicente González †** y al **Dr. David Espinosa–V.** Muchas gracias por transmitirme un poco de su sabiduría y conocimiento. Al **I. Q. Nodier Eliécer García A.** y a la **Biol. Florencia Millán V.** por prestarme el laboratorio de química de la U DE O, para las observaciones de las muestras en el microscopio y reactivos utilizados para los muestreos, gracias.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.	viii
RESUMEN.	x
ABSTRACT.	xi
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Morfología y anatomía de flores de cactáceas.	3
2.2 Frutos de cactáceas: morfología y anatomía.	5
2.3 Semillas de cactáceas: número, morfología y anatomía.	7
2.4 Estudios sobre viviparidad.	9
2.5 Objetivos e hipótesis de esta investigación.	11
2.5.1 Objetivos.	11
2.5.2 Hipótesis.	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Localidades de recolecta.	12
3.2 Material biológico.	14
3.3 Trabajo de campo.	16
3.4 Trabajo de laboratorio.	17
3.5 Variables.	18
3.6 Análisis estadísticos.	18
4. RESULTADOS	
4.1 Comparación de tamaños de las estructuras reproductivas de <i>Stenocerus alamosensis</i>	19
4.1.1 Descripción morfológica de la flor en antesis.	21
4.1.2 Descripción anatómica de la flor.	24
4.2 Descripción anatómica de los botones florales.	28
4.3 Morfología del fruto.	29
4.4 Anatomía del fruto.	30
4.5 Número de semillas por fruto.	32

	Pág.
4.6 Morfología de las semillas.	34
5. DISCUSIÓN	
5.1 Flor (Morfología y anatomía).	36
5.2 Fruto (anatomía).	39
5.3 Morfología de la semilla.	40
5.4 Fenología de las estructuras reproductivas.	40
5.5 Correlación de tamaño del fruto–semilla.	41
6. CONCLUSIONES.	42
7. LITERATURA CITADA.	43
8. ANEXOS.	51

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Promedios mínimos, en negritas, y máximos de número de semillas por fruto, de algunas Cactáceas, con base en Godínez–Álvarez <i>et al.</i> (2003).	7
2. Estructuras reproductivas de <i>Stenocereus alamosensis</i> y longitud promedio en dos localidades del municipio de Ahome, Sinaloa. La comparación de medias con Tukey entre localidades muestra que no hay diferencias significativas (n.s.).	20
3. Características anatómicas observadas en botones de <i>Stenocereus alamosensis</i> de diferentes estadios.	29
4. Principales diferencias en el desarrollo del fruto en <i>Stenocereus alamosensis</i> . Nota: Los números romanos I y II, indican los estadios.	31
5. Número de semillas por fruto, longitud del fruto y longitud de botones florales de <i>S. alamosensis</i> de las localidades de isla Patos y dunas del Maviri, de Topolobampo, Ahome, Sinaloa.	32
6. Número total de semillas por fruto en isla Patos y dunas del Maviri.	33
7. Correlación de la longitud (cm) de frutos de los estadios I y II con el número de semillas para datos separados por localidad.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Bregman y Bougman (1983) hacen una descripción de la morfología de la semilla de cactáceas, la cual se presenta en corte longitudinal. . . .	8
2. Localización de los sitios de recolecta de las estructuras reproductivas de <i>Stenocereus alamosensis</i> en las poblaciones de isla Patos (●) y dunas el Maviri (●), Topolobampo (●), Ahome, Sinaloa, México. . . .	13
3. <i>Stenocereus alamosensis</i> en fructificación, en isla Patos de la bahía de Ohuira, municipio de Ahome, Sinaloa, México (proporcionada por Sánchez–Soto, 2006).	16
4. Flor en antesis y fruto de <i>Stenocereus alamosensis</i> en su hábitat natural en Isla Patos, bahía de Ohuira, municipio de Ahome, Sinaloa, México (proporcionada por Sánchez–Soto, 2006).	19
5. Flor de <i>Stenocereus alamosensis</i> colectada de dunas del Maviri, Ahome, Sinaloa.	21
6. Dibujo de una flor del género <i>Rathbunia</i> (<i>Stenocereus</i>): A, vista exterior mostrándole tubo receptacular algo zigomorfo, más largo que los segmentos del perianto; B, corte longitudinal de la flor: 1, pericarpelo pequeño con podarios y escamas triangulares; 2, tubo receptacular largo y angosto; 3, cavidad del ovario; 4, cámara nectarial larga; 5, estilo; 6, lóbulos del estigma; 7, estambres; 8, segmentos del perianto cortos y recurvados hacia fuera (Bravo–Hollis, 1978).	22
7. Corte longitudinal de una flor de <i>Stenocereus alamosensis</i> . Se observa: (F) filamentos, (CN) cámara nectarial y (O) ovario.	23
8. Tépalos, corte transversal de botón estadio IV. En la parte inferior se observa del tépalo, haces vasculares (Hv), las células de mucílago (M) y la epidermis (E).	24
9. Androceo, corte transversal. A) estadio I y B) estadio II. endotecio (E), filamento (fi), polen (P).	25

	Pág.
10. Càmara nectarial y estило, corte longitudinal de botón floral estadio IV Cámara nectarial (CN), estило (Es).	26
11. Ovario, corte longitudinal de botón estadio IV. (A) columna (C) y ovario. B) óvulos campilótropos.	27
12. Estило, corte transversal de botón estadio IV. (E) las células epidérmicas, (M) de mucílago, (Hv) haz vascular anficribal, (T) tejido de transmisión.	28
13. Frutos, corte longitudinal del fruto de <i>Stenocereus alamosensis</i> de poblaciones de isla Patos, bahía de Ohuira, Municipio de Ahome, Sinaloa, México.	30
14. Fruto estadio II, Corte transversal tejido dérmico y fundamental. (E) epidermis, (H) hipodermis.	31
15. Relación entre la longitud del fruto y el número de semillas en las localidades isla Patos y dunas Maviri. Las pendientes de ambas rectas no difieren significativamente.	34
16. Semillas de <i>Stenocereus alamosensis</i> de la isla Patos y de dunas del Maviri, Topolobampo, Ahome, Sinaloa.	35
17. Semilla, corte transversal. (T) testa, (E) embrión.	35

ANATOMÍA DE LAS ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS DE *STENOCEREUS*
ALAMOSENSIS (J.M. COULT.) A.C. GIBSON Y K.E. HORAK (CACTACEAE)

Jesús Urías Castillo, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2009

De las 669 especies de Cactaceae reconocidas en México, se ha registrado viviparidad en alrededor de 20 especies, en el norte de Sinaloa se han reconocido solo algunas incluyendo *Stenocereus alamosensis*. Los estudios de anatomía y morfología de las estructuras reproductivas en cactáceas son escasos y no se ha evaluado si la viviparidad modifica algún tejido de las estructuras reproductivas. Por ello, se consideró como objetivo de este trabajo describir y comparar las características anatómicas y morfológicas de la flor y el fruto de dos poblaciones de *S. alamosensis* que habitan en el desierto costero de Topolobampo, Ahome, Sinaloa donde se ha registrado viviparidad. A las flores y frutos recolectados en siete estadios de desarrollo se les aplicó la microtecnica convencional de inclusión en parafina para describir los diferentes tejidos. Las semillas se contaron y se clasificaron. A los estadios reproductivos de flores y frutos por localidades se les aplicó una prueba de medias de Tukey. Se realizó una correlación entre frutos y número de semillas. Los resultados mostraron que las características de la epidermis e hipodermis de las flores son similares a las del tallo, pero sin cuerpos de sílice; el nectario corresponde a una cámara como en los otros miembros del género. Para los óvulos se observó presencia de taninos en los estadios I, II y III. Las células de la epidermis de los frutos fueron cuadradas, las células de mucílago fueron abundantes e isodiamétricas, con haces vasculares frecuentes. La testa de las semillas inmaduras es delgada y gruesa para las maduras. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para datos separados por localidades para los estadios reproductivos I y II y se relacionó ($r = 0.98$) la longitud de los frutos, con el número de semillas en ambas localidades. No se encontraron modificaciones en los tejidos que puedan atribuirse a la viviparidad que presenta esta especie en las localidades colectadas.

Palabras clave: Anatomía, *Stenocereus alamosensis*, Isla Patos, Dunas del Maviri.

ABSTRACT

Nearly 669 species of Cactaceae have been recognized in Mexico and from those *Stenocereus alamosensis* is one 20 species showing vivipary. The studies of anatomy and morphology of the reproductive structures in Cactaceae are few and how the tissues of these structures are modified by vivipary is lacking. The objective of this study was to describe and compare the anatomical and morphological features of flowers and fruits of two populations of *S. alamosensis* from the coastal desert of Topolobampo at Ahome, Sinaloa, where vivipary has been documented. Flowers and fruits collected in seven stages of development were subject to conventional paraffin inclusion microtechnique to describe the different tissue. The seeds were counted and described. The reproductive stages of flowers and fruits from each locality were tested with Tukey's. A correlation between fruits in seeds numbers was undertaken. The results showed the epidermal and hypodermal of the flower are similar to the ones from the stems but without silica bodies. The nectary corresponds to the chamber like the other members of the genus. The presence of tannin was observed in the ovule in the stages I, II and III. The cells of the epidermal of the fruit were square. The mucilage cells were abundant and isodiametric, with frequent vascular bundles. The seed coat of the immature seeds is thin and thick for mature seeds. There are not differences ($P>0.05$) within localities for the reproductive stages I and II, and it was found also a relation ($r=0.98$) between the length of the fruit and the number of seeds in both localities. No f tissue differences were found associated to vivipary in the sites where the species was collected.

Keywords: Anatomy, *Stenocereus alamosensis*, Patos Island, Dunes of Maviri.

1. INTRODUCCIÓN

Las cactáceas comprenden un grupo de vegetales originarios de América, con excepción del género *Rhipsalis* Gaertn., que solo se encuentra en África. Son plantas suculentas, enlistadas en 100 géneros y cerca de 1,500 especies y su centro de diversidad se encuentra en las regiones secas del suroeste de los Estados Unidos y México y al sur de Sudamérica. Su distribución se ubica entre los 57° Norte en Canadá (*Opuntia* (L.) Mill.) y hasta los 50° Sur en la Patagonia de Argentina (*Maihuenia* Philippi ex K. Schum., *Opuntia* Mill. y *Pterocactus* K. Schum.), al igual que en toda América del Sur, desde las islas Brasileñas de Fernando de Noronha hasta el archipiélago de las Galápagos (Bravo–Hollis, 1978; Barthlott y Hunt, 1993); el 68 % de las cactáceas se encuentran en México, de las cuales el 45 % son endémicas de los desiertos (Bravo–Hollis, 1978; Rzedowski, 1978). Estos taxones se encuentran desde uno a 4, 000 m s. n. m. (Schneck, 1998).

La familia Cactaceae es monofilética y se divide en tres subfamilias: 1) Pereskioideae Engelm. con dos géneros y 20 especies, todas con hojas prominentes; 2) Opuntioideae Burnett con cinco géneros y 200 a 250 especies, de las cuales casi el 70 % pertenecen a *Opuntia*, y 3) Cactoideae Eaton es la más grande con 1, 300 especies agrupadas en 91 géneros. Esta subfamilia se subdivide en nueve tribus (Barthlott y Hunt, 1993; Nobel, 1998).

En México, debido a su geografía y topografía variada, la diversidad de climas y microclimas, la riqueza de cactáceas es cuantiosa, por lo que se han descrito un total de 669 especies y 244 subespecies, agrupadas en 63 géneros aceptados (Guzmán *et al.*, 2003). El 70 % de las cactáceas se localizan en zonas muy secas y secas de Norteamérica y América del Sur (Becerra, 2000; Nyffeler, 2002), donde la vegetación es un matorral xerófilo. Sin embargo, también las podemos encontrar en la selva baja caducifolia, selva alta o mediana perennifolia y bosques de pino–encino (Bravo–Hollis, 1997). En Sinaloa se

realizó un recuento preliminar, basado en colecciones de herbario y publicaciones, que enlista alrededor de 90 especies de cactáceas, de las cuales 40 se distribuyen al norte de la entidad y algunas se encuentran amenazadas por factores antropógenas (Sánchez–Soto *et al.*, datos no publicados).

Se han registrado poblaciones de *Stenocerus alamosensis* del norte de Sinaloa que producen frutos normales y vivíparos (Cota–Sánchez *et al.*, 2007), pero se desconoce si la viviparidad está asociada a modificaciones morfo–anatómicas en las flores o frutos. Los estudios realizados sobre la descripción morfológica y anatómica de flores, frutos y semillas de cactáceas son numerosos, pero para el género *Stenocereus* (A. Berger) Riccob., son escasos (Bravo–Hollis, 1978; Buxbaum 1953, 1955; Arreola–Nava y Terrazas, 2004; Arroyo *et al.*, 2006; Ayala–Cordero *et al.*, 2004; Fuentes–Pérez, 2004) y para *S. alamosensis* no se ha descrito su anatomía.

En la presente investigación se realizó un estudio de la morfología y anatomía de la flor, fruto y semillas de *S. alamosensis* en dos poblaciones del desierto costero de Topolobampo, Sinaloa, con el fin de obtener información que nos ayude a reconocer modificaciones asociadas a la viviparidad.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Morfología y anatomía de flores de cactáceas

Las flores de las cactáceas son semejantes al tipo básico del resto de las fanerógamas y, por lo general, son hermafroditas (Bravo–Hollis y Scheinvar, 1995). En sentido estricto se ha sugerido que no son flores sino estructuras especializadas del tallo y en su interior contienen los órganos reproductivos como el androceo y el gineceo; a esta estructura (flor) se le llama pericarpelo (León de la Luz y Valiente–Banuet, 1994).

De manera breve se puede decir que las flores de las cactáceas están compuestas de un perianto integrado por tépalos externos e internos; por los estambres que varían de 20 a 4, 000 de colores variados y combinados y por el gineceo que lo constituye un ovario ínfero, excepto en algunas especies de *Pereskia* Mill., en el que es ligeramente súpero (Boke, 1980). Una síntesis de la morfología floral de cactáceas la hace Tiagi en 1955, clasificación que a la fecha coincide con la descripciones realizadas por otros investigadores como Boke (1963, 1980) y Bravo–Hollis y Scheinvar (1995), en la cual se considera cuatro tipos de flor: *Pereskia*, *Opuntia*, *Mammillaria* y *Rhipsalis*.

Tiagi (1955) describe la anatomía vascular de la flor de *Mammillaria tenuis* DC., *Opuntia dillenii* Haw., *Pereskia bleo* (Kunth) DC. y *Rhipsalis baccifera* (J.S.Mill.) Stearn., y señala que el género *Pereskia* es el más primitivo de la familia, mientras que *Opuntia*, *Mammillaria* y *Rhipsalis* tienen flores más avanzadas, esto se debe a que no existe una separación del haz carpelar del anillo de los haces vasculares internos. Años después Nyffeler (2002) confirma en su estudio filogenético para la familia que *Pereskia* es el más primitivo de la familia.

Boke (1963, 1964, 1966, 1968 y 1980) describió la anatomía y el desarrollo floral de las especies de *Pereskia*, *Opuntia* y varias especies de la tribu Cacteeae, concluyendo que el ovario de las flores de las cactáceas es ínfero, no obstante en algunas especies del género *Pereskia* es ligeramente súpero; y que el ovario se forma por la

fusión de los carpelos, es unilocular y en él se disponen los óvulos de manera parietal.

Fuentes–Pérez (2004) estudió la anatomía floral de siete especies representativas de las cactáceas columnares de la tribu Pachycereeae *sensu* Barthlott y Hunt. Sus resultados indican que los tépalos externos (con estomas) e internos (sin estomas) difieren entre sí; la especie *Escontria chiotilla* (F.A.C. Weber) Rose tiene un diente en los tépalos externos con células lignificadas que le dan una consistencia rígida. La epidermis es papilosa en *Lophocereus schottii* (Engelm.) Britton y Rose y la pared periclinal de las células epidérmicas es muy gruesa en *E. chiotilla* comparada con el resto de las especies estudiadas. En el pericarpelo se localizan meristemas activos en todas las especies, excepto en *E. chiotilla* y *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. Ex Pfeiff.) Console. Los filamentos tienen un haz vascular anfibasal y abundantes células de mucílago en *Neobuxbaumia mezcalaensis* Bravo, *Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelm.) Britton y Rose y *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. Las anteras tienen epidermis lisa, excepto en *E. chiotilla*, *M. geometrizans* y *Polaskia chichipe* (Gosselin) Backeb. El tejido nectarífero corresponde a un embudo o una cámara. El ovario es ovoide con óvulos campilótrpos y taninos en la epidermis del tegumento externo dorsal y el funículo en *E. chiotilla*, *M. geometrizans*, *P. chichipe* y *Stenocereus pruinosus*. Esta investigación reconoce la existencia de caracteres con valor filogenético, por lo que se sugiere sean incluidos en futuros análisis filogenéticos para los miembros de la tribu y de esta manera confirmar su carácter apomórfico.

Fuentes–Pérez *et al.* (2009) describen la anatomía floral de cinco especies del género *Opuntia* que habitan en México. En esta investigación se destaca que las características anatómicas del pericarpelo son semejantes a las de los tallos vegetativos, pero hay diferencias entre especies en los rasgos de cutícula, epidermis e hipodermis.

2.2 Frutos de cactáceas: morfología y anatomía

La mayoría de los frutos en la familia Cactaceae son bayas dehiscentes o indehiscentes; el pericarpelo y el pericarpio pueden presentar o no podarios o escamas, o aréolas con espinas, glóquidas o pelos, de esta forma las aréolas pueden ser persistentes o caducifolias, la mayoría de los frutos son carnosos y algunos al madurar se secan, su color es brillante en varias especies, de diferentes colores de verde a rojo (Bravo–Hollis, 1978; Barthlott y Hunt 1993).

Buxbaum (1955) indica que los frutos de las cactáceas tienen en el ápice, remanentes florales persistentes o caducifolios, también explica que estos remanentes lo forman los restos del tubo receptacular, perianto, estilo y estambres. En Pachycereae los remanentes florales se muestran en dos formas: La primera forma y la más común, es cuando los remanentes sólo ocupan un diámetro menor al diámetro del fruto. Buxbaum (1955) aclara que aunque son persistentes se pueden desprender con facilidad, dejando ver con frecuencia una cicatriz llamada “depresión umbilical”. La segunda forma es cuando los remanentes ocupan un diámetro igual o mayor al diámetro del fruto.

Boke (1963 y 1966) estudió la morfología, anatomía, crecimiento y estructura del fruto de algunas especies del género *Pereskia*, con el objeto de describirlo y compararlo; encuentra que en el fruto no se aprecian diferencias considerables, para asegurar que existen cambios en la anatomía y morfología durante el desarrollo y crecimiento de los mismos. Rosa y De Souza (2003) estudiaron la morfo–anatomía del fruto de *Pereskia aculeata* Mill., mencionan que en el fruto joven se registra todavía actividad meristemática en la epidermis; en el exterior del hipanto, en esta etapa ya no hay felógeno en las células subepidérmicas, un proceso que inicia desde la floración.

Casas *et al.* (1999) estudiaron la variación morfológica *in situ* en poblaciones de la cactácea columnar *Stenocereus stellatus* (Pfeiff.) Riccob., con base en la variación de 23 caracteres morfológicos, en 324 individuos de 19 poblaciones del Valle de

Tehuacán y la Mixteca, con el objeto de evaluar si la divergencia morfológica entre las poblaciones silvestres e intervenidas, en el proceso de domesticación. Los frutos dulces con pulpa de color rojo no fueron muy frecuentes en las poblaciones cultivadas, los frutos son más grandes en individuos silvestres, presentan más semillas, la cáscara más delgada y con menos espinas. Algunos fenotipos estudiados *in situ* y en poblaciones cultivadas, presentan frecuencias más bajas en su variación morfológica. Por lo cuál las poblaciones de *S. stellatus* del Valle de Tehuacán y la Mixteca difieren morfológicamente, probablemente debido a diferencias ambientales, dentro de cada población silvestre y de las intervenidas. El mayor nivel de divergencia se presentó en poblaciones silvestres, lo cuál sugiere que la domesticación *in situ* es un proceso en curso en esta especie.

Grimaldo–Juárez *et al.* (2007) estudiaron la variación morfológica de 21 genotipos de *Hylocereus undatus* (Berger) Britton *et* Rose con la ayuda de un análisis multivariado. Los frutos se clasificaron por el color del epicarpo, color de la pulpa: blanco, rojo, magenta y amarillo, con el fin de determinar las características que ayudan en su comparación; el número de espinas por areola ayudó a distinguir los tipos magenta y rojo de los tipos amarillo y blanco; los rojo y los magenta en general tenían menos de tres espinas, mientras que los amarillo y blanco presentaron de tres–cinco; el magenta fue diferente del rojo en cuál tiene una sola columna por areola; los genotipos magenta se distinguieron por su longitud de la columna vertebral; las espinas más largas se observaron en el magenta.

La variación en la morfología de los frutos de diversas especies de cactáceas se atribuye a los procesos de domesticación (Casas *et al.*, 1999; Luna–Morales *et al.*, 2001; Grimaldo–Juárez *et al.*, 2007). Por ejemplo, al evaluar 19 atributos del fruto como color, tamaño y forma, tamaño y color de la espina, tamaño y cantidad de semillas, dulzura, sabor y época de maduración en *Stenocereus pruinosus* (Otto ex Pfeiff.) Buxb., y *S. stellatus*, Luna–Morales *et al.* (2001) clasificaron diez cultivares de *S. stellatus* por su color, época de madurez, tamaño y dulzura.

2.3 Semillas de cactáceas: número, morfología y anatomía

Godínez–Álvarez *et al.* (2003) hacen una compilación del número de semillas por fruto de algunas especies de la familia Cactaceae y se mencionan los siguientes promedios:

Cuadro 1. Promedios mínimos, en negritas, y máximos de número de semillas por fruto, de algunas Cactáceas, con base en Godínez–Álvarez *et al.* (2003).

Especie	Sem/fru	Fuente
<i>Opuntia polyacantha</i> Haw.	25.1	Osborn <i>et al.</i> , 1988
<i>Stenocereus beneckeii</i> (Ehrenb.) A. Berger y Buxb.	123.0	Ayala–Cordero <i>et al.</i> , 2004
<i>S. thurberi</i>	537.0	Fleming <i>et al.</i> , 2001
<i>S. gummosus</i> (Engelm.) A. Gibson y K.E. Horak	674.0	León de la Luz y Cadena, 1991
<i>S. stellatus</i>	750.0 y 934.0	Casas <i>et al.</i> , 1999
<i>S. queretaroensis</i> (F.A.C. Weber) Buxb.	816.0	Loza–Cornejo <i>et al.</i> , 2008
<i>S. griseus</i> (Haw.) Buxb.	1121.0	Silvius, 1995
<i>S. griseus</i>	1581.0	Nassar <i>et al.</i> , 1997
<i>S. thurberi</i> (Engelm.) Buxb.	1969.0	Parker, 1987
<i>Pilosocereus moritzianus</i> (Otto) Byles y G.D. Rowley	2496.0	Nassar <i>et al.</i> , 1997

Las semillas de las cactáceas tienen variaciones en forma, tamaño, estructura y color de la testa; características del embrión y los tejidos de reserva (Buxbaum 1955; Bravo–Hollis 1978 Barthlott y Hunt 2000). Los principales componentes de la semilla madura son: embrión, perispermo, testa, micrópilo, hilo, carúncula y cobertura funicular, que se presentan en la Figura 1 (Bregman y Bougman, 1983).

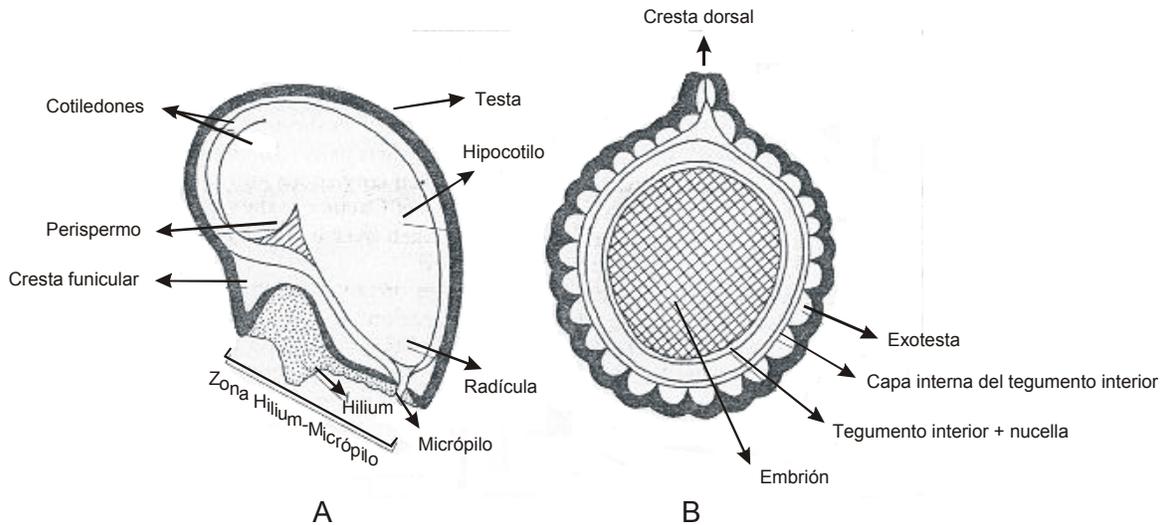


Figura 1. Diagrama de la morfología de la semilla de cactáceas. A) corte longitudinal y B) corte transversal (tomado de Bregman y Bougman, 1983).

Hay algunos trabajos sobre la testa de la semilla de cactáceas dónde incluyen estudios sobre escarificación de la semilla, para acelerar el rompimiento de la latencia y favorecer a la germinación (McDonough, 1964; Godínez-Álvarez, 1991; Álvarez-Aguirre y Montaña, 1997; Sánchez-Soto *et al.*, 2005; Urías-Castillo, 2005). Bravo y Scheinvar (1999) indican que la testa muestra estructuras muy complejas que ayudan a la identificación de los géneros y especies y favorecen la absorción del agua durante la germinación.

En relación a los estudios sobre la morfología y anatomía de semillas en cactáceas Arias y Terrazas (2004) describen la morfología de las semillas de 13 especies del género *Pachycereus*. Los autores evalúan rasgos cuantitativos mediante modelos de análisis multivariantes para identificar los caracteres que los distinguen, dando como resultado cuatro características: longitud, anchura, longitud de la región hiliu-micrópilo y ángulo; los valores muestran una amplia variación en las semillas de tamaño entre las especies estudiadas, especialmente para los de talla media que son similares a las especies pertenecientes a las subfamilias Opuntioideae y Pereskioideae. La apariencia de la testa, el patrón celular de la testa y la posición

relativa del borde de la región hilo–micrópilo tienen potencial como caracteres informativos y pudieran combinarse con otros datos en futuros análisis filogenéticos.

Las características de las semillas pueden utilizarse para establecer diferentes relaciones sistemáticas en la familia Cactaceae (Buxbaum, 1955), en los taxones de Pachycereeae Buxb., la semilla en su región lateral tiene la pared periclinal plana o cóncava, las paredes cóncavas corresponden a elevaciones marcadas de la propia pared y la forma de la pared periclinal, más el tipo de microrrelieve que exista sobre ellas, produce un determinado lustre en la semilla (brillante/opaco), el cual se observa a simple vista (Barthlott y Hunt, 2000; Arias y Terrazas, 2004).

Arias y Terrazas (2006) encontraron en su trabajo de análisis cladístico del género *Pachycereus* algunos caracteres morfológicos donde proponen que un clado formado solo por cinco especies debe reconocerse como *Pachycereus*. Además que la subtribu Pachycerinae se puede reconocer como monofilética si se incluyen dos especies de *Stenocereus*: *S. aragonii* (F.A.C. Weber) Buxb. y *S. eichlamii* (Britton y Rose) Buxb., que deben ser transferidas de *Marshallocereus* Backeb., con base en los caracteres de la semilla (paredes periclinales planas y microrrelieve finamente rugoso), estos análisis se realizaron a través del método de parsimonia y permitió reconocer atributos con información filogenética, así como reconocer los que delimitan los taxones.

2.4 Estudios sobre viviparidad

De acuerdo con Cota–Sánchez *et al.* (2007), las poblaciones de *Stenocereus alamosensis* en diferentes localidades del norte de Sinaloa producen frutos normales y vivíparos con un número variable de semillas germinadas en su interior. En nueve de las 13 localidades muestreadas se encontraron plantas con ambos tipos reproductivos, en las cuales se confirmó que el 8.4 % de los individuos de *S. alamosensis* y 3.56 % de los frutos tienen al menos una semilla vivípara. Registros

posteriores de Reyes–Olivas (datos no publicados) sugieren que la germinación vivípara podría afectar al 23.1 % de los individuos.

Debido a que las plántulas vivíparas de Cactaceae no logran perforar la pared del pericarpo y facilitar la dispersión, se consideran criptovivíparas (Elmqvist y Cox 1996; Cota–Sánchez, 2004). Una revisión de Farnsworth (2000) indica que al menos 195 especies pertenecientes a 78 familias de angiospermas exhiben alguna forma de viviparidad o recalcitrancia, de las cuales 65 especies son totalmente vivíparas o criptovivíparas.

El grado de viviparidad o recalcitrancia de las semillas varía entre líneas maternas en algunas especies, indicando que el control tiene un componente genético (Farnsworth, 2000). Los frutos vivíparos en algunas cactáceas son carnosos, con pericarpo translucido (Cota–Sánchez, 2004), razón por la cual es razonable pensar que la germinación vivípara podría estar correlacionada con ciertas diferencias morfológicas o anatómicas de las estructuras reproductivas de estas plantas.

El objetivo de esta investigación fue indagar si existían diferencias morfológicas/anatómicas en poblaciones vivíparas y no–vivíparas de *Stenocereus alamosensis* a través del estudio de sus estructuras reproductivas. Debido a que la expresión de los fenotipos vivíparos está regulada por hormonas (por ejemplo el ácido abscísico) y otros mecanismos fisiológicos, así como por factores ambientales (Farnsworth, 2000), existe la probabilidad de no encontrar frutos vivíparos, como fue el caso ,ya que solo se encontraron cuatro frutos en la isla Patos En tal caso se hará la comparación de las poblaciones de *S. alamosensis* procedentes de dos localidades: 1) isla Patos, en la cual se tienen antecedentes de frutos con el 100 % de semillas vivíparas y, 2) dunas de El Maviri, en las cuales la incidencia de viviparidad se restringe a unas pocas semillas vivíparas (Reyes–Olivas com. pers.). Además, y dada la insuficiencia de estudios anatómicos en las estructuras reproductivas para el género *Stenocereus*, se ha considerado que esta investigación puede contribuir a confirmar si los caracteres descritos para *S. pruinosus* son caracteres genéricos.

2.5 Objetivos e hipótesis de esta investigación

2.5.1 Objetivos:

- a) Describir los tejidos dérmico, fundamental y vascular de botón, flor y fruto vivíparos y no vivíparos (si existe) de *Stenocereus alamosensis* de las poblaciones isla Patos y dunas del Maviri.
- b) Comparar las características anatómicas de botón, flor y fruto vivíparos y no vivíparos (si existe) de la especie y con otras cactáceas.
- c) Comparar las características anatómicas de la especie y la viviparidad (si existe), así como el recuento de las semillas de *S. alamosensis* de las poblaciones de isla Patos y dunas del Maviri.

2.5.2 Hipótesis:

La anatomía de los tejidos dérmico, fundamental y vascular de las poblaciones de *Stenocereus alamosensis* de isla Patos y de dunas del Maviri serán semejantes.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localidades de recolecta

La recolecta de botones, flores y frutos se realizó en dos poblaciones silvestres de *Stenocereus alamosensis* en la zona costera del norte de Sinaloa. La primera población se localiza en isla Patos, ubicada entre los 25° 36' y 25° 38' N y entre los 109° 00" y 109° 02" O (Figura 2), tiene una superficie aproximada de 3 km² y se encuentra junto con otras cinco islas (Bledos, Bleditos, Tunosa, Mazocahui y Mazocahui II) dentro de la bahía de Ohuira, Topolobampo, Ahome, Sinaloa en la costa noroccidental de México. La segunda población es dunas del Maviri, 109° 05' 36" a 109° 06' 49" O y entre los 25° 34' 49" y 25° 36' 07" N. Su longitud aproximada es de 2.5 km y su ancho de 1 km. Está constituida por ignimbritas, tobas, riolíticas y areniscas, tobáceas deformadas, con una coloración clara alterada y limos y arcillas depositadas en el manglar. Las dunas de este lugar amortiguan el paso de huracanes que se forman en el Océano Pacífico (López, 1985; Portal Los Mochis Net: www.portalmochis.net/lmgeografia.htm; consulta: diciembre 2007).

Debido a la falta de registros climáticos en las dos localidades, se da referencia de los que corresponden al Puerto de Topolobampo, localizado a 6 km de isla Patos y 15 km de dunas del Maviri. El clima del área de recolecta del material biológico es del tipo BW (h') h (e), es decir, cálido seco con temperatura media anual superior a los 22 °C, oscilación térmica mayor a 11.3 °C y temperatura del mes más frío inferior a los 18.1 °C. La precipitación pluvial anual es de 244.1 mm, con un marcado período de lluvias en verano, principalmente durante el mes de agosto (García, 1980).

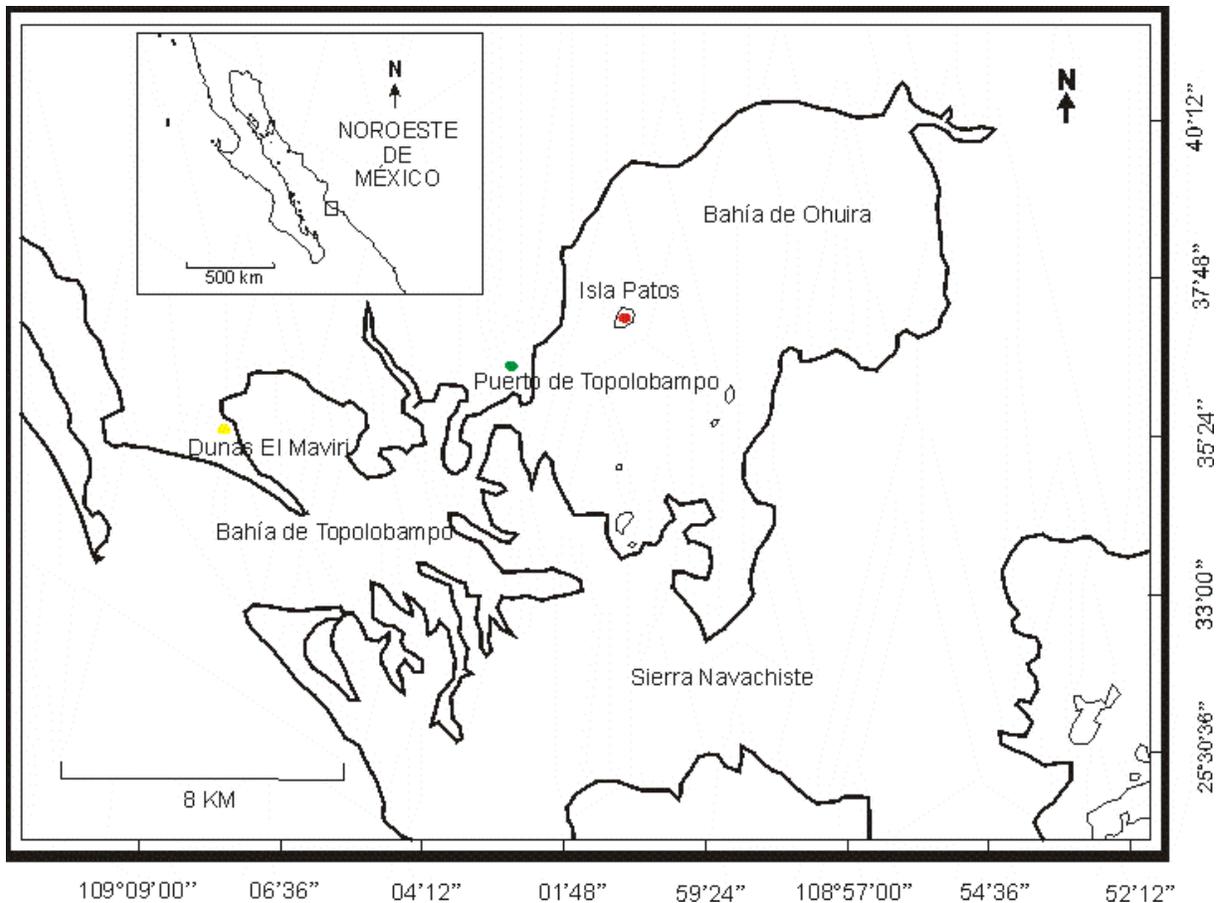


Figura 2. Localización de los sitios de recolecta de las estructuras reproductivas de *Stenocereus alamosensis* en las poblaciones de isla Patos (●), dunas del Maviri (●) y Puerto de Topolobampo (●), Ahome, Sinaloa, México.

Las especies de plantas que se encuentran comúnmente en las islas de la bahía de Ohuira son: *Bursera laxiflora* S. Watson (copal), *Jatropha* spp. (sangregados), *Ipomoea arborescens* (Humb. y Bonpl.) G. Don. (palo santo), *Caesalpinia platyloba* S. Watson (palo colorado), *Cercidium torreyanum* (S. Watson) Sarg. (brea), *Zizyphus sonorensis* S. Wats (saituna), *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxb. (pitaya), *Pachycereus pecten-aboriginum* (echo), *Opuntia* spp. (nopales), *Cylindropuntia fulgida* Engelm. (choya), *Stenocereus alamosensis* (sina), *Cylindropuntia thurberi* Engelm. (sibiri), *Jacquinia pungens* A. Gray (San Juanico), *Guaicum coulteri* A. Gray (guayacán) y *Acacia willardiana* Rose (acacia) (Preciado–García, 1994; Reyes–Olivas *et al.*, 2002). Las especies vegetales de isla Patos son, principalmente,

arbustos de dos a cuatro metros y plantas suculentas y blandas (torotes), así como cactáceas (Preciado–García, 1994). La vegetación de Patos corresponde al matorral xerófito dominado por nopales (*Opuntia* spp.) en codominancia con “copal” *Bursera laxiflora*, “maguey” *Agave angustifolia* Haw. y “garambullo” *Ziziphus pedunculata* (Brandege) Standl. (Reyes–Olivas *et al.*, 2008).

La bahía de Ohuira tiene una batimetría irregular, somera, donde predominan los bajos, aunque se han registrado profundidades de hasta 32 m en la zona del canal de navegación, dependiendo de la marea y arrastre de sedimentos (Phleger y Ayala–Castañares, 1969). Las mareas son semidiurnas y presentan corrientes con dirección noroeste (Obeso y Escobedo, 1994).

Los sedimentos de la bahía de Ohuira, son acarreados por la acción del viento y el agua y corresponden a depósitos de aluvión de origen reciente, producidos por la acción del Río Fuerte sobre las rocas que constituyen la Sierra de Navachiste formada durante el Pleistoceno (Phleger y Ayala–Castañares, 1969). De octubre a mayo los vientos dominantes provienen del noroeste y presentan una intensidad promedio de 2.5 m/s; mientras que en los meses de junio a septiembre cambian su dirección, siendo del suroeste, mostrando la misma intensidad.

3.2 Material biológico

Stenocereus alamosensis (Figura 3) es una cactácea de arbustos semirectos, ramificados desde muy abajo, tronco no definido, hay una tendencia en las ramas principales a ser decumbentes, se divide en ramas secundarias y terciarias, se forma una copa muy abierta; los tallos son arqueados de color verde azulado con una altura de 2–4 m y 8 cm de diámetro; el número de costillas es variable entre 5 y 8. Las areolas poseen espinas blanquecinas: las centrales (1–4) son gruesas y erectas, de 45 mm de largo; las radiales (11–18) son delgadas, de 1.3–2.2 cm de largo, areolas, distantes entre sí 15–20 mm, redondeadas a elípticas, 5–10 mm de largo 8–10 mm de ancho, espinas radiales de 12–18, aciculares, divergentes, 5–20 mm de

largo, raíces aéreas. La flor es roja a naranjada, diurna, tubular y mide de 70–100 mm de largo y de 20–30 mm de diámetro en anthesis, tubo receptacular de hasta 50 mm de largo, podarios con escamas decurrentes, oblongas, con ápice agudo o mucronato, con longitud variable, cerca de 1 mm de ancho, tricomas poco densos, y a veces espinas; segmentos exteriores del perianto angostamente ovados o espatulados, con el ápice redondeado a agudo, margen revoluto, de color rojo intenso, alrededor de 20 mm de largo y 50 mm de ancho: segmentos interiores oblongos a espatulados, de margen entero, revolutos, rojo a anaranjados de 20 mm de largo y 5 de ancho; estambres exsertos, numerosos, insertos en el tubo en series verticiladas; filamentos blanco–amarillentos; anteras basifijas, púrpuras; estilo de 70 mm de largo y 1 mm de ancho; lóbulos del estigma 7 y de 0.5–0.7 mm de longitud, de color blanco–amarillentos; cámara nectarial semicerrada por la curvatura de los estambres del verticilo inferior de 15–20 mm de longitud y 7 de ancho, paredes estriadas; el ovario mide 4 mm de largo y 5 de ancho. La etapa de floración ocurre de abril a julio y es polinizada por colibríes. Los frutos maduran en junio–agosto, son rojos, globosos, de 30–50 mm de diámetro. Las semillas miden 2.3–2.8 mm de longitud y 1.5–2.1 de ancho, de forma ovoide, negras, lustrosas, las células de la testa de forma isodiamétrica, con paredes periclinales lisas, intersticios diminutos, sin microrrelieve (Bravo–Hollis, 1978; Arreola–Nava, 2006).

La especie es característica del matorral xerófilo, pero también se localiza en dunas costeras, bosque espinoso y bosque tropical caducifolio, así como en altitudes de los 1,200 a 1,400 m s.n.m. Convive con *Stenocereus thurberi*, *Cercidium* spp. y *Prosopis* spp. Su distribución está restringida a los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit, e incluso se han mencionado avistamientos en el sur de EE. UU. Esta cactácea recibe diferentes nombres locales, tales como “cina”, “nacido”, “cacto pulpo”, “sina” y “tasajo” (Bravo–Hollis, 1978; Barthlott y Hunt, 1993).



Figura 3. *Stenocereus alamosensis* en fructificación, en la isla Patos de la bahía de Ohuira, municipio de Ahome, Sinaloa, México (proporcionada por Sánchez–Soto, 2006).

3.3 Trabajo de campo

Las estructuras reproductivas de *Stenocereus alamosensis* fueron recolectadas en dos poblaciones locales que se ubican en el desierto costero de Topolobampo, municipio de Ahome, Sinaloa, las cuales fueron isla Patos y las dunas costeras del Maviri. El material biológico incluyó: 1) botones en diferentes estadios de desarrollo, 2) flores, 3) frutos inmaduros en diferentes estadios de desarrollo y 4) frutos maduros. Las estructuras se recolectaron por triplicado cada semana, durante los meses de julio y agosto de 2006. Las estructuras recolectadas se colocaron en frascos de plástico de 100 y 250 ml, se fijaron con la solución fijadora FAA (formol–

alcohol-ácido acético (Ruzin, 1999) y etiquetaron para posteriormente procesarse en el laboratorio.

3.4 Trabajo de laboratorio

- a) En el laboratorio las muestras de flores y frutos fijadas en FAA se lavaron y se clasificaron por estadios de desarrollo. Además se describió la morfología de las flores y los frutos y se cuantificó el tamaño de éstos. Adicionalmente, algunos frutos maduros se cortaron por la mitad para remover, limpiar y contar el número de semillas.
- b) Para la disección de las estructuras reproductivas, se realizaron cortes transversales, por la mitad de las flores en anthesis, botones estadio III y IV y frutos; para los cortes longitudinales se dividió la flor por la mitad y las flores de los estadios I y II no se cortaron.
- d) En cassettes debidamente identificados se coloraron las secciones de flores y frutos y se introdujeron en un cambiador automático (modelo Leica TP1020) por 12 horas en cada cambio de alcohol ter-butílico con la finalidad de deshidratar los tejidos. Enseguida se incluyeron en parafina a una temperatura de 58° C por 24 horas y, posteriormente, se colocaron en moldes de inclusión para su montaje en cassettes de inclusión (Johansen, 1940).
- e) Se hicieron cortes transversales y longitudinales en flores y frutos de 16–18 µm, con un micrótopo rotatorio marca Leica, los cuales se adhirieron a los portaobjetos con solución Haup (Johansen, 1940), y una vez secos (después de 12 horas) se procedió a eliminar la parafina de las laminillas, éstas fueron colocadas en una serie de soluciones, manteniéndolas 20 minutos en cada una de ellas: xilol, xilol-alcohol, alcohol absoluto, alcohol al 95 %, alcohol al 70 %, alcohol al 50 %.
- f) Inmediatamente después se tiñeron con safranina-verde y se montaron con resina sintética.

h) Una vez que las preparaciones permanentes estuvieron secas, se limpiaron y se inició la descripción de los tejidos anatómicos de las estructuras reproductivas, bajo la observación de un microscopio óptico marca Zeiss.

3.5 Variables

Se realizó el registro de longitud de botones, flores en antesis y fruto, también se contabilizó el número de semillas por fruto.

3.6 Análisis estadísticos

Los tamaños de flores y frutos clasificados por localidades se sometieron a un análisis de varianza para datos desbalanceados. Para el análisis de SAS se compararon las localidades de isla Patos y dunas del Maviri de Topolobampo, Ahome, Sinaloa. Se tomaron en cuenta las fechas de muestreo y a cada una de las estructuras reproductivas. Las medias de cada localidad se compararon con Tukey al 5 %. El análisis de correlación de Pearson se utilizó para determinar si hay asociación entre el número de semillas y el tamaño del fruto para cada localidad. Ambos análisis se realizaron con ayuda del paquete SAS/STAT v. 9.0 (SAS Institute, 2002), con los procedimientos estadísticos GLM y CORR.

4. RESULTADOS

4.1 Comparación de tamaños de las estructuras reproductivas de *Stenocereus alamosensis*.

Se obtuvieron 300 estructuras reproductivas de *S. alamosensis*: en isla Patos, 51 flores en antesis, 132 botones florales y 27 frutos incluidos cuatro vivíparos; 20 flores en antesis, 47 botones florales y 23 frutos normales (no hubo vivíparos) en las dunas del Maviri (Figura 4), los cuales se representan por cuatro estadios de botones, uno de flor en antesis y dos tamaños de fruto. El tamaño medio de los botones en las dos localidades fue de 7.6 mm para el estadio I en isla Patos y 9.2 mm en dunas del Maviri, hasta alcanzar 38.6 y 38 mm en el estadio IV, de manera respectiva. El tamaño promedio de la flor en antesis varió entre 52.4 y 53.8 mm.



Figura 4. Flor en antesis y fruto de *Stenocereus alamosensis* en su hábitat natural en isla Patos, bahía de Ohuira, municipio de Ahome, Sinaloa, México (proporcionada por Sánchez–Soto, 2006).

El Cuadro 2 muestra la longitud promedio y el número de estructuras de cada estadio.

Cuadro 2. Estructuras reproductivas de *Stenocereus alamosensis* y longitud promedio en dos localidades del municipio de Ahome, Sinaloa. La comparación de medias con Tukey entre localidades muestra que no hay diferencias significativas (n.s.).

Estadio	Longitud en mm		Tukey
	(tamaño de muestra)		
	isla Patos	dunas Maviri	
Botón I	9.2 (n = 20)	7.6 (n = 5)	n.s.
Botón II	20.6 (n = 31)	21.5 (n = 8)	n.s.
Botón III	29.1 (n = 28)	28.9 (n = 12)	n.s.
Botón IV	38.0 (n = 53)	38.6 (n = 22)	n.s.
Flor antesis	52.4 (N = 51)	53.8 (n = 20)	n.s.
Fruto-I	20.0 (n = 11)	18.6 (n = 14)	n.s.
Fruto-II	24.7 (n = 12)	24.2 (n = 9)	n.s.
Total	206	90	

Los frutos inmaduros tuvieron tamaños promedio de 18–20 mm y los maduros variaron entre los 23.3 y 24.7 mm. Los análisis de varianza y comparaciones de medias indican que no hay diferencias significativas en el tamaño de estas estructuras en ambas localidades ($P > 0.05$, prueba de Tukey) (Cuadro 2). Tampoco existen diferencias significativas en tamaño de los frutos de ambas localidades.

4.1.1 Descripción morfológica de la flor en antesis

La flor en antesis tiene una longitud que varía de 45–62 mm (Figuras 4 y 5). El tubo receptacular es algo zigomorfo (alargado y curvo) mide de 33–38 mm de longitud y 8 mm de ancho; es de color rojo. La transición entre el pericarpelo y el tubo floral es casi marcada.



Figura 5. Flor de *Stenocereus alamosensis*, colectada en dunas del Maviri, Ahome, Sinaloa.

Perianto. Las brácteas presentan podarios pequeños, de 2–5 mm de longitud y de 1–4 mm de ancho. Los tépalos (segmentos del perianto) externos son cortos, extendidos o revolutos, miden de 8–15 mm de largo y de 3–4 mm de ancho, son de color rojo–anaranjado, tienen el ápice punteado. Los tépalos internos varían de 15–17 mm de longitud y 4 mm de ancho, son de forma oblonga, de color blanco con el margen revuelto y el ápice redondeado agudo de color rojo intenso.

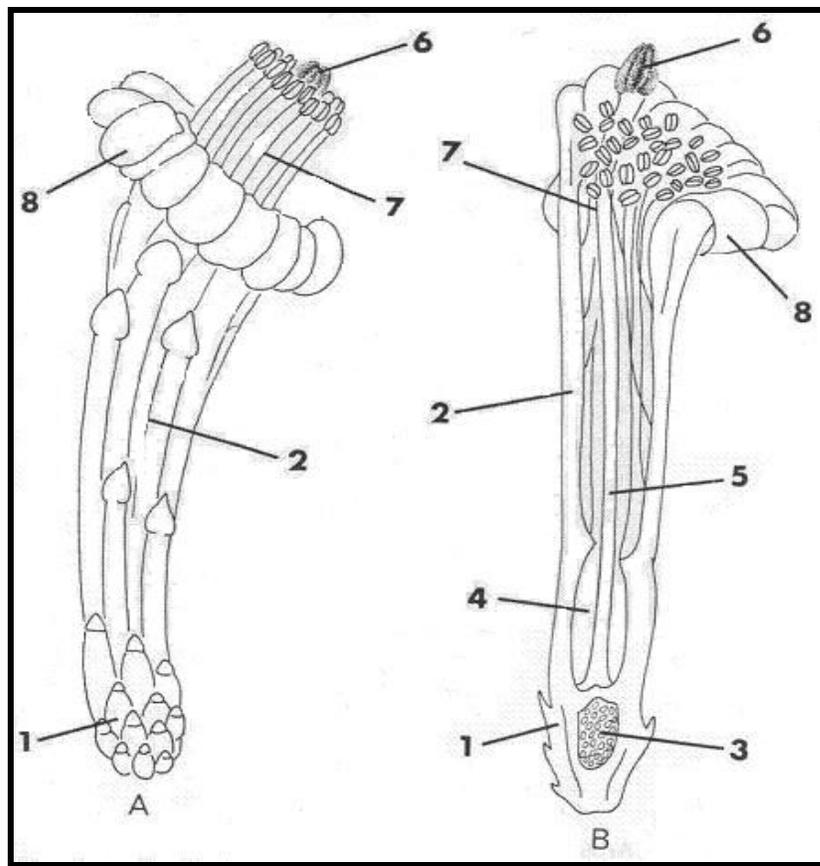


Figura 6. Flor de *Stenocereus alamosensis*: **A**, vista exterior mostrándole tubo receptacular algo zigomorfo, más largo que los segmentos del perianto; **B**, corte longitudinal de la flor: 1, pericarpelo pequeño con podarios y escamas triangulares; 2, tubo receptacular largo y angosto; 3, cavidad del ovario; 4, cámara nectarial larga; 5, estilo; 6, lóbulos del estigma; 7, estambres; 8, segmentos del perianto cortos y recurvados hacia fuera (tomado de Bravo-Hollis, 1978).

Pericarpelo. Tiene forma globosa a ovoide, de color rojo-anaranjado. Mide 8 mm de longitud y 7 mm de ancho. Está cubierto por podarios poco prominentes, con escamas cortas de alrededor de 2 mm de longitud y 1 mm de ancho. Tiene brácteas cortas y en su base se observan meristemos, donde hay cerdas y tricomas en desarrollo.

Androceo. Los estambres están exsertos, miden hasta 20 mm de longitud y 5 mm de diámetro, numerosos, alrededor de 180–200 por flor, filamentos de colores blanco–amarillentos, forma redonda–elíptica (Figura 5 y 6). En corte longitudinal se observan libres donde termina la cámara nectarial; anteras basifijas, púrpuras.

Ovario. Mide hasta 9 mm de longitud y 5 mm de ancho, su forma es ovoide y mide 49 mm de longitud. El estilo mide 70 mm de largo y los lóbulos del estigma pueden ser de 5–8 y miden de 3–4 mm de longitud, son de color blanco–amarillentos.



Figura 7. Corte longitudinal de una flor de *Stenocereus alamosensis*. Se observa: (F) filamentos, (CN) cámara nectarial y (O) ovario.

4.1.2 Descripción anatómica de la flor

Tépalos. En corte transversal la epidermis es de forma cuadrada, cutícula lisa (Figura 8) y lumen celular puede estar ocluido por taninos; mesofilo con células de parénquima de forma isodiamétrica, abundantes células de mucílago y haces vasculares colaterales; Los haces vasculares tienen un arreglo al azar, diferenciándose un central por ser de mayor tamaño que el resto.

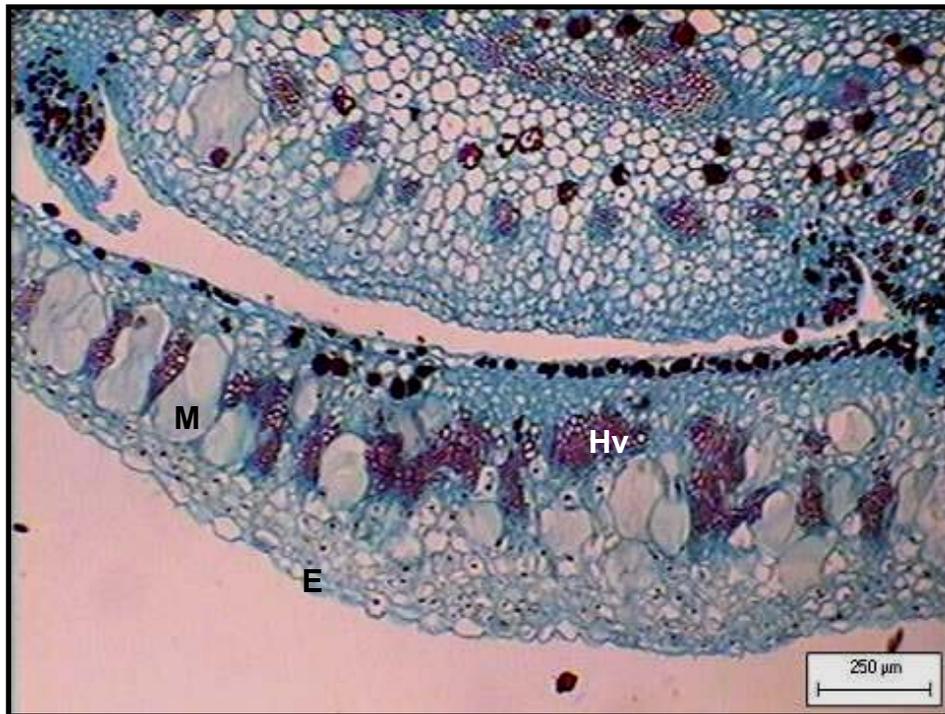


Figura 8. Tépalos, corte transversal de botón estadio IV. En la parte inferior se observa el tépalo, haces vasculares (Hv), las células de mucílago (M) y la epidermis (E).

Pericarpelo. En corte transversal la epidermis es de forma cuadrada, subyacente a la epidermis se distingue una hipodermis colenquimatosa lagunar de uno a dos estratos de células; el mesofilo con células de forma isodiamétricas,

células mucilaginosas grandes y haces vasculares anficribales. El pericarpelo está delimitado por un anillo de haces vasculares del tejido del ovario.

Androceo

Filamentos. En corte longitudinal, se encuentran libres al terminar el secretor de néctar. En corte transversal los filamentos tienen forma circular (Figura 9A); la epidermis tiene células cuadradas y pared periclinal lisa, también se observan taninos que ocluyen el lumen celular completamente. Subyacente a la epidermis hay células de parénquima de forma isodiamétricas, cloroplastos y pocos granos de almidón. En el centro de los filamentos se distingue un haz vascular anficribal.

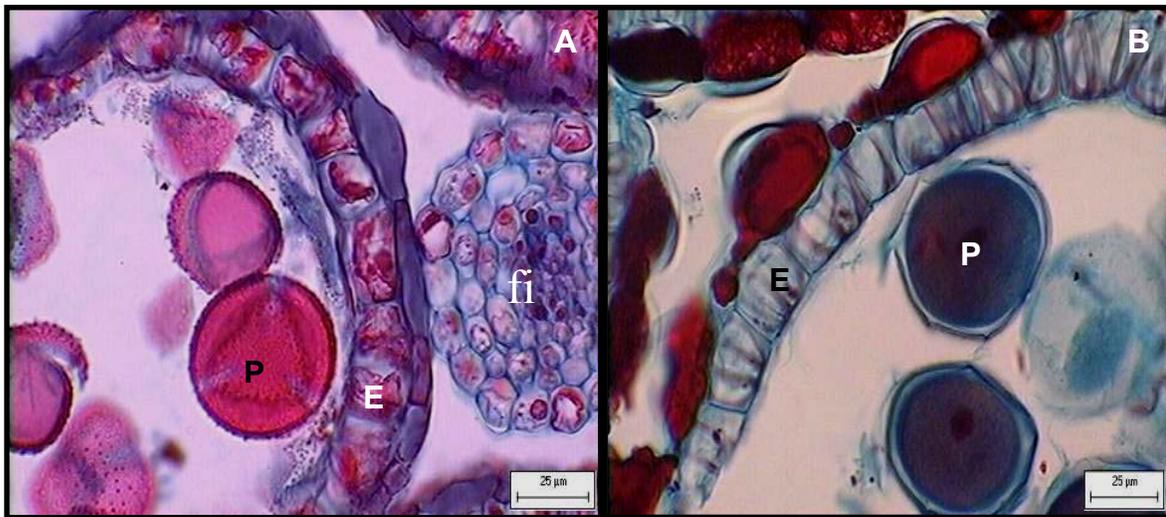


Figura 9. Androceo, corte transversal. A) estadio I y B) estadio II. endotecio (E), filamento (fi), polen (P).

Anteras. Las anteras son de forma tetrasporangiada. La epidermis es papilosa con taninos que ocluyen su lumen celular completamente en estadio I (Figura 9A y B); el haz vascular es anficribal y el endotecio tiene células rectangulares con engrosamientos helicoidales secundarios.

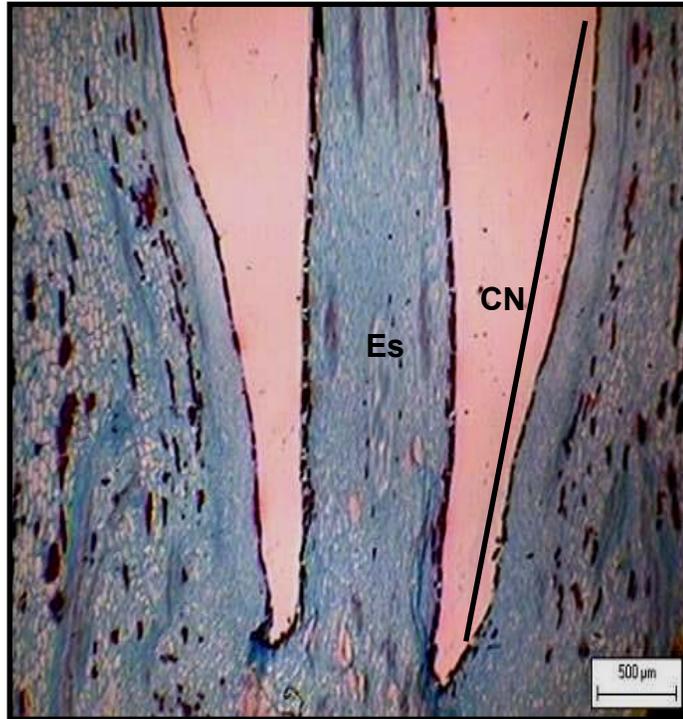


Figura 10. Cámara nectarial y estilo, corte longitudinal de botón floral estadio IV. Cámara nectarial (CN), estilo (Es).

Células secretoras de néctar. En el corte longitudinal (Figura 10) el nectario es muy alargado con paredes que se van haciendo más estrechas, este tejido se encuentra entre el ovario y hasta donde se forman los tépalos, la epidermis tiene células de forma rectangular simples con células pequeñas, compactas y de forma ovoide.

Gineceo

Ovario. En corte longitudinal se aprecia el ovario y la columna, sitio donde se unen las hojas carpelares para formar el estilo (Figura 11A). En corte transversal, en el ovario se observa que la epidermis de la placenta se compone por células de forma cuadrada, de pared lisa y su lúmen sin taninos. Subyacente a la epidermis las

células parénquima se van haciendo más pequeñas y compactas hacia el pericarpelo; limitado por un anillo de haces vasculares.

Óvulos. En corte longitudinal se observa que el tipo de óvulo es campilótrofo (Figura 11B) el funículo es largo y encorvado sobre su base (Figura 11B, se observan dos tegumentos y la calaza. En la epidermis externa del funículo, en el tegumento externo y en la calaza se aprecian taninos que ocluyen el lumen celular.

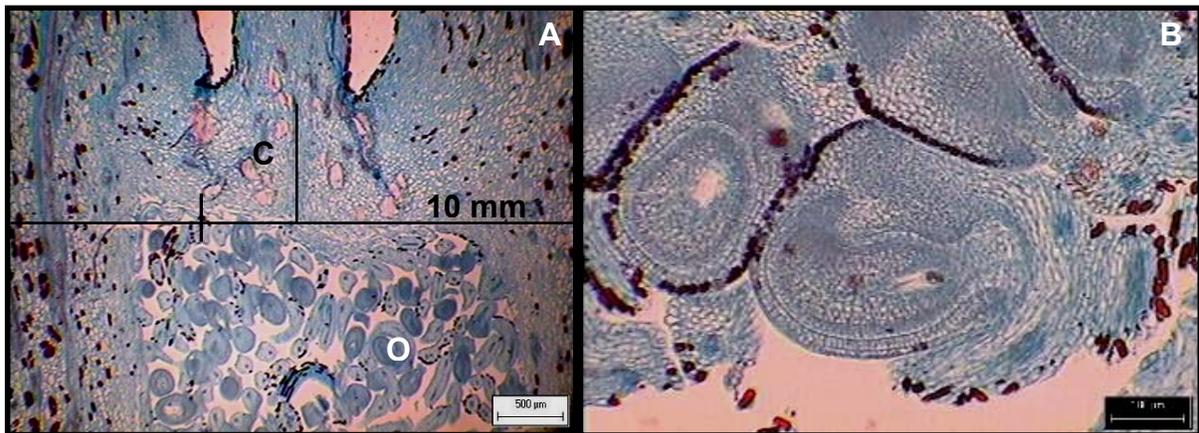


Figura 11. Ovario, corte longitudinal de botón estadio IV. A) columna (C) y ovario. B) óvulos campilótrofos.

Columna. En corte longitudinal se observa entre el estilo y el ovario, una región parenquimatosa denominada columna, la cual mide 30 mm de largo y 10 mm de ancho. Se caracteriza por las células de parénquima con escasos taninos, células de mucílago y abundantes haces vasculares que van desde el ovario hacia el estilo (Figura 11A).

Estilo. En el corte transversal se observa, la epidermis con células de forma cuadrada con presencia de taninos, en el tejido fundamental se encuentran seis haces vasculares anficribales, abundantes células de mucílago y el tejido de transmisión. El tejido transmisión en el centro del estilo delimita internamente por la epidermis de la cavidad estilar (Figura 12).

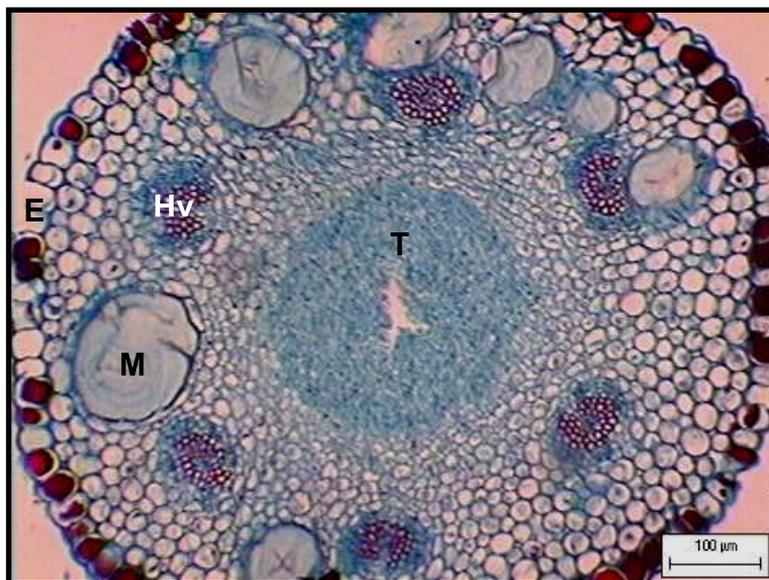


Figura 12. Estilo, corte transversal de botón estadio IV. (E) epidermis, (M) célula de mucílago, (Hv) haz vascular anficribal, (T) tejido de transmisión.

Estigma. En corte transversal se observan seis u ocho lóbulos. Cada lóbulo tiene la epidermis papilosa con taninos que ocluyen su lúmen celular; subyacente a esta epidermis se distingue el tejido de transmisión y un haz vascular y varias células de mucílago.

4.2 Descripción anatómica de los botones florales

En el Cuadro 3 se hace una descripción de los principales caracteres anatómicos de los botones florales para cada estadio considerado. Desde el estadio I hasta el IV se observa que las células de la epidermis e hipodermis son cuadradas; el número de células parenquimáticas en el ovario va en aumento con el desarrollo de los estadios de 36–53, el número de células parenquimáticas en el nectario también se incrementó con el desarrollo de los estadios de 32–48, el número de células de mucílago en el pericarpelo son abundantes, los haces vasculares en el pericarpelo

son del tipo colateral y frecuentes, el número de capas de células de mucílago en el estilo va en aumento con el desarrollo de los estadios (Figura 12).

Cuadro 3. Características anatómicas observadas en botones de *Stenocereus alamosensis* de diferentes estadios.

Rasgo/estadio	I	II	III	IV
Epidermis	Cuadrada	Cuadrada	Cuadrada	Cuadrada
número de células parenquimáticas en el ovario	36–39	42–48	43–50	46–53
número de células parenquimáticas en el nectario	32–40	41–44	42–46	43–48
células de mucílago en el pericarpelo	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes
haces vasculares en el pericarpelo	Frecuentes	Frecuentes	Frecuentes	Frecuentes
Óvulos	Inicio y formación	Formación	Formación	Formación
células de mucílago en el estilo	No hubo	No hubo	7–13	15–30

4.3 Morfología del fruto

Es una baya de color rojo jugosa de forma ovoide y dehiscente en la madurez. Se distingue la pérdida de la corola, donde a veces se aprecia el pistilo aún unido a éste y mide de 13–30 mm de diámetro (Figura 13). El fruto se encuentra cubierto por areolas con espinas de hasta 20 mm de largo; las areolas son caducas en la madurez, la pulpa es dulce, de color rojo a anaranjado.



Figura 13. Frutos, corte longitudinal del fruto de *Stenocereus alamosensis* de poblaciones de isla Patos, bahía de Ohuira, Municipio de Ahome, Sinaloa, México.

4. 4 Anatomía del fruto

En corte transversal se observa que las células epidérmicas son de forma cuadrada y la hipodermis presenta células rectangulares y gruesas (Figura 14), las células del parénquima son de diferente tamaño y forma, además el número de capas va de 30–32 hacia la pared de ovario. Presenta haces vasculares y células de mucílago (Cuadro 4).

Cuadro 4. Principales diferencias en el desarrollo del fruto en *Stenocereus alamosensis*. Nota: Los números romanos I y II, indican los estadios.

Rasgo/estadio	Fruto tamaño I	Fruto tamaño II
Epidermis	Cuadrada	Cuadrada
Hipodermis gruesa	Rectangulares	Rectangulares
Número de células de parénquima	29–32	30–35
Células de mucílago	Isodiamétricas grandes	Isodiamétricas grandes
Haces vasculares	Numerosos	Numerosos

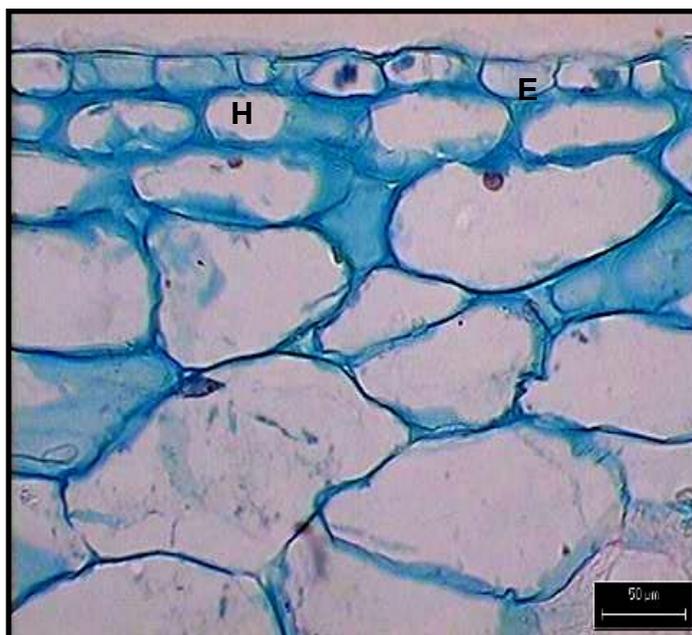


Figura 14. Fruto estadio II, Corte transversal tejido dérmico y fundamental. (E) epidermis, (H) hipodermis.

4. 5 Número de semillas por fruto

Las dunas Maviri fue la que presentó mayor promedio de número de semillas por fruto (172), siendo estadísticamente diferente comparado con isla Patos que fué de 117 semillas por fruto. En el fruto estadio II presentó mayor promedio de número de semillas por fruto (207), siendo estadísticamente diferente comparado con el fruto estadio 1 que fué de 70 semillas por fruto. La longitud promedio del fruto para dunas del Maviri fue de 24.4 mm, siendo estadísticamente diferente para isla Patos con 21.6 mm; En el fruto estadio 2 presentó un promedio 25.5 mm, siendo diferente para isla Patos con 20.0 mm. La longitud para botones florales entre las dos localidades no presentó diferencias significativas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de semillas por fruto, longitud del fruto y longitud de botones florales de *S. alamosensis* de las localidades de isla Patos y dunas del Maviri, de Topolobampo, Ahome, Sinaloa.

Variables	Número de semillas/fruto	Longitud fruto (mm)	Longitud botones (mm)
Isla Patos (N20)	116.70b	21.6b	33.6a (N198)
Dunas Maviri (N11)	171.55 ^a	24.4a	33.5a (N54)
Coefficiente de variación	24.2	8.06	11.6
Diferencia mínima significativa	25.32	0.14	0.118
Fruto estadio 1 (N16)	69.88b	20.0b	
Fruto estadio 2 (N15)	206.87 ^a	25.5a	
Coefficiente de variación	24.2	8.06	
Diferencia mínima significativa	24.25	0.13	

Letras con diferente valor en cada fila indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). N= número de muestras.

Número de semillas mínimo y máximo, así como la media y el error estándar entre las poblaciones de isla Patos y dunas Maviri de Topolobampo, Ahome Sinaloa (Cuadro 6).

Cuadro 6. Número total de semillas por fruto en isla Patos y en las dunas del Maviri.

Estadístico	Frutos tamaño I		Frutos tamaño II	
	Maviri (n = 2)	Patos (n = 13)	Maviri (n = 9)	Patos (n = 7)
Mínimo	50	39	132	174
Máximo	58	116	264	258
Media ± error estándar	54 ± 4	67.5 ± 7.1	197.7 ± 15.0	208 ± 12.5

El número de semillas se asocia positivamente con el tamaño del fruto ($r= 0.98$) y ambas variables tienen el mismo grado de asociación entre localidades (Cuadro 5). En la Figura 16 se muestra que la relación es lineal y la pendiente es igual a 23.6 para los datos de dunas del Maviri y 21.4 para la muestra de la isla Patos. La comparación estadística entre ambas pendientes indica que no difieren y por lo tanto ambas rectas se consideran paralelas ($F= 0.36$, $P= 0.55$).

Cuadro 7. Correlación de la longitud (cm) de frutos de los estadios I y II con el número de semillas para datos separados por localidad (Figura 15).

Localidad	Correlación (Spearman)	P
Maviri	0.98	< 0.0001
Isla Patos	0.98	< 0.0001

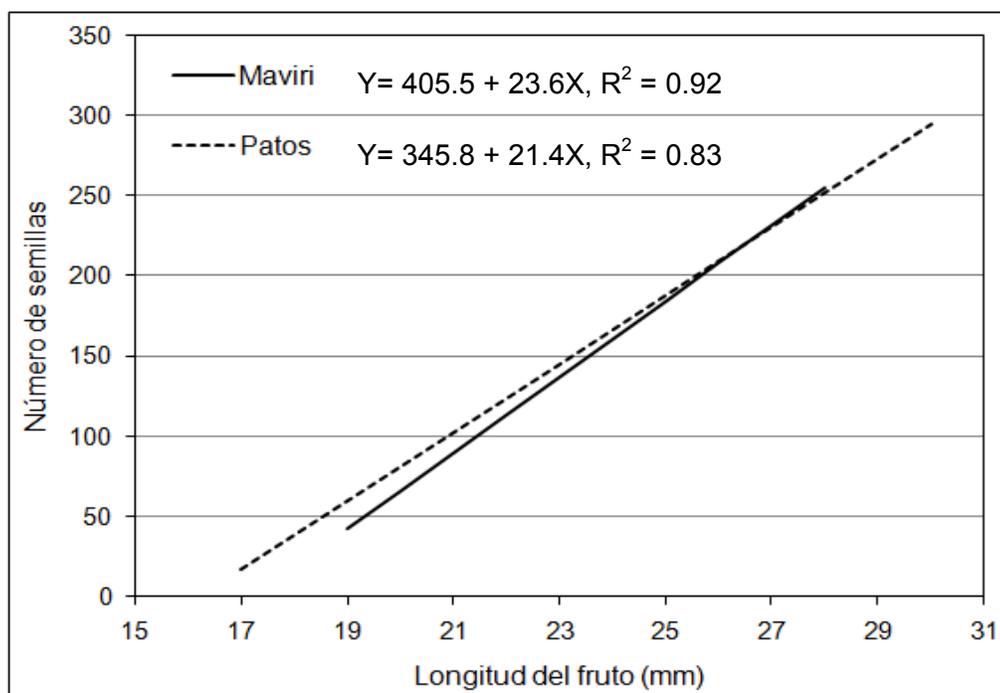


Figura 15. Relación entre la longitud del fruto y el número de semillas en las localidades isla Patos y dunas del Maviri. Las pendientes de ambas rectas no difieren significativamente.

4.6 Morfología de las semillas

Las semillas son ovoides, medianas, lisas y brillantes de color negro, de 2.3–2.8 mm de longitud y 1.5–2.1 mm de anchura (Figura 16), en semillas maduras se observa la testa lignificada en los cortes transversales y el embrión con abundantes granos de almidón (Figura 17).



Figura 16. Semillas de *Stenocereus alamosensis* de la isla Patos y de dunas del Maviri, Topolobampo, Ahome, Sinaloa.

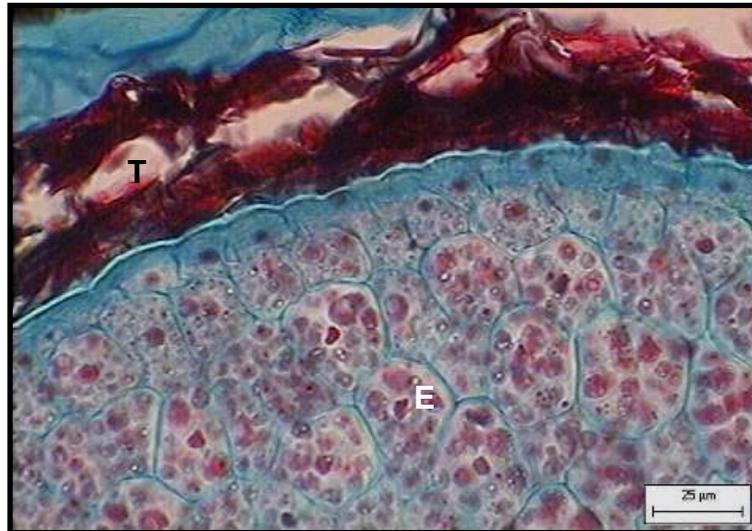


Figura 17. Semilla, corte transversal. (T) testa, (E) embrión.

5. DISCUSIÓN

5.1 Flor (Morfología y anatomía)

Perianto: Los tépalos para *Stenocerus alamosensis* son semejantes a los de *S. pruinosus* pero difieren en el tipo de haz vascular, para *S. alamosensis* es anficribal y ausencia de estomas, para *S. pruinosus* son colaterales y los tépalos externos presentan estomas paralelocíticos (Fuentes–Pérez, 2004). Tiagi (1955) explica que la familia Cactaceae posee tépalos con hojas diferenciadas o brácteas derivadas que tienen modificaciones entre la serie de tépalos más externa y la interna. En las cactáceas estudiadas, los tépalos cuentan con numerosas nervaduras secundarias que se derivan de una nervadura central, la cual se distingue del resto por ser de mayor tamaño, mientras que los haces vasculares son colaterales dispuestos al azar (Tiagi, 1955).

Pericarpelo: Buxbaum (1953) y Barthlott y Hunt (1993) indican que el pericarpelo es el tejido que rodea al ovario y se encuentra limitado por un anillo de haces vasculares. Igualmente en *S. alamosensis*, las células del parénquima en el ovario, están limitadas por un anillo de haces vasculares de tipo colateral. Las características anatómicas del pericarpelo en la epidermis, hipodermis y el tejido vascular de *S. alamosensis* es semejante al de *S. pruinosus* (Fuentes–Pérez, 2004). Es importante resaltar que en la epidermis del pericarpelo no hay cuerpos de sílice como los descritos para los tallos de todas las especies del género (Terrazas *et al.*, 2005). Fuentes–Pérez *et al.* (2009) indican que la epidermis del pericarpelo varía entre especies del género *Opuntia* posiblemente estas diferencias tienen valor diagnóstico infragenérico. Esto no ocurre en las dos especies a la fecha estudiadas para *Stenocereus*.

Gineceo

S. alamosensis en el ovario se observa que la epidermis de la placenta se compone por células cuadradas de pared lisa y en su lumen casi sin presencia de taninos, de acuerdo con lo señalado por Fuentes–Pérez (2004), pero difieren en la presencia de taninos en *Stenocereus pruinosus*, para ambas especies los óvulos son de tipo campilótropo, el funículo es largo y encorvado en su base; Las dos especies de cactáceas presentan una columna que divide a la cámara nectarial el ovario, siendo más marcada en *S. pruinosus*; El estilo de *S. alamosensis* presenta una epidermis cuadrada con presencia de taninos, en el tejido fundamental se encuentran seis haces vasculares anficribales, con abundantes células de mucílago y tejido de transmisión; El tejido transmisión en el centro del estilo delimita internamente por la epidermis de la cavidad estilar, la diferencia en *S. alamosensis* esta en que *S. pruinosus* tiene una epidermis de forma rectangular, células de mucílago escasas y la presencia de diez haces vasculares anfigasales; En *S. alamosensis* se presentan de seis a ocho lóbulos, cada uno con epidermis papilosa con taninos ocluyendo su lumen celular; cercana a esta epidermis se distingue el tejido de transmisión y un haz vascular y varias células de mucílago, las diferencias contra *S. pruinosus* son que presenta diez lóbulos del estigma, en el centro un haz vascular anfigasal y pocas células de mucílago.

En especies estudiadas de Cactaceae, el parénquima del ovario se encuentra limitado por un anillo de haces vasculares de tipo colateral y con crecimiento secundario, también se compara con Fuentes–Pérez *et al.* (2009) quienes indican que el ovario se encuentra embebido en el pericarpelo y la forma del lóculo es elíptica u ovada–depressa en *Opuntia cantabrigiensis* Lynch y *O. pilifera* F.A.C. Weber, en corte longitudinal. Hacia el lóculo hay una epidermis simple con cutícula lisa y delgada, excepto en *O. pubescens* J.C. Wendl. ex Pfeiff. donde es ligeramente rugosa. Entre los contenidos que se observaron en la epidermis están las drusas y taninos en el funículo de *O. pilifera*. Subyacente a la epidermis se encuentra un parénquima muy compacto, en *O. pilifera* y *O. pubescens*. La columna de *S. alamosensis* es una región parenquimatosa con escasos taninos, células de

mucílago y abundantes haces vasculares, desde el ovario hacia donde se encuentra el estilo, similar a lo registrado por Fuentes–Pérez *et al.* (2009) dónde afirma que la columna corresponde a la región de fusión y adelgazamiento de los carpelos sobre el ovario, hasta donde se observa el estilo, esta región esta bajo la constricción del tubo floral en *Opuntia* y constituye exclusivamente a las células de parénquima con numerosas células de mucílago. En *Stenocereus alamosensis* los óvulos son del tipo campilótopos y el funículo es largo, encorvado sobre su base y presencia de taninos. Esto concuerda con lo registrado en otras especies de cactáceas estudiadas cuyos óvulos son también campilótopos, bitégmicos y crasinucelados de funículo simple, largo y encorvado sobre la calaza. Por lo que se considera que los óvulos de este tipo son comunes en Cactaceae (Boke, 1963; Hernández–García y García–Villanueva, 1991; Núñez–Mariel *et al.*, 2001). Los lóbulos del estigma en *S. alamosensis* con epidermis papilosa y subyacente a la epidermis se distingue el tejido de transmisión y un haz vascular y varias células de mucílago. Endress (1994) afirma que los atributos estructurales y fisiológicos del estigma varían entre familias, no obstante como extensión en el estilo, el estigma se encuentra organizado de manera muy similar con epidermis papilosa, parénquima, tejido de transmisión y haces vasculares. En la cactácea columnar *S. alamosensis* los lóbulos del estigma tienen una epidermis papilosa, asimismo sucede en la mayoría de los géneros de Cactaceae (Esau, 1987), además cuentan con una porción con epidermis lisa, en adición a una hipodermis que puede ser colenquimatosa. En este sentido, Esau (1987) afirma que los lóbulos del estigma de la mayoría de las familias poseen una epidermis papilosa y una porción con epidermis lisa, en adición a una hipodermis que podría ser colenquimatosa; así como la presencia de las células de mucílago, por lo que determina que el ovario es infero y el estilo es abierto. En *Stenocereus alamosensis* se encontró que el estilo tiene la cavidad estilar abierta, la misma característica se ha registrado en *Pereskia* (Boke, 1963, 1966, 1968), *Opuntia* (Fuentes–Pérez *et al.*, 2009) y en especies de Pachycereeae (Fuentes–Pérez, 2004). En el tejido de transmisión del estilo en *S. alamosensis* presenta células cuadradas pequeñas y compactas, con abundantes taninos semejante a lo registrado por Fuentes–Pérez *et al.* (2009) quienes indican que el citoplasma es denso y el núcleo

es evidente en las especies estudiadas de *Opuntia* y rodea a la cavidad estilar como en otras angiospermas. La presencia de taninos que ocluyen el lumen celular de la epidermis papilosa de la cavidad estilar en botones florales de los estadios I al IV de *Stenocereus alamosensis* es un atributo que se comparte con *Pereskia* y *Opuntia* (Boke, 1963, 1966, 1968; Fuentes–Pérez *et al.*, 2009) y otras especies de Pachycereeae (Fuentes–Pérez, 2004).

Androceo: *Stenocereus alamosensis* posee un haz vascular anficribal en cada filamento. También se ha observado un haz vascular en otras Cactaceae (Tiagi, 1955; Fuentes–Pérez, 2004; Fuentes–Pérez *et al.*, 2009), pero el tipo es diferente ya que se ha descrito como colateral o anfigasal. Las anteras en *S. alamosensis* son tetrasporangiadas, con una epidermis simple y papilosa, similar a lo indicado para *S. pruinosus* por Fuentes–Pérez (2004). Sin embargo, el tipo haz vascular es diferente, porque en *S. alamosensis* el xilema está rodeado por floema. Buxbaum (1953) indica que el nectario puede ser de tipo disco, embudo y cámara nectarial para Cactaceae, Fuentes–Pérez (2004) Para algunas especies de la tribu Pachycereeae describe una cámara nectarial con tejido de células pequeñas y compactas y ovoides, semejante a lo encontrado en este trabajo para *S. alamosensis*. Las evidencias aquí mostradas para flor no muestran cambios asociados a la viviparidad.

5.2 Fruto (anatomía)

El de *S. alamosensis* pericarpelo presenta numerosa células de mucílago en todos los estadios florales, así como la presencia de haces vasculares y el número de células parenquimáticas desde el estadio I–IV fue de 36–53, tales cambios en el desarrollo de los botones florales se ligan a la flor en antesis y al inicio de la formación del fruto, que presenta células epidérmicas cuadradas e hipodermis rectangular y gruesa, las células del parénquima tienen diferente tamaño y forma, además el número de capas celulares va de 30–32 hacia la pared de ovario. Presenta haces vasculares y células de mucílago; los trabajos sobre anatomía de

fruto son muy escasos y solo se incorporaron los siguientes. Boke (1963) encontró esclereidas aciculares asociadas a los haces vasculares y algunas células de mucílago en el fruto de *Pereskia pititache* Karw. ex Pfeiff., en *S. alamosensis* no se encontraron esclereidas. La abundancia de células de mucílago y haces vasculares numerosos encontradas en *S. alamosensis* también se han registrado en especies de *Opuntia* y *Pereskia* (Buxbaum, 1955; Boke, 1963, 1966, 1968, 1980).

5.3 Morfología de la semilla

Las semillas *Stenocereus alamosensis* son ovoides, medianas, lisas y brillantes de color negro, de 2.3–2.8 mm de longitud y 1.5–2.1 mm de anchura, en semillas maduras se observa la testa lignificada en los cortes transversales y el embrión con abundantes granos de almidón. Los caracteres morfológicos coinciden con los descrito por Arroyo–Cosultchi *et al.* (2006) para la especie. Además, estos autores indican que las semillas de *S. alamosensis*, *S. kerberi* (K. Schum.) A.C. Gibson y K.E. Horak y *S. beneckeii* (Ehrenb.) A. Berger y Buxb., son únicas entre las especies de *Stenocereus* porque las semillas son planas y sin micro–relieve; en contraste Kiesling (2001) afirma que hay dos grandes ventajas en especies de la subfamilia Cactoideae respecto a *Opuntia*, el cuál es tamaño de las semillas (1–2 mm), mientras que en *Opuntia* son de 4–6 mm.

5.4 Fenología de las estructuras reproductivas

Los estadios fenológicos de las estructuras reproductivas de la planta, son semejantes a los registrados por Novoa *et al.* (2005) con ocho estadios (2 de botones, 2 de antesis y 4 de frutos) para la especie *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Werdermann y Backeberg) Ostolaza. De los ocho estadios fenológicos mencionados por Novoa *et al.* (2005), el estadio botón floral fue 59.44 % (más abundante), seguido del estadio fruto inmaduro 35.36 %, botones abortados

32.78 %, frutos maduros 27.78 %, dispersión y floración total 12.78 %, flores marchitas 10 %, frutos apareciendo 6.77 % y vegetativo 8.33 %.

5.5 Correlación de tamaño del fruto–semilla

La correlación significativa entre el tamaño del fruto y el número de semillas en *Stenocereus alamosensis* es similar a lo registrado para otras especies del género como *Stenocereus beneckeii* (Ayala–Cordero *et al.*, 2004), *Stenocereus gummosus* (Parker, 1987) y *S. queretaroensis* (Loza–Cornejo *et al.*, 2007). Sin embargo hay una variación en el número de semillas por fruto amplia aun dentro de cada especie, por ejemplo en *S. beneckeii* de 25–200 semillas por fruto (Ayala–Cordero *et al.*, 2004), de 52–1566 en *S. gummosus* (León de la Luz y Domínguez Cadena, 1991) y de 435–1115 en *S. queretaroensis* se han mencionado (Loza–Cornejo, 2004). En el caso de *S. alamosensis* en isla Patos varió de 39–258 y para las dunas El Maviri de 50–264 semillas por fruto. De acuerdo con los atributos obtenidos en estas investigaciones se concluye que la variación en el número de semillas se debe seguramente a la fenología, ambiente, nutrientes, humedad relativa de las especies y no se relaciona con la viviparidad en las poblaciones de la isla Patos y dunas del Maviri, dado que es una condición que puede o no presentarse.

6. CONCLUSIONES

1. La Correlación de Spearman entre el número de semillas por fruto de *Stenocereus alamosensis* en las localidades isla Patos y dunas del Maviri fue significativa de 0.98.
2. Las características anatómicas de la flor de *S. alamosensis* es muy semejante a la de *S. pruinosus*, salvo por algunas diferencias como: flores diurnas polinizadas por colibríes, el nectario es más alargado y las paredes se van haciendo más grandes, la flor es más larga, el tipo de haz vascular, la cantidad de lóbulos en el estigma y el número de haces vasculares en el estilo; la flor de *S. pruinosus* es nocturna, polinizada por murciélagos.
3. En este trabajo no se encontraron evidencias morfológicas y anatómicas en frutos y semillas de *S. alamosensis* para las localidades de isla Patos y dunas del Maviri, mucho menos en botones florales y flores en antesis, por lo que en este trabajo se concluye en aceptar la hipótesis, dado que estas estructuras reproductivas son las que menos presentan cambios en su fenología, anatomía y morfología y no se encontraron cambios atribuidos a la viviparidad.

7. LITERATURA CITADA

- Álvarez–Aguirre, M. G. y C. Montaña. 1997. Germinación y supervivencia de cinco especies de cactáceas del Valle de Tehuacán: Implicaciones para su conservación. *Acta Botánica Mexicana* 40: 43–58.
- Arias, S. y T. Terrazas. 2004. Seed morphology and variation in the genus *Pachycereus* (Cactaceae). *Journal of Plant Research The Botanical Society of Japan and Springer Verlag* 117: 277–289.
- Arias, S. y T. Terrazas. 2006. Análisis filogenético con base en caracteres morfológicos en *Pachycereus* (Cactaceae). *Brittonia* 58: 197–216.
- Arreola–Nava, H. J. y T. Terrazas. 2004. *Stenocereus zopilotensis* Arreola–Nava and Terrazas (Cactaceae), a new species from Mexico. *Brittonia* 56: 96–100.
- Arroyo–Cosultchi, G., T. Terrazas, S. Arias y H. J. Arreola– Nava. 2006. The sitematic significance of seed morphology in *Stenocereus* (Cactaceae). *Taxon* 55: 983–992.
- Ayala–Cordero, G., T. Terrazas, L. López–Mata y C. Trejo. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia* 29: 692–697.
- Barthlott, W. y D. R. Hunt. 1993. Cactaceae. En: Kubitzki, K., J. G. Rohwer y V. Bittrich (eds.), *Flowering Plants: Dicotyledons*. Vol. II. Springer–Verlag. Berlin, Germany. pp. 161–197.
- Barthlott, W. y D. R. Hunt. 2000. Seed–diversity in the Cactaceae: Subfamily Cactoideae. *Succulent Plant Research* 5: 1–173.
- Becerra, R. 2000. Las cactáceas, plantas amenazadas por su belleza. *Biodiversitas, Boletín Bimestral de la CONABIO* 39: 2–5.

- Boke, H. N. 1963. Anatomy and development of the flower and fruit of *Pereskia pititache*. *American Journal of Botany* 50: 843–858.
- Boke, H. N. 1964. The cactus gynoecium: A new interpretation. *American Journal of Botany* 51: 598–610.
- Boke, H. N. 1966. Ontogeny and structure of the flower and fruit of *Pereskia aculeata*. *American Journal of Botany* 53: 534–542.
- Boke, H. N. 1968. Structure and development of the flower and fruit of *Pereskia diazromeroana*. *American Journal of Botany* 55: 1254–1260.
- Boke, H. N. 1980. Developmental morphology and anatomy in cactaceae. *Bioscience* 30: 605–610.
- Bravo–Hollis, H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. I. 2a edición. UNAM. México, D. F. 743 pp.
- Bravo–Hollis, H. 1997. Introducción. En: C. Valles–Septién (ed.), *Suculentas Mexicanas: Cactáceas*. CVS Publicaciones S. A. de C. V. México, D. F. pp. 10–12.
- Bravo–Hollis, H y L. Scheinvar. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. pp. 9, 23–25 y 39–59.
- Bregman, R. y F. Bouman. 1983. Seed germination in Cactaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 86: 357–374.
- Brummitt, R. K. 1992. *Vascular Plant Families and Genera*. The Royal Botanic Gardens. 617 pp.
- Buxbaum, F., 1953. *Morphology of Cacti*. Section II: Flower. Abbey Garden Press, Pasadena, California.

- Buxbaum, F. 1955. Section III. Fruits and seeds. En: K. Edwin B. (ed.) Morphology of cacto. Abbey Garden Press. Pasadena, California. pp. 177–223.
- Casas, A., Caballero, J., Valiente, A., Soriano, J. A., y Dávila, P. 1999. Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in central México. American Journal of Botany 86: 522–533.
- Cota–Sánchez, J. H. 2004. Vivipary in the Cactaceae: Its taxonomic occurrence and biological significance. Flora 199: 481–490.
- Cota–Sánchez, J. H., A. Reyes–Olivas y Sánchez–Soto B. 2007. Vivipary in coastal cacti: a potential reproductive strategy in halophytic environments. American Journal of Botany 94: 1577–1581.
- Elmqvist, T. y P. A. Cox. 1996. The evolution of vivipary in flowering plants. Oikos 77: 3–9.
- Endress, P. K. 1994. Diversity and Evolutionary Biology of Tropical Flowers. Cambridge University Press. Cambridge, Massachusetts.
- Esau, K., 1987. Anatomía de las Plantas con Semilla. Ed. Hemisferio Sur S.A., Buenos Aires.
- Farnsworth, E. 2000. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. Annual Review of Ecology and Systematics 31: 107–138.
- Fleming, T. H., C. T. Sahley, J. N. Holland, J. D. Nason y J. L. Hamrick. 2001. Sonoran Desert columnar cacti and the evolution of generalized pollination systems. Ecological Monographs 71:511-530.
- Fuentes–Pérez, M. 2004. Anatomía floral de algunas especies de la tribu Pachyceereae (Cactaceae). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Los Reyes Iztacala, Estado de México. 119 pp.

- Fuentes–Pérez, M., T. Terrazas y S. Arias. 2009. Anatomía floral de cinco especies de opuntia (Opuntioideae, Cactaceae) de México. *Polibotánica* 27:89–102.
- García, E. 1980. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 246 pp.
- Godínez–Álvarez, H., T. Valverde y P. Ortega–Baes. 2003. Demographic Trends in the Cactaceae. *The Botanical Review* 69: 173–203
- Grimaldo–Juárez, O., T. Terrazas, A. García–Velásquez, M. Cruz–Villagas y J. F. Ponce–Medina. 2007. Morphometric analysis of 21 pitahaya (*Hylocereus undatus*) genotypes. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 9: 99–117.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. UNAM. México, D. F. 315 pp.
- Hernández–García, G. y García–Villanueva, E., 1991. “Anatomía comparada de óvulos y semillas de dos especies del género *Mammillaria* (Cactaceae)”. *Boletín de la Sociedad Botánica*. México, 51: 25–38.
- Johansen, D. A. 1940. *Plant microtechnique*. Mc Graw Hill. New York, NY. 523 pp.
- Kiesling, R. 2002. *Pterocactus* (Cactaceae), nuevo registro para la flora de Chile. *Gayana Botánica*. Chile. 59(2): 61–63.
- León de la Luz, J. L. y R. D. Cadena. 1991. Evaluación de la reproducción por semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*) en Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 14: 75–87.
- León de la Luz, J.L. y A. Valiente–Banuet, 1994. Las cactáceas: un recurso natural diverso y predominantemente Mexicano. *Ciencia y Desarrollo* 20 (117): 58–65.

- López, J. 1985. Hidrología del sistema lagunar de Topolobampo, Sinaloa. UABC. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Tesis de Licenciatura. Ensenada, B. C. N. 66 pp.
- Loza–Cornejo, S. T. Terrazas. L. López–Mata y C. Trejo. 2003. Características morfoanatómicas y metabolismo fotosintético en plántulas de *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae) su significado adaptativo. *Interciencia* 28: 83–89.
- Loza–Cornejo, S., L. López–Mata y T. Terrazas. 2008. Seed traits and germination of six species of Pachycereeae (Cactoideae–Cactaceae). *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 10: 71–84.
- Luna–Morales, C. C., J. R. Aguirre–Rivera y C. B. Peña–Valdivia. 2001. Cultivares tradicionales mixtecos de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 72: 131–155.
- Maciel–da Rosa, S. y L. De Souza. 2003. Morfo–anatomía do fruto (hipanto, pericarpo e semente) em desenvolvimento de *Pereskia aculeata* Miller (Cactaceae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 25: 415–428.
- McDonough, W. T. 1964. Germination responses of *Carnegiea gigantea* and *Lemaireocereus thurberi*. *Ecology* 45: 155–159.
- Nassar, J. M., N. Ramirez y O. Linares. 1997. Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar–feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany* 84: 918–927.
- Nobel, P. S. 1998. *Los Incomparables Agaves y Cactus*. TRILLAS. México, D. F. 211 pp.
- Novoa, S., A. Ceroni y C. Arellano. 2005. Fenología del cactus *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Werdermann y Backeberg) Ostolaza

- (Cactaceae) en el valle del río chillón, Lima, Perú. *Ecología aplicada* 4): 35–40.
- Núñez–Mariel, C., Engleman M. E. y Márquez–Guzmán, J. 2001. Embriología de *Pachycereus militaris* (Audot) Hunt (Cactaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 51: 25–38.
- Nyffeler, N. 2002. Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from *TRNK/ MATK* and *TRNL–TRNF* sequences. *American Journal of Botany* 89: 312–326.
- Obeso, M. J. A. y D. Escobedo. 1994. Mediciones de corrientes en las bahías de Topolobampo, Ohuira y Santa María, Sinaloa. En: *Investigación Científica de las bahías de Topolobampo, Ohuira y Santa María, Sinaloa*. Secretaría de Marina. Topolobampo, Sinaloa, México. 138 pp.
- Osborn, M. M., P. G. Kevan y M. A. Lane. 1988. Pollination biology of *Opuntia polyacantha* and *Opuntia phaeacantha* (Cactaceae) in southern Colorado. *Plant Systematics and Evolution* 159: 85–94.
- Parker, K. C. 1987. Seed crop characteristics and minimum reproductive size of organ pipe cactus (*Stenocereus thurberi*) in southern Arizona. *Madroño* 34: 294–303.
- Phleger, F. P. y C. Ayala. 1969. Marine ecology of Topolobampo lagoons. En: *Memoria del Simposio Internacional. Lagunas Costeras*. UNAM–UNESCO, México, D. F. 101–136.
- Portal Los Mochis Net: www.portalmochis.net/Imgeografia.htm. 2007.
- Preciado–García, M. E. 1994. Determinación y descripción de las cactáceas de las islas de la bahía de Ohuira, Topolobampo, Norte de Sinaloa. Instituto Tecnológico de Los Mochis. Tesis de Licenciatura. 105 pp.

- Reyes–Olivas, A., E. García–Moya, y L. López–Mata. 2002. Cacti–shrub interactions in the coastal desert of northern Sinaloa, México. *Journal of Arid Environments* 52: 483–497.
- Reyes–Olivas, A., V. Apodaca–Ovalle, J. H. Cota–Sánchez y P. Casillas–Álvarez. 2008. Relación del suelo y la topografía con la diversidad y la estructura de la vegetación insular en el desierto costero de Sinaloa, México. pp. 53–66. En: *Estudios de las islas del Golfo de California*. Flores–Campaña, L.M. (ed). Universidad Autónoma de Sinaloa–Gobierno del Estado de Sinaloa–Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. 221 p.
- Ruzin, S. E. 1999 *Plant microtechnique and microscopy*. New York: Oxford University Press. 322 pp.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. LIMUSA. México, D. F. 432 pp.
- Sánchez–Soto, B. H., E. García–Moya, T. Terrazas y A. Reyes–Olivas. 2005. Efecto de la hidratación discontinua sobre la germinación de tres cactáceas del Desierto costero de Topolobampo, Ahome, Sinaloa. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 50: 4–14.
- SAS Institute Inc. 2002. *SAS/STAT User's Guide Release 9.0*. SAS Institute, Cary, North Carolina, EE.UU.
- Schneck, M. 1998. *Cactus*. Ed. Susaeta. S. A. Singapur. 112 pp.
- Silvius, K. M. 1995. Avian consumers of card6n fruits (*Stenocereus griseus*: Cactaceae) on Margarita island, Venezuela. *Biotropica* 27: 96–105.
- Terrazas, T., S. Loza–Cornejo y H. Arreola–Nava. 2005. Anatomía caulinar de las especies del genero *Stenocereus* (Cactaceae). *Acta Botánica Venezuelica* 28: 321–336.

Tiagi, D.Y., 1955. Studies in floral morphology, II vascular anatomy of the flower of certain species of the Cactaceae. *Indian Botanical Science* 34: 408–428.

Urías–Castillo, J. 2005. Ecología de la germinación de *Ferocactus herrerae* J.G.Ortega, una cactácea endémica de la costa noroccidental de México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Occidente, Unidad Los Mochis. Los Mochis, Ahome, Sinaloa, México. 66 pp.

Tropicos.org. 2009. Missouri Botanical Garden.
<http://www.tropicos.org/Name/5104379>.

ANEXOS

En el Cuadro 13 se indican los valores mínimos y máximos en centímetros de los botones, flores y frutos; las medias se realizaron sumando el total de centímetros de los mismos, dividido entre el número total de cada estructura y el error estándar se realizó por muestra con la ayuda de la hoja de cálculo de Excel.

Cuadro 13. Longitud (cm) de los botones, flores y frutos de *Stenocereus alamosensis* provenientes de las localidades isla Patos y dunas del Maviri, municipio de Ahome, Sinaloa; valores mínimos, máximos, medios y error estándar (ES).

Edo. Fenológico	dunas del Maviri				isla Patos			
	Muestra	Min.	Máy.	X (media) ± ES	Muestra	Min.	Máy.	X (media) ± ES
Botón	Ma01	2.2	3.7	3.47 ± 0.171	Pa01	2.5	4.2	3.47 ± 0.188
Botón	Ma02	0.5	4.3	2.46 ± 0.205	Pa02	2.3	4.4	3.51 ± 0.166
Botón	Ma03	3.6	3.7	3.65 ± 0.050	Pa03	0.6	3.9	1.74 ± 0.248
Botón	Ma04	2.5	4.4	3.49 ± 0.291	Pa04	1	4.3	2.50 ± 0.245
Botón					Pa06	0.5	4.4	2.54 ± 0.165
Botón					Pa07	1.9	3.7	2.74 ± 0.144
Botón					Pa08	2.1	3.9	2.66 ± 0.187
Botón					Pa09	2.3	3.1	2.62 ± 0.117
Flor Antesis	Ma01	5	5.8	5.23 ± 0.156	Pa01	4.8	6	5.38 ± 0.180
Flor Antesis	Ma02	4.8	5.6	5.30 ± 0.134	Pa02	4.5	6.2	5.64 ± 0.243
Flor Antesis	Ma03	4.7	5.8	5.33 ± 0.328	Pa04	5	6.2	5.70 ± 0.160
Flor Antesis	Ma04	5	6.2	5.62 ± 0.197	Pa05	4.7	5.4	5.00 ± 0.123
Flor Antesis					Pa06	4.6	5.1	4.74 ± 0.098
Flor Antesis					Pa07	4.5	5.6	4.96 ± 0.111
Flor Antesis					Pa08	4.6	5.4	5.06 ± 0.129
Flor Antesis					Pa09	4.7	5.4	5.15 ± 0.156
Fruto	Ma02	2	2	2	Pa03	1.3	1.4	1.35 ± 0.050
Fruto	Ma03	1.9	2.7	2.46 ± 0.084	Pa07	1.7	2.5	2.04 ± 0.133
Fruto	Ma04	2	3	2.38 ± 0.078	Pa08	1.3	2.5	1.82 ± 0.213
Fruto					Pa09	2	2.1	2.06 ± 0.025
Fruto					Pa11	1.8	2.4	2.20 ± 0.141
Fruto					Pa12	1.8	2.6	2.27 ± 0.131

En el Cuadro 14 se indican los valores mínimos de los frutos con menor cantidad de semillas, los máximos muestran la mayor cantidad de semillas por fruto, las medias se realizaron sumando el total de semillas por frutos, dividiendo entre el número total de semillas y el error estándar se realizó por muestra; estos análisis se realizaron con la ayuda de la hoja de cálculo Excel, de Microsoft.

Cuadro 14. Semillas por fruto de *Stenocereus alamosensis* provenientes de las localidades Playa El Maviri e isla Patos, Municipio de Ahome, Sinaloa se presentan valores mínimos, máximos, las medias y el error estándar (ES).

dunas del Maviri				isla Patos			
Muestra	Min.	Máy.	X (media) ± ES	Muestra	Min.	Máy.	X (media) ± ES
Ma03	39	200	102.9 ± 21.46	Pa07	134	264	199.0 ± 65.00
Ma04	42	242	98.9 ± 20.71	Pa08	140	232	199.0 ± 29.57
				Pa11	23	157	70.3 ± 29.89
				Pa12	50	192	127.0 ± 24.44