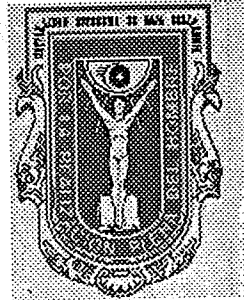


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA**

FACULTAD DE CIENCIAS



*ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DINAMICA DE LA REPRODUCCION
DE Ferocactus viridescens var viridescens EN BAJA CALIFORNIA.*

TESIS

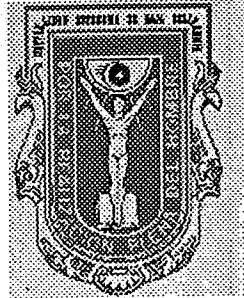
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS.
PRESENTA:

JOAQUÍN EDUARDO MARTÍNEZ LEAL.

Ensenada B.C., junio de 1997.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA**

FACULTAD DE CIENCIAS



*ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DINÁMICA DE LA REPRODUCCIÓN
DE Ferocactus viridescens var viridescens EN BAJA CALIFORNIA.*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS.
PRESENTA:

JOAQUÍN EDUARDO MARTÍNEZ LEAL.



Ensenada B.C., junio de 1997.

**ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DINAMICA DE LA
REPRODUCCION SEXUAL DE *Ferocactus*
viridescens var. *viridescens* EN ENSENADA, BAJA
CALIFORNIA, MEXICO.**

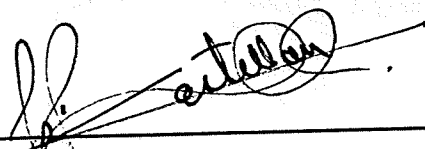
TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA

JOAQUIN EDUARDO MARTINEZ LEAL


APROBADO POR



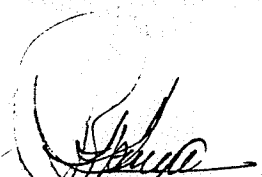
M.C. José de Jesús Castellón Olivares
Director de tesis



Dra. Nora Elisa Martijena Adinet
Codirector de Tesis



Dr. Roberto Martínez Gallardo
Sinodal



M.C. Jorge Issac Sepúlveda Betancourt
Sinodal

DEDICATORIA.

A la Condesa Lukanor por su apoyo físico, moral y económico en todo momento y porque la fuerza de su estilo me dió el coraje que necesitaba en la lucha por terminar mis proyectos.

A Citali, que si no hubiera vivido en la ciudad de Ensenada en el período en que arrive a ésta, probablemente no hubiera comenzado este proyecto.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco profundamente al M.C. José de Jesús Castellón Olivares, por el apoyo incondicional brindado en las diferentes etapas de desarrollo de este trabajo de tesis y por sus recomendaciones para el manuscrito.

A Nora Martijena Adinep por sus grandes aportes en la elaboración de los métodos y resultados de éste trabajo. Además, porque su orden y apoyo me ayudaron mucho en la terminación de esta tesis.

A mis otros sinodales, J. Sepulveda y R. Martínez por sus valiosos comentarios.

A mis padres, Joaquín y Beatriz, y a mis tíos Juan y Lucía por que siempre apoyan mis proyectos

A las encargadas del centro de cómputo de la Facultad de Ciencias Mary y Martha por su ayuda en los problemas cotidianos con las computadoras y por haberme permitido muchas libertades con el papel para imprimir.

Al personal técnico y administrativo de la Fac. de Ciencias. En especial a Fredy quien nunca dijo que no cuando necesité alguna copia fotostática.

A la Dra Ileana Espejel, por su compañerismo y amistad en todo momento y por haberme prestado su cubículo y computadora por tanto tiempo.

A Lorenzo Rojas por haberme apoyado con el préstamo a casa de una computadora.

Así mismo, agradezco a los siguientes maestros de la Facultad de Ciencias, por el apoyo, compañía y amistad en la realización de este trabajo de tesis: M.C. Irma Rivera Garivaldí, Directora de la F.C.; M.C. Gloria Rubi Vázquez, subdirectora de la F.C.; M.C. Rafael Solana Sansores; M.C. Anamaría Escofet Giansone; M.C. Guillermo Arámburo Vizcarra; Dr. Víctor Salceda Sacanelles; Dr. Carlos Márquez Becerra; Dr. José Delgadillo Rodríguez; Dr. Gorgonio Ruiz Campos y a Mayra Frank.

A Steve Bullock y Horacio de la Cueva, investigadores de CICESE, por los conocimientos que me dieron en sus clases y por los comentarios acertados que me proporcionaron en nuestras charlas extraoficiales sobre la ciencia.

A mis compañeros de estudio de maestría, por su apoyo y amistad: M.C. Concepción Siguenza, M.C. Olivia Tapia, Biol. Sara Cabrera Santillán, M.C. José Carlos Garduño, Ing. Rogelio López, M.C. María Angoa, M.C. Jorge Alaniz, Biol. Ana Gatica, M.C. Rosalina Sánchez, Biol. Irma Cruz, Luis Carlos, Sergio y Mariana; Y en especial al M.C. Walter Zúñiga por el tiempo de charla que me dió para mejorar mi tesis, M.C. Guadalupe Gutiérrez por su amistad, consejos y risas, M.C. Juana Claudia Leyva por su amistad y asesoría para el dominio del micrisoftword y a Raúl Carraza por esas Damianas que llevaba a las prácticas de campo.

Se agradece, a Fish & Wildlife Service-SEMARNAP por la ayuda económica prestada en la etapa final de este trabajo. Apoyo brindado a través de proyecto número 14-48-0009-96-1264.

A Conservación Internacional por haberme otorgado una beca anual a través del proyecto número 72-10-3300-34-8470 *Evaluación y Recuperación de poblaciones de cactáceas en Baja California.*

I. INTRODUCCION.	1
II. ANTECEDENTES.	3
2.1. Estudios del hábitat natural.	3
2.2. Distribución del matorral costero	4
2.3. Disturbio de la vegetación	4
2.4. Estudios en cactáceas	5
2.5. Distribución y endemismo del género <i>Ferocactus</i>	6
2.5.1. Descripción y distribución de <i>Ferocactus viridescens</i>	7
2.6. Estructura poblacional, establecimiento, desarrollo y reproducción en cactáceas	8
III. METODOS.	11
3.1. Caracterización del área de estudio.	11
3.1.1. Sitio 1.	11
3.1.2. Sitio 2.	11
3.1.3. Clima.	13
3.2. Forma de muestreo	13
3.2.1. Sitio 1.	13
3.2.2. Sitio 2.	15
3.3. Toma de datos y observaciones.	16
3.3.1. Dimensiones de los individuos.	16
3.3.2. Actividad reproductiva.	17
3.3.2.1. Eficiencia reproductiva.	18
3.3.2.2. Ensayos de germinación.	19
3.4. Manejo y análisis de datos.	19
IV. RESULTADOS.	21
4.1. Relación altura vs diámetro.	21
4.2. Estructura vertical.	22
4.3. Actividad Reproductiva.	24
4.4. Eficiencia Reproductiva.	27
4.4.1. Número y viabilidad de semillas.	37
4.5. Fenología.	39

4.5.1. Observaciones en 1994.	39
4.5.2. Observaciones en 1995.	47
4.5.3. Observaciones en 1996.	48
4.6. Asociación interespecífica.	49
V. DISCUSION.	50
5.1. Estructura de altura, establecimiento y sobrevivencia.	50
5.2. Estructura de altura y reproducción.	53
5.3. Estructura de altura y potencial reproductivo.	53
5.4. Fenología.	56
VICONCLUSIONES.	59
VII BIBLIOGRAFIA	60

Resumen.

La relación de la actividad reproductiva y el tamaño de *Ferocactus viridescens* fue examinada en las cercanías de Ensenada, Baja California, México. Las mediciones de la altura y las observaciones de presencia y ausencia de estructuras reproductivas, hechas en dos localidades, indicaron que los individuos de *Ferocactus viridescens* comienzan a ser sexualmente activos cuando han alcanzado una altura mínima de 3 centímetros. Individuos de tamaño grande produjeron mayor cantidad de estructuras reproductivas que individuos de talla pequeña. Sin embargo, la proporción de botones que llegan a ser frutos viables (eficiencia reproductiva) estuvo relacionada a otros factores diferentes que la altura. El ciclo reproductivo de *F. viridescens*, bajo las condiciones ambientales prevalecientes durante el estudio, fue de marzo a agosto. El contenido promedio de semillas por fruto fue de 698 semillas. La viabilidad de las semillas, después de dos años de almacenamiento, fue de 40.63 %.

I. INTRODUCCION.

Baja California, con una superficie de 143,780 km², presenta un mosaico de condiciones climáticas, altitudinales y topográficas que, aunado a su aislamiento geográfico, han provocado la presencia de gran diversidad vegetal y tipos de vegetación (García, 1973; Rzedowski, 1978).

Como resultado de la variabilidad ambiental y de su aislamiento, el estado presenta una considerable diversidad biológica en la familia cactaceae, que con un alto índice de endemismos (e.g. 70.3 % en toda la península) y con 82 especies presentes (Wiggins, 1980), es una de las familias vegetales más importantes de la región.

Esta familia, esta presente con 11 géneros en donde destacan por su importancia el género *Mammillaria* con 27 especies, *Ferocactus* con 11 y *Opuntia* con 12 especies (Jaeger, 1957; Sherve & Wiggins, 1964; Wiggins, 1980; Roberts, 1989).

Estos géneros tienen una amplia distribución en Baja California, México; por lo que se les puede encontrar en casi todos los tipos de vegetación presentes en el estado (Bravo, 1978 y Wiggins, 1980).

En los últimos años, el desarrollo urbano, industrial, turístico y agropecuario que ha sufrido el corredor turístico Tijuana-Ensenada en Baja California, ha impactado negativamente a los diferentes tipos de vegetación (Espejel, 1993) y ha repercutido en la reducción de las poblaciones de varias especies de cactáceas (Castellón y Martínez, 1993). A su vez, aunado a la perturbación de su habitat por el cambio en el uso del suelo; la depredación desmedida con fines comerciales, ha contribuido a una drástica disminución en el tamaño de las poblaciones silvestres (Davis et al, 1986; Rodríguez, 1990).

Este impacto antropogénico repercute directamente en el deterioro de la biodiversidad. Y es aquí, donde se centra la problemática de las cactáceas: la vulnerabilidad de la familia ante la alteración brusca de su medio ambiente; impacto,

que afecta a muchas de sus poblaciones y sobre todo, a aquellas que tienen una distribución restringida a habitats y nichos ecológicos muy específicos.

En la actualidad, algunas de sus especies se pueden considerar en peligro de extinción, mientras que otras, las llamadas especies amenazadas, se encuentran en camino de presentar tal situación (IUCN, 1983; Cites, 1987; Sedue: Diario Oficial, 1991; Vovides, 1988)

Aunque la pérdida de la vegetación del matorral costero, en Baja California, deteriora las poblaciones de 14 especies de cactáceas (Delgadillo, 1992), la especie más afectada es *F. viridescens* var *viridescens*. Su susceptibilidad al deterioro se debe a que, en Baja California, México, su distribución geográfica se encuentra, precisamente, en la zona de mayor cambio de uso del suelo, por desarrollo urbano, en el corredor turístico Tijuana-Ensenada.

Además, *Ferocactus viridescens* (viznagita) es uno de los especies más afectadas, en Baja California, por el saqueo clandestino de individuos de su medio ambiente. Estos especímenes son destinados al comercio, como plantas de ornato, en la decoración de jardines desérticos.

Siendo las cactáceas elementos naturales indispensables para la conservación de la diversidad genética y equilibrio ecológico (Yeaton y Manzanares, 1986, Fowler, 1986) y ante la problemática de su deterioro, el presente trabajo, está encaminado a generar el conocimiento básico sobre la dinámica de la reproducción sexual de *F. viridescens*. Planta que se encuentra categorizada como especie amenazada o rara (IUCN, 1983; Cites, 1987; Sedue: Diario Oficial, 1991; Vovides, 1988).

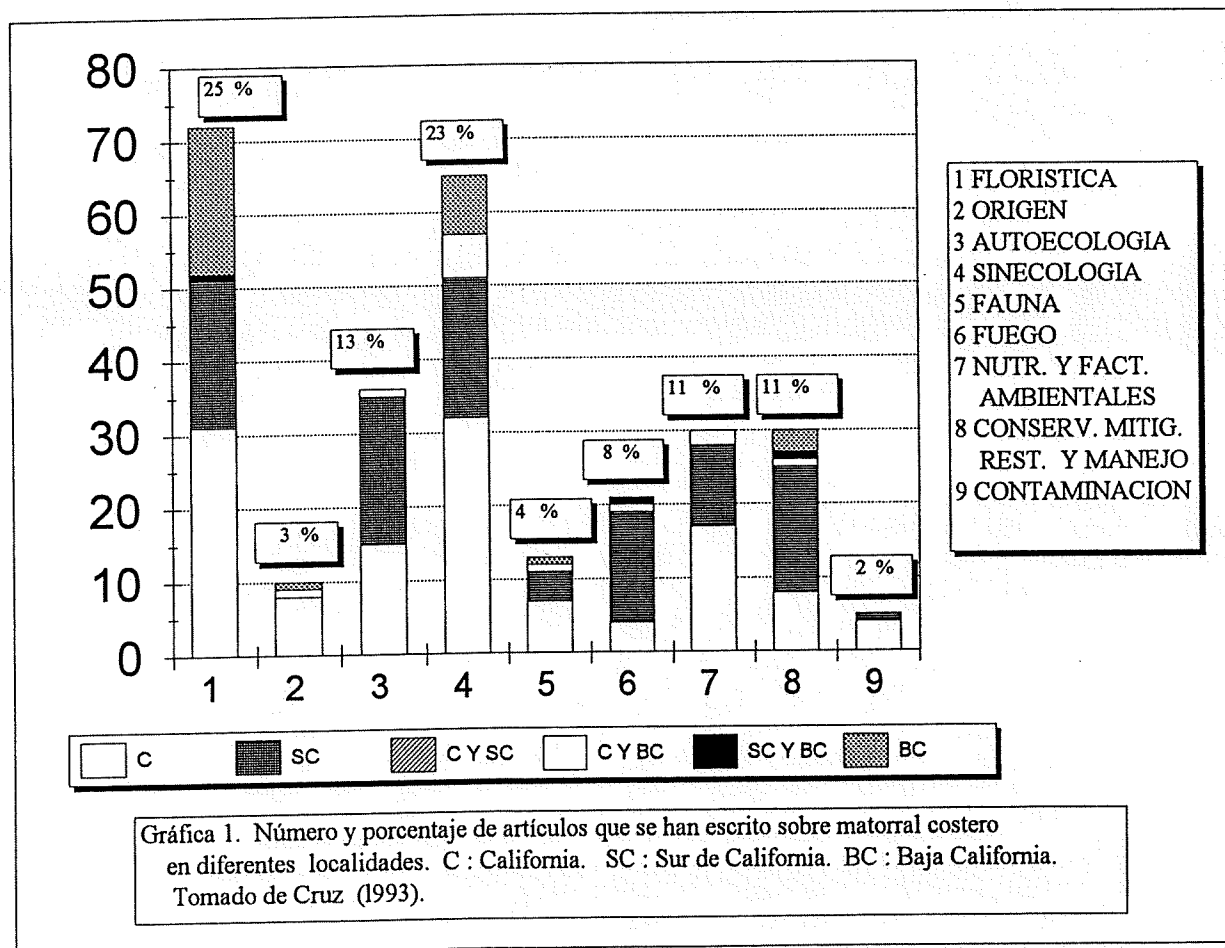
Lo anterior, se llevará a través de los siguientes objetivos: Objetivos generales: 1) Identificar si existe un patrón en la reproducción sexual de *Ferocactus viridescens* en relación a la altura de la planta y 2) Conocer su ciclo fenológico. Objetivos particulares: a) Conocer la estructura vertical, b) Conocer si existe un tamaño en el que los individuos se vuelven reproductivamente activos, c) Conocer si existe un tamaño de máxima reproducción sexual y d) Conocer si existe una relación entre el número de estructuras florales y el tamaño de la planta.

II. ANTECEDENTES

2.1. Estudios del hábitat natural.

Cruz (1993) señala que la mayoría de los trabajos dedicados al matorral costero se han realizado en California, Estados Unidos. El matorral de Baja California, México, ha sido muy poco estudiado; sólo el 18 % de los estudios se han enfocado a éste tipo de vegetación

A su vez, la mayor parte de los estudios realizados en Baja California se han enfocado, principalmente, a la florística y sinecología. Existen trabajos en fauna y conservación. Es notable la ausencia de trabajos sobre autoecología (Cruz 1993) (Gráfica 1).



2.2. Distribución del matorral costero.

El matorral costero es un tipo de vegetación que forma parte de la Provincia Florística de California (Delgadillo, 1992). Este tipo de vegetación se desarrolla entremezclado con el chaparral, en suelos secos, gravosos y rocosos, sobre laderas con exposición sur, pero se vuelve dominante en áreas costeras de bajas elevaciones (Roberts, 1989).

El matorral costero se encuentra distribuido a lo largo de la costa del pacífico, desde Oregon, Estados Unidos, hasta Baja California, México (Barbour et al, 1993). En Baja California este tipo de vegetación se extiende desde la línea internacional hasta aproximadamente el Rosario (paralelo 30°).

En Baja California, existen dos formaciones fisionómicas bien definidas en el matorral costero, el *matorral costero* y el *matorral costero suculento* (Westman 1983 y 1987). Este último, se caracteriza por la presencia de plantas suculentas como agaves, cactáceas y crasuláceas (Delgadillo, 1992).

2.3 Disturbio de la vegetación.

La línea de costa del pacífico de todo el estado de Baja California esta siendo velozmente desarrollada con condominios, campos de juego (golf) y casas para vacacionar, la mayoría para el turismo estadounidense. Las tierras que no son transformadas para estos fines, son convertidas en tierras agrícolas (Oberbauer, 1991). Sin embargo, la transformación es mucho más drástica en lo que se ha llamado el corredor turístico Tijuana-Ensenada. La cercanía de estas ciudades con los Estados Unidos ha favorecido su rápido desarrollo y expansión , con el consecuente deterioro del matorral costero (Espejel, 1993; Leyva, 1995; Observación personal).

Aunado al disturbio antropogénico, otro factor que es muy importante en el deterioro del matorral son los incendios forestales e inducidos.

Los incendios son considerados parte de la dinámica del matorral costero. Estos, ocurren de forma periódica y discontinua e incrementan la heterogeneidad espacial y temporal característica de este tipo de vegetación (Christensen, 1985, En: Leyva, 1995). Sin embargo, aunque puede ser una fuerza selectiva en los procesos evolutivos de las

plantas, el fuego afecta la estructura y función de las comunidades de matorral costero. La invasión de plantas exóticas después de un incendio es inevitable y si la frecuencia de los incendios es demasiada, como el caso de los incendios inducidos, el riesgo de pérdida de la vegetación aumenta (Oberbauer, 1991; Espejel 1993).

De esta manera, la fragmentación, por el cambio de uso del suelo, y el fuego son los tipos de disturbio más relevantes que afectan la distribución, composición, estabilidad, establecimiento y/o recuperación (resiliencia) del matorral costero (O'Leary, 1990).

2.4. Estudios en cactáceas.

Tradicionalmente, el centro de los estudios ecológicos en cactáceas del hemisferio norte ha sido el Desierto de Sonora; principalmente, en los parques nacionales estadounidenses Saguaro National Monument y el Organ Pipe Cactus National Monument (Gibson & Nobel, 1986).

Haciendo una pequeña revisión de la bibliografía utilizada en Benson (1969), en Gibson & Nobel (1986) y en todos los artículos que se citan en este trabajo, se encontró que la mayoría de los artículos en cactáceas se han concentrado en la anatomía, morfología, taxonomía y sistemática de la familia. Después de éstos, los estudios sobre historia natural y hábitos de crecimiento son los que han interesado a los estudiosos de las cactáceas. Estudios en fisiología, distribución (e.g. geográfica y topográfica) y ecología, aunque en menor cantidad que los anteriores, también se han realizado. Los temas que, principalmente, se abordan en estudios ecológicos son sobre germinación y establecimiento o distribución espacial y relaciones interespecíficas. Sin embargo, son realmente pocos los estudios realizados sobre biología de la reproducción, productividad y fenología.

Trabajos sobre reproducción en cactáceas se han concentrado principalmente en especies cuyo género no es *Ferocactus*; ejemplo, de estos estudios tenemos los dedicados a las especies columnares como *Carnegiea gigantea*, (Johnson, 1924; Alcorn et al., 1959 y 1961; Niering, 1963; Steenbergh and Lowe, 1977; Brum, 1973; Jordan & Nobel, 1982), *Lophocereus schottii* (Parker, 1989), *Stenocereus thurberi* (Parker, 1987) y *Cephalocereus columna-trajini* (Zavala y Solís, 1995). Y de las especies no columnares

tenemos a *Stenocereus gummosus* (León de la Cruz y Domínguez, 1991) *Coryphanta robbinsorum* (Schmalzel et al, 1995), *Echinomastus erectocentrus* (Johnson et al., 1993 en: Schmalze et al., 1995) entre otras.

Los estudios que se han efectuado en el género *Ferocactus* se han enfocado principalmente en la especie *F. acanthodes* y los temas de estudio han sido el establecimiento de plántulas (Jordan & Nobel, 1981), crecimiento (Jordan & Nobel, 1982), fisiología (Nobel, 1978) y estudios sobre morfología en relación con su rango de distribución y preferencias topográficas (Nobel, 1982; Ehleringer, 1984). Como parte de los estudios sobre morfología y límites de distribución de *Ferocactus acanthodes* se han incluido a las especies de *F. wislizenii* y a *F. viridescens* (Nobel, 1982). Sin embargo, solo un artículo se ha escrito hasta la fecha sobre *F. viridescens*, cuya temática fue la tolerancia a heladas (Loik & Nobel, 1993).

Actualmente, Paul E. Blomm de la Universidad de Idaho, continua un estudio que comenzó aproximadamente 20 años atrás sobre la producción de areolas por año en *Ferocactus gracilis*, con el fin de poder estimar la edad de sus especímenes; sin embargo, no considera el proceso de reproducción sexual de esta especie (com. personal).

2.5. Distribución y endemismo del género *Ferocactus*

Hernández (1994), menciona que el género *Ferocactus* es un taxa casi endémico de la República Mexicana, ya que de las 24 especies que presenta el género, solo 5 de ellas extienden su distribución a áreas adyacentes al territorio mexicano. Así, 19 de sus especies son endémicas de nuestro país.

La península de Baja California presenta 11 especies del género *Ferocactus*. Siete de ellas se encuentran en la parte norte; donde *F. johnstonianus*, *F. peninsulae*, *F. gatesii*, *F. crysacanthus* y *F. gracilis* son las especies endémicas y *F. acanthodes* y *F. viridescens* son las endémicas compartidas. En Baja California Sur, todas son endémicas y estas son: *F. digettii*, *F. townsendianus*, *F. Fordii* y *F. rectispinus* (Wiggins, 1980).

Además, el género *Ferocactus* por tener una amplia distribución en Baja California se encuentra en diferentes tipos de vegetación, desde las inmediaciones del bosque de juniperus-pino-encino donde se localiza *Ferocactus acanthodes* (Wiggins, 1980), en el matorral costero donde se desarrollan *Ferocactus viridescens*, *F. gracilis*, *F. penninsulae* y *F. tortuosospinus*. En las islas con tipo de vegetación de matorral costero y xerófilo se encuentran *F. chrysacanthus* y *F. johnstonianus* (Bravo, 1978; Lau, 1981).

2.5.1. Descripción y distribución de *Ferocactus viridescens*

Planta simple o cespitosa. Tallo globoso-aplanado hasta cortamente cilíndrico, generalmente de 10 a 20 cm de altura y diámetro, pero en algunas localidades llegando hasta 1 m de altura y 40 cm de diámetro, de color verde oscuro algo brillante. *Costillas* 13 a 25, obtusas, algo tuberculadas, con una protuberancia camosa abajo de cada areola. *Areolas* ovales en la porción espinífera, de unos 8 a 12 mm de longitud y de 5 a 8 mm de anchura, la porción florífera se extiende angostamente hasta el tubérculo próximo; las jóvenes con algo de tomento. *Espinas radiales* 8 a 15, subuladas, en algunos especímenes las superiores setosas, radiadas. *Espinas centrales* 4, dispuestas en forma de cruz aplanadas, hasta de 5 cm de longitud y 5 mm de anchura, la central superior encorvada hacia arriba, redondeada o aplanada no tan fuerte como la inferior, las dos laterales redondeadas, todas las espinas al principio son de color rojo intenso, luego amarillentas y después de color cuerno o grisáceas; entre la porción espinífera y la florífera existen espinas glandulares rojizas, circulares, de 2 mm de longitud, persistentes y volviéndose más conspicuas en las areolas viejas. *Flores* dispuestas en areolas jóvenes del ápice del tallo, de 5 cm de longitud y 6 cm de diámetro, anchamente campanuladas, de color amarillo verdoso, rojizo a los lados, pericarpelo corto, verde, con escamas pequeñas que entran en transición con las del tubo receptacular, éstas carnosas y rojizas; segmentos exteriores del perianto elípticos hasta obovados, rojos, con el borde amarillo verdoso, los superiores amarillos con franja media roja, con el margen ciliado y el ápice obtuso; segmentos interiores de perianto de 3 cm de longitud y 8 mm de anchura, a veces apiculados y con el margen aserrado, amarillos con la franja media roja; estambres de 1 a 2 cm de longitud; estilo de 2.5 cm de diámetro, amarillo, lóbulos del

estigmas 15, extendidos. *Fruto* de 3.5 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro, al principio de color verde o rojizo, cuando madura amarillo, provisto de escamas lunuladas, al principio carnosas, después membranosas. *Semillas* anguladas, de 1.5 mm de longitud y 0.7 mm de espesor, con testa faveolada, negra, hilo pequeño, blanco, circular.

Según Benson (1969) *Ferocactus viridescens* se encuentra distribuido en laderas arenosas y gravosas dentro del chaparral a una elevación de 10 a 150 metros, en el condado de San Diego, California, a todo lo largo de la costa desde el sur de Del Mar hasta Otay y en Baja California, México, en la parte Noroeste. Aunque, Bravo (1991), menciona, también, una distribución en el oeste del condado de San Diego en California, E.U.A y en el noroeste de Baja California, México; no determina el tipo de vegetación ni el tipo de suelo. Por otro lado, Wiggins (1980) da la misma distribución que Benson (1969) y Bravo (1991), pero aclara que *Ferocactus viridescens* crece sobre suelos arcillosos y de tipo adobe, sobre laderas con pastos y sobre mesetas.

De esta manera, en los recorridos de prospección para determinar los sitios de muestreo en el noroeste de Baja California, México, se observó la presencia *Ferocactus viridescens* var *viridescens* desde la frontera con los Estados Unidos, siguiendo la franja costera, hasta los alrededores de la ciudad Ensenada. Esta especie se presenta en suelos pedregosos de tipo arcilloso y gravosos, sobre laderas y mesetas, dentro del tipo de vegetación matorral costero.

2.6. Estructura poblacional, establecimiento, desarrollo y reproducción en cactáceas

Estudios sobre la biología de la reproducción ó estructura poblacional y biología de la reproducción se han realizado recientemente en diferentes grupos taxonómicos (Ehrenfeld, 1976; Steenbergh & Lowe, 1977; Bullock, 1982; Udovic y Aker, 1981; Sutherland, 1986; Nobel, 1986; Nobel, 1987; Parker, 1987 y 1989).

Los estudios sobre establecimiento, crecimiento y reproducción en cactáceas (e.g Steenbergh & Lowe, 1977; Jordan & Nobel, 1982, Parker, 1987 y 1989) han relacionado estructura de la población con estos procesos. La estructura de una población, puede

ser vista a través de la estructura (i.e. distribución) de edades o estructura por clases de altura que existen en ella.

Por otro lado, cabe aclarar que, para las especies que presentan crecimiento secundario del tallo, como en los árboles, la edad puede ser determinada a través de los anillos de crecimiento. Sin embargo, en la familia Cactaceae, no existe una forma directa de conocer la edad de una planta (Shreve, 1931), puesto que sus especies carecen de anillos de crecimiento. De esta manera, Steenbergh y Lowe (1977) a través de mediciones periódicas del crecimiento del tallo determinaron los índices de crecimiento anual, para las especies *Carnegiea gigantea* y *Ferocactus acanthodes*.

A pesar, de que los índices de crecimiento anual del tallo varían dependiendo de las condiciones ambientales como precipitación, temperatura y tipo de suelo, es posible, a través de modelos de simulación, determinar, conociendo el tamaño (e.g. altura) de una planta, su edad aproximada (Steenbergh & Lowe, 1977; Jordan & Nobel, 1982).

De esta forma, el conocer la estructura de altura de una población de cactáceas es tener conocimiento aproximado de su edad y por consiguiente un record histórico en el pasado (Hastings, 1961). Por ejemplo, la estructura vertical (e.g. estructura de alturas) de una población puede ayudarnos a identificar períodos donde existió un abundante establecimiento de plántulas (Jordan & Nobel, 1982).

A su vez, los índices de reclutamiento de las especies son, también, variables en una escala de tiempo amplia y esta variabilidad, puede identificarse claramente al analizar las clases de edad-tamaño (i.e. clases de altura) que se presentan dentro de una población en particular (Parker, 1989). Así, en ambientes variables o cerca de los márgenes del área de distribución de una especie, la distribución de clase edad-tamaño de una especie es irregular, como resultado de una esporádica y temporal regeneración (Parker, 1989).

Por otro lado, el índice de reclutamiento de una especie aumenta cuando las condiciones ambientales son favorables. Así, observando, en el presente, una buena distribución de clases edad-tamaño dentro de una población, se hace patente que hubo, en el pasado, períodos de condiciones óptimas para el reclutamiento (Jordan & Nobel, 1981).

Estos patrones en la dinámica de una población han sido bien estudiados para varias especies de ambientes desérticos (Goldberg and Turner, 1986) donde se incluyen varios estudios con cactáceas del suroeste de los Estados Unidos y México (Jordan & Nobel, 1981; Steenbergh and Lowe, 1983; Parker, 1987; Parker, 1989).

Finalmente, los estudios de estructura poblacional y reproducción indican que existe un tamaño (probablemente una edad) en la cual los individuos se vuelven reproductivamente activos. Así, tenemos que una población se divide prácticamente en dos tipos de individuos: los juveniles, que carecen de reproducción sexual y los adultos, que si la tienen. Estos últimos pueden subdividirse en adultos pequeños, adultos grandes e individuos seniles (Schmalzel et al , 1995). Además, estos estudios concuerdan en que existe una reproducción diferencial de flores y frutos, producto de la heterogeneidad del hábitat y madurez sexual de los individuos de la especie.

III. METODOS.

3.1. Caracterización del área de estudio.

El estudio fue desarrollado en poblaciones silvestres de *Ferocactus viridescens* var *viridescens* ubicadas a lo largo del corredor turístico Tijuana-Ensenada. El muestreo se realizó de mayo de 1994 a abril de 1996 en dos parches, uno localizado en el Sitio 1 en el kilómetro 97.5 de la carretera Tijuana-Ensenada y otro en el Sitio 2 (kilómetro 105).

3.1.1. Sitio 1.

El sitio 1 (31° 52' 46.8" N, 116° 40' 32.4" W) (Fig. 1) se conoce como estación de Microondas Trinidad. Este sitio está formado por una serie de lomeríos y presenta un suelo somero con un perfil de 80 cm, con textura migajón arcillo arenoso con afloraciones rocosas. Su altitud es de 80 msn.

El tipo de vegetación que se desarrolla en este sitio es el denominado matorral costero. Para esta localidad, las especies perennes más conspicuas son: *Dudleya attenuata*, *Dudleya lanceolata*, *Bergerocactus emoryi*, *Mammillaria dioica*, *Opuntia littoralis*, *O. acanthocarpa*, como representantes de especies suculentas; *Euphorbia misera* como la única especie semisuculenta y como especies arbustivas tenemos a *Simmondsia chinensis*, *Malosma laurina*, *Rhus integrifolia*, *Ambrosia chenopodifolia*, *Artemisia californica*, *Encelia californica*, *Eriogonum fasciculatum* y *Haplopappus berberedis*. Las especies dominantes son: *A. chenopodifolia*, *E. misera* y *Eriogonum fasciculatum*.

3.1.2. Sitio 2.

El sitio 2 (31° 55' 13.8" N, 116° 44' 40.8" W) (Fig.1) se conoce como Altos de San Miguel. Esta localidad es una meseta y termina en acantilados, el suelo es

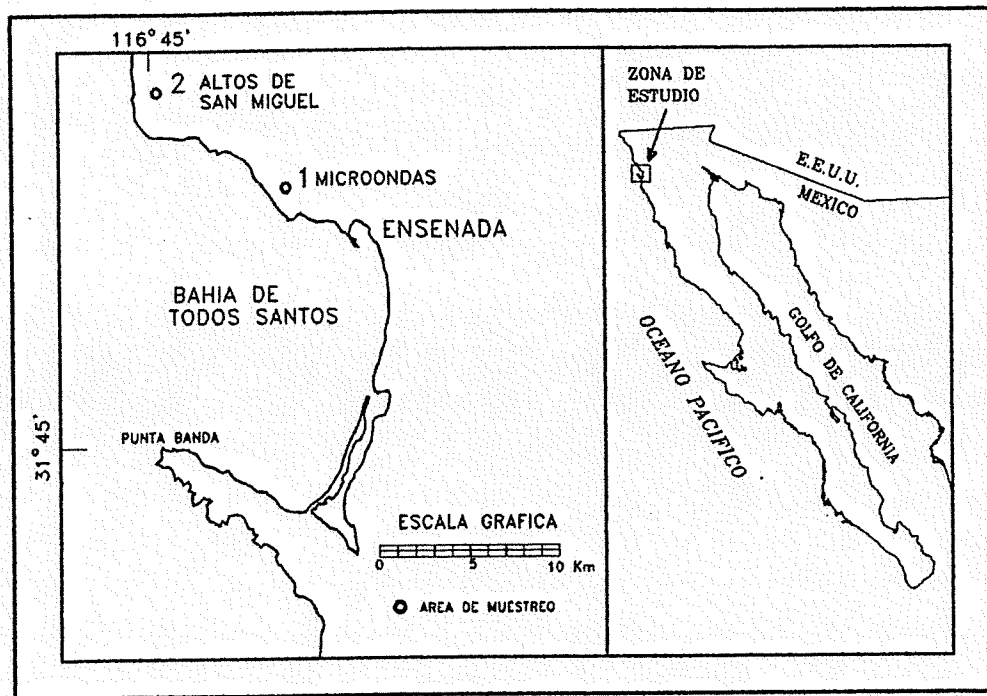


Fig. 1 Ubicación de la Zona de Estudio

migajón arcilloso y también, presenta afloraciones rocosas. Su altura sobre el nivel del mar es de 100 metros.

Aunque en este sitio se presenta el mismo tipo de vegetación que en el Sitio 1, existe una presencia más abundante de *Malosma laurina*.

En este lugar, la vegetación sufre un fuerte impacto antropogénico. La compactación del terreno por apisonamiento, así como la herbivoría son los principales efectos del pastoreo por caballos en la zona. En el área cercana a los acantilados este impacto no es tan intenso.

Otro efecto que influye en el deterioro de la vegetación son los incendios periódicos que sufre esta localidad en la temporada de verano. Después de un incendio, casi todas las plantas pueden quedar totalmente calcinadas. La excepción se presenta en pequeñas "islas" de vegetación que se encuentran protegidas por rocas que funcionan a manera de barrera. También, la zona cercana a los acantilados es un área donde el fuego no hace tantos estragos.

Las especies más notorias son *Dudleya attenuata*, *Dudleya lanceolata*, *Bergerocactus emoryii*, *Mammillaria dioca*, *Opuntia litoralis*, *O. acanthocarpa*, *Euphorbia misera*, *Simmondsia chinensis*, *Malosma laurina*, *Rhus integrifolia*, *Ambrosia chenopodifolia*, *Artemisia californica*, *Encelia californica*, *Eriogonum fasciculatum* y *Haplopappus berberedis*.

3.1.3. Clima.

El clima de los dos sitios de muestreo es el clasificado para la zona noroeste de la península de Baja California como mediterráneo. Así, se presenta un régimen de inviernos frescos con lluvias y veranos cálidos secos (rara vez existe precipitación en verano) (Gráfica 2; datos tomados de Miranda et al. 1991).

Como los sitios se presentan muy cercanos a la costa hay una influencia importante de la brisa marina, por lo que, una de las características locales de los sitios de muestreo es la frecuencia de neblina. El mes más frío y lluvioso es enero. No se presentan heladas en estas zonas. La temperatura media es de 14° C. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales no va más allá de los 7 y 14° C (Gráfica 3; datos tomados de Miranda et al., 1991). La precipitación promedio anual en Ensenada es de 262.7 mm (Comisión Nacional del agua, 1996) aunque hay registros extraordinarios; por ejemplo, de 677 mm en 1978.

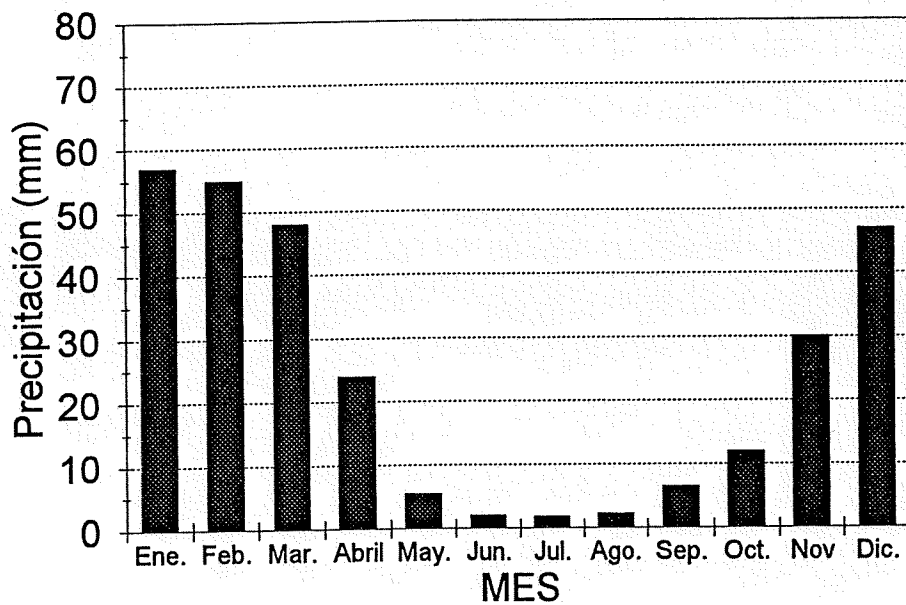
3.2. Forma de muestreo.

El principal criterio para la elección de los sitios de muestreo fue que existieran parches bien definidos de *Ferocactus viridescens* y que fueran de fácil acceso.

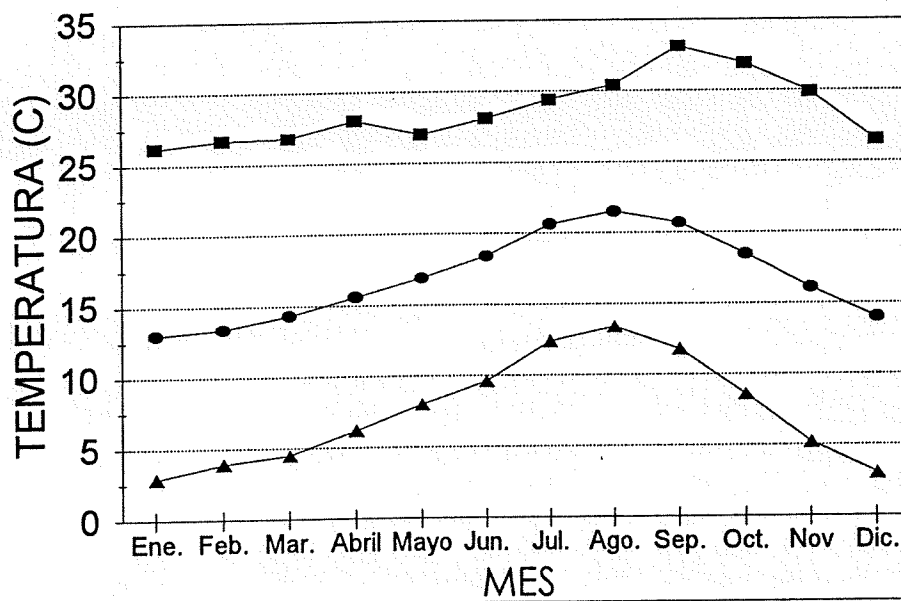
El muestreo, se realizó dentro de parches. Es decir, se excluyeron del muestreo aquellos individuos que se encontraban aislados.

3.2.1 Sitio 1.

En este sitio, se decidió muestrear un parche que se encontró en la parte superior de una colina. Este parche fue seleccionado porque se encontró en un área,



Gráfica 2. Distribución de la precipitación en Ensenada, B.C., México. Los datos corresponden a 94 años de registros. Datos proporcionados por Miranda et al. (1991) del Grupo de Meteorología de CICESE.



Gráfica 3. Distribución de la temperatura en Ensenada, B.C., México. Los datos mostrados son el promedio de los registros obtenidos en 69 años. Cuádro: T. max
Círculo: T. media. Triángulo: T. min. Datos tomados de Miranda et al. (1991); Grupo Meteorología CICESE.

aparentemente, poco perturbada por la acción humana (e.g. ganadería y caminos).

Para el muestreo, se utilizaron tres áreas de forma circular. Se decidió tomar esta forma porque se perturbaba, física y visualmente, menos el área de estudio. Es decir, no fue necesaria la delimitación permanentemente del área de muestreo. Y el número de estacas utilizadas para la creación de estas áreas fue 3 y no de 12, como hubiera sido si se hubiera decidido por áreas rectangulares.

Cada vez que se iba a muestrear se hacía la siguiente rutina, para poder ubicar rápidamente a los individuos: en la punta de la estaca que se encontraba en el centro del área de muestreo se colocaba, sujetado de un clavo, un cordón del tamaño del radio del área a muestrear; y caminando en círculo, alrededor de la estaca, con el cordón tensionado, se delimitaba ésta; así, no se perdía tiempo en tratar de averiguar si algún individuo, que hubiera perdido su etiqueta, pertenecía o no al área de muestreo.

Las áreas de muestreo se repartieron de la siguiente forma: un área circular de 10 metros de diámetro (78.54 m²), en la parte superior de la colina. Otra, también, de 10 metros de diámetro (78.54 m²) en la ladera sur-oeste y la tercera, de 20 metros de diámetro (314.16 m²) en la ladera sur-este. Las pendientes que presentan estas áreas de muestro son 6°, 23° y 25°, respectivamente.

La utilización de tres áreas de muestreo en el sitio 1 fue necesaria para evitar el efecto que pudiera tener la exposición de la ladera en el crecimiento vegetativo de los individuos de *Ferocactus viridescens* y en la producción y desarrollo de sus estructuras reproductivas.

3.2.2. Sitio 2.

Este sitio, se encuentra con indicios de perturbación debido al intenso pastoreo, principalmente por caballos y por el efecto de incendios. Así, aunque las plantas de *Ferocactus viridescens* se encuentran distribuidas en toda el área de la meseta; su distribución es tan dispersa que la toma de datos hubiera sido muy tediosa porque se tendría que invertir bastante tiempo en la búsqueda de los

individuos. Además, a través del apisonamiento, el ganado daña a las plantas frecuentemente (obs. personal).

Aunque existen parches de *Ferocactus viridescens* en toda la meseta, los parches más definidos y menos perturbados se encuentran restringidos prácticamente al borde de ésta y sobre las paredes del acantilado, donde los efectos del ganado no son tan marcados. Es por esto, que la toma de datos se realizó en un parche que se encuentra al borde de la meseta y en los primeros centímetros del acantilado.

El parche quedó totalmente enmarcado por un transecto en banda de 2.5 por 50 metros (125 m²). De esta forma, en este sitio tampoco fue necesario perturbar visual y físicamente delimitando artificialmente (e.g. estacas y alambre) el área de muestreo; puesto que, ya estaba naturalmente delimitada. Aunque eran pocos, algunos individuos muestreados estaban sobre el acantilado; siendo aquellos que se encontraron al alcance desde el borde de la meseta.

3.3. Toma de datos y observaciones.

3.3.1. Dimensiones de los individuos.

El término **individuo** usado en este trabajo se refiere a plantas que pudieran ser o no genéticamente diferentes. Algunas estaban tan juntas que, probablemente, pudieron estar conectadas entre sí por medio de la raíz. Sin embargo, no se consideró la diferencia entre genet y ramet.

Una vez delimitada el área de muestreo, todos los individuos, que se encontraban dentro, fueron marcados con etiquetas de aluminio. Estas marcas fueron clavadas en el suelo lo más cercano posible a cada planta. A su vez, fueron mapeados para ahorrar tiempo en su búsqueda sí, por algún motivo, la etiqueta desapareciera.

Con la ayuda de una cinta métrica metálica, se midió la altura y el diámetro basal de cada planta. Ambos parámetros, fueron medidos una sola vez para cada individuo. En 1994 se midieron 146 individuos, 99 en el Sitio 1 y 47 en el Sitio 2. En 1995, se añadieron 75 individuos más en el sitio 1.

La altura de la planta fue tomada haciendo coincidir una regla colocada a nivel del ápice del tallo y paralela al suelo, con una cinta métrica colocada perpendicular al suelo. Las espigas de la planta no se tomaron en cuenta en la medición de la altura del tallo. El diámetro se midió colocando la cinta métrica en la parte apical del tallo y visualmente se tomaba la medición del diámetro de la parte basal de la planta.

Se registró, también, las especies que presentaron individuos que se hallaban directamente por arriba de *Ferocactus viridescens* o que estaban en contacto físico con él.

3.3.2. Actividad reproductiva.

Los datos y las observaciones fueron tomados durante diferentes tiempos dentro del período comprendido del 31 mayo de 1994 a junio de 1996.

Así, para el Sitio 1, la toma de datos y observaciones fueron del 15 de mayo al 28 de agosto de 1994, del 5 de mayo al 20 de agosto de 1995 y del 18 de marzo al 10 junio de 1996.

Para el Sitio 2, los registros se tomaron del 17 de mayo al 28 de agosto de 1994. En 1995, no se realizaron muestreos debido a que un incendio forestal influyó en la pérdida de individuos y en el desarrollo normal de la reproducción sexual de *Ferocactus viridescens*. Sin embargo, cabe señalar que, a pesar de este disturbio, algunas plantas mostraron actividad reproductiva el 26 de junio de ese año.

A cada uno de los individuos a muestrear (n=221) se les cuantificó, a intervalos de 15 a 30 días, el número de botones, flores y frutos. Esto, para poder

hacer un seguimiento en el tiempo del comportamiento numérico de estas estructuras florales.

En el estudio se identificaron las siguientes estructuras reproductivas: botón, flor y fruto.

Se consideró como botón a aquella estructura reproductiva que aparece en el ápice del tallo desde que es una minúscula protuberancia de color rojizo hasta que se desarrolla como un botón a punto de abrirse y ser flor. A su vez, la flor fue considerada como tal cuando ésta se encontraba totalmente abierta (i.e. antesis). La estructura floral que permanecía en la planta una vez después de cerrada la flor se consideró fruto.

Por otro lado, el monitoreo de botones fue necesario para conocer el número de días promedio que tarda un botón en convertirse en flor.

Para conocer la vida media de una flor, en 1996, se utilizaron especímenes de *Ferocactus viridescens* que se encontraban plantados en la Universidad Autónoma de Baja California. Se monitorearon diariamente, durante 10 días, los botones que estaban a punto de abrir en flor y las flores (n=26) de 7 individuos. Las flores y los botones fueron marcados con la ayuda de hilos metálicos, amarrados a una espina de la misma costilla donde se encontraban estas estructuras florales.

3.3.2.1. Eficiencia reproductiva.

El concepto de eficiencia reproductiva (porcentaje de prendimiento) de un individuo es la proporción de frutos viables que produjo en un año un individuo dividido entre el número de botones que presentó dicho individuo en ese año. Esta proporción se obtuvo para todos los individuos en cada intervalo de clase. Los valores fueron calculados para los años 1994 (Sitio 1 y 2) y 1995 (Sitio 1). En el año 1996 el período de observación acabó antes de concluir la producción de frutos.

Las observaciones *in situ* indican que la formación de un fruto comienza inmediatamente después de que los pétalos de la flor se han cerrado. Se

consideraron dos tipos de fruto. El *fruto inicial* que es aquella estructura reproductiva que se encuentra inmediatamente después de que se ha cerrado la flor; y el *fruto viable* o maduro, generalmente de color amarillo, que tiene las semillas bien formadas y de color negro.

Se recolectaron frutos dentro del área de muestreo para estimar el número de semillas por fruto. Sólo se colectó un fruto por individuo, cuando éste presentaba más de cuatro frutos. Para el conteo de las semillas sólo se contaron las semillas de 3 frutos y éstas se pesaron con ayuda de una balanza analítica. Posteriormente, se pesaron las semillas de los frutos restantes y se calculó el número de semillas por fruto.

3.3.2.2. Ensayos de germinación.

Para averiguar el porcentaje de germinación que existe, después de un tiempo de almacenamiento (dos años), se hicieron germinar las semillas de 16 frutos maduros.

Para evitar la contaminación por hongos principalmente, las semillas fueron desinfectadas con lavados de cloro al 20 % y con tres enjuagues de agua estéril, se secaron y fueron almacenadas en obscuridad durante dos años.

Para la prueba de germinación se utilizaron cajas de petri y papel servilleta mojado. En cada caja de petri se colocaron 50 semillas de un mismo fruto. La temperatura de germinación fue de 25° C con un fotoperíodo de 16 hrs luz y 8 de obscuridad. Cada caja fue marcada para identificar la planta de donde proviene la semilla.

3.4. Manejo y análisis de datos.

Para determinar la existencia de una relación alométrica entre la altura y el diámetro de la planta, se utilizó una correlación. Para esto, se consideraron a todos los individuos del estudio; es decir, a las plantas de ambos sitios (n=221). Se tomaron en cuenta a todos los individuos porque así toda la variabilidad que pueda existir entre ellos queda incluida en la prueba.

Se crearon clases de tamaño para poder describir la estructura de la población, así como para poder observar patrones de comportamiento por categoría de tamaño.

Para analizar la relación entre el número de estructuras reproductivas (botones, flores, frutos y frutos viables, cada uno por separado) y el tamaño (i.e. altura) se utilizaron regresiones lineales. Esto fue hecho para cada sitio y para cada año. La igualdad de los coeficientes (pendiente e intercepto) de las regresiones halladas para 1994 fueron puestas a prueba con el estadístico t (Zar, 1984, pag. 292-297).

Para identificar la existencia o no de diferencias entre los sitios se comparó: 1) la proporción de individuos reproductivos y no reproductivos y 2) la proporción de botones que no llegan a ser frutos viables y los que llegan a ser frutos viables mediante pruebas de X^2 utilizando el estadístico G (Sokal & Rohlf, 1981, 2nda, pag. 736).

A fin de comparar el comportamiento relacionado a la reproducción entre los años 1994 y 1995 del Sitio 1 se compararon, utilizando la prueba de X^2 con el estadístico G , la proporción del total de cada año de las estructuras reproductivas que llegan a fruto viable y la proporción que no llegan a ser fruto viable. Además, mediante una prueba de t , se comparó el número promedio de frutos viables producido en cada uno de los dos años. En la prueba de t se consideraron los individuos que manifestaron reproducción sexual en, al menos, alguno de los dos años.

También, para analizar el comportamiento relacionado a la reproducción entre los años 1994 y 1995 de un mismo individuo, se utilizaron regresiones lineales entre la producción de estructuras florales (botones, flores, frutos y frutos viables; cada uno por separado) de 1994 vs la producción de estas estructuras en 1995.

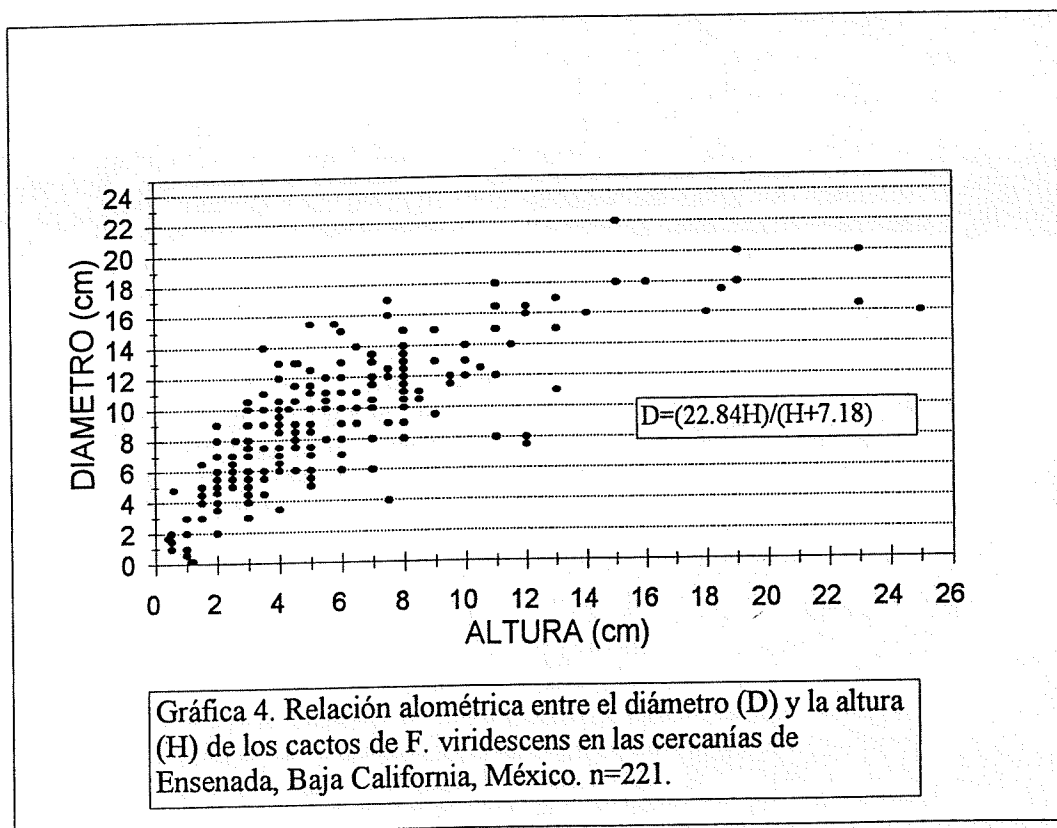
Finalmente para analizar si la producción de semillas por fruto esta relacionada al tamaño de individuo, se utilizó una regresión lineal entre número de semillas vs altura de la planta.

IV. RESULTADOS.

4.1. Relación altura vs diámetro.

Considerando a todos los individuos de los dos sitios (n=221), la relación alométrica entre la altura y el diámetro en *Ferocactus viridescens* se muestra en la gráfica 4. Se puede apreciar que, en los tamaños menores la relación es lineal: conforme se incrementa la altura el diámetro también aumenta. En cambio, a partir de cierta dimensión (H= 12 cm. y D= 16 cm.), el diámetro aparentemente no aumenta sino que se mantiene más o menos constante, mientras que el crecimiento en altura continua.

Dado que la curva relación entre las dimensiones cambia con el tamaño de los individuos, fue necesario utilizar un modelo no lineal, para describir la relación



existente entre la altura y el diámetro de la planta de *Ferocactus viridescens*. La función que se ajustó a la curva es una modificación del modelo empírico sugerido por Kira en 1978 (En: Bongers et al, 1988).

De esta manera, la ecuación que mejor explica la relación entre la altura y el diámetro de la planta es: $\text{Diámetro} = (22.86 \cdot H) / (H + 7.18)$. Donde, el valor 22.86 corresponde al diámetro máximo estimado y 7.18 es la constante ($r = .97$, r corregida = .83, $p < .001$).

Dado que el diámetro no sigue el cambio de tamaño en los individuos más grandes, esta dimensión no fue utilizada para describir la estructura de la población.

4.2. Estructura vertical.

La distribución de altura, del Sitio 1, se muestra en la Gráfica 5a. La clase de altura con mayor cantidad individuos es la de 3 a 5.9 centímetros y representa un 42.53 % del total de plantas presentes en este sitio. La clase que sigue en abundancia es la de 0-2.9 cm. de altura.

El número de clases de altura presentes en el Sitio 1 es de 5. La altura media de los individuos es de 4.79 cm y la máxima alcanzada por alguno es de 13 cm (Tabla 1). Muy pocas plantas presentaron una altura superior a los 12 cm. La moda es de 3 cm.

En el Sitio 2 la clase de tamaño que presenta mayor cantidad de individuos es la clase 3 (6-8.9cm). El 29.79 % del total de los individuos del cuadrante corresponde a esta clase. Después de esta, la clase 2 (3-5.9 cm) es la que presenta mayor densidad de plantas.

Por otro lado, los individuos pequeños se encuentran casi ausentes en el Sitio 2. Menos del 5 % de las plantas del cuadrante son menores de 2.9 cm de altura (Gráfica 5b, Tabla 1).

El Sitio 2 tiene dos clases de altura más que las presentes en el Sitio 1. Así, esta localidad, tiene un total de 7 clases de altura. Aquí, se presentan individuos con

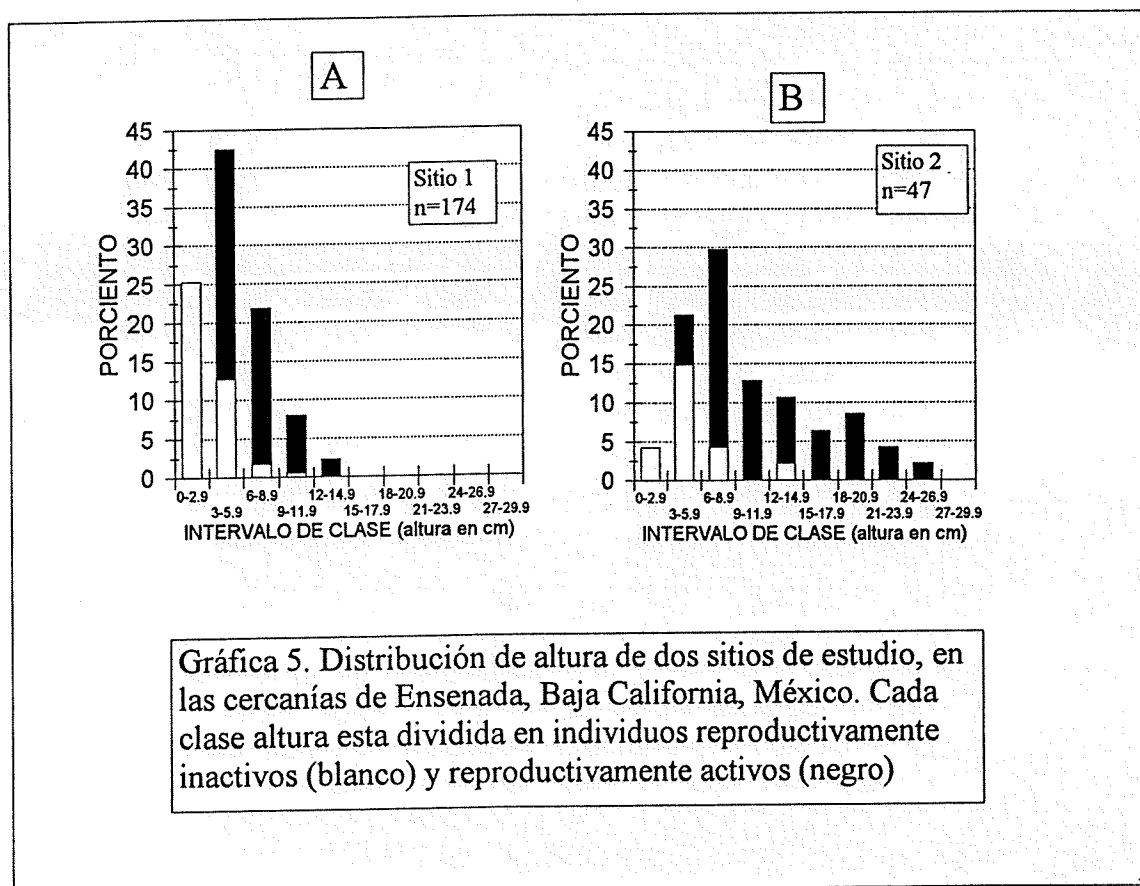
SITIO 1						
CLASE de ALTURA	TOTAL de INDIV.	INDIV. NO REP.	Porcentaje Indiv. No Reproductivos del total de la muestra	INDIV. REP.	Porcentaje Individuos Reproductivos del total de la muestra	PORCENTAJE DE INDIVIDUOS REPRODUCTIVOS DEL TOTAL DE LA CLASE
0-2.9	44	44	25.29	0	0	0
3-5.9	74	22	12.64	52	29.89	70.27
6-8.9	38	3	1.72	35	20.11	92.11
9-11.9	14	1	0.57	13	7.47	92.86
12-14.5	4	0	0	4	2.30	100.00
15-17.9	-	-	-	-	-	-
18-20.9	-	-	-	-	-	-
21-23.9	-	-	-	-	-	-
24-26.9	-	-	-	-	-	-
27-29.9	-	-	-	-	-	-
TOTAL	174	70	40.23	104	59.77	
SITIO 2						
CLASE de ALTURA	TOTAL de INDIV.	INDIV. NO REP.	Porcentaje Indiv. No Reproductivos del total de la muestra	INDIV. REP.	Porcentaje Individuos Reproductivos del total de la muestra	PORCENTAJE DE INDIVIDUOS REPRODUCTIVOS DEL TOTAL DE LA CLASE
0-2.9	2	2	4.26	0	0	0
3-5.9	10	7	14.89	3	6.38	30.00
6-8.9	14	2	4.26	12	25.53	85.71
9-11.9	6	0	0	6	12.77	100.00
12-14.5	5	1	2.13	4	8.51	80.00
15-17.5	3	0	0	3	6.38	100.00
18-20.9	4	0	0	4	8.51	100.00
21-23.9	2	0	0	2	4.25	100.00
24-26.9	1	0	0	1	2.13	100.00
27-29.9	-	-	-	-	-	-
	47	12	25.53	35	74.47	
TABLA 1. ESTRUCTURA DE ALTURA Y ACTIVIDAD REPRODUCTIVA POR CLASE EN <i>Ferocactus viridescens</i>.						

alturas mayores a los 18 centímetros; siendo, 25 cm la altura máxima alcanzada por alguna planta. La altura media es de 9.94 cm y la moda es de 8 cm de altura (Tabla 2).

En ambos sitios, la distribución de las alturas no sigue una curva de tipo J invertida (i.e. curva exponencial negativa), característica de una población teóricamente estable, con una mayor representatividad de individuos pequeños.

4.3. Actividad Reproductiva.

En la gráfica 5, el conjunto de individuos está dividido en no reproductivos y reproductivos. Un individuo es reproductivo sexualmente cuando, al menos, en alguno de los años presentó una estructura reproductiva.



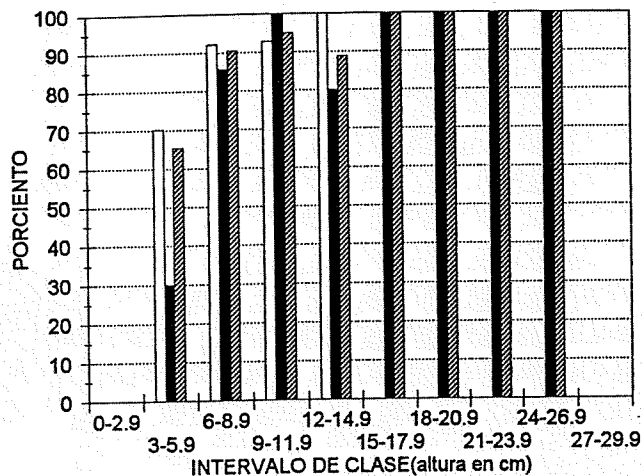
SITIO 1

	ALTURA	DIAMETRO	NUM. DE BOTONES 1994	NUM. DE FRUTOS VIABLES 1994	EFICIENCIA REPRODUCTIVA 1994	NUM. DE BOTONES 1995	NUM. DE FRUTOS VIABLES 1995	EFICIENCIA REPRODUCTIVA 1995
MEDIA	4.79	8.7	5.45	3.25	63.78	5.36	3.73	68.91
D. EST.	2.86	3.95	3.18	2.42	34.82	2.89	2.68	32.58
VAR	8.22	15.364	10.16	5.86	1212.48	8.37	7.19	1061.71
MODA	3	9	4	1	100	5	2	100
MEDIANA	4	9	5	3	71.42	5	3	75.96
RANGO	12.6	17.8	13	11	100	12	11	100
MINIMO	0.4	0.02	1	0	0	1	0	0
MAXIMO	13	18	14	11	100	13	11	100
c.v.	59.79	45.7	58.34	75.38	54.59	53.91	71.84	47.27
E.EST.	0.22	0.3	0.24	0.18	2.64	0.22	0.2	2.47

SITIO 2

	ALTURA	DIAMETRO	NUM. DE BOTONES 1994	NUM. DE FRUTOS VIABLES 1994	EFICIENCIA REPRODUCTIVA 1994
MEDIA	9.94	11.35	8.31	6.03	71.56
D. EST.	5.88	5.25	5.31	4.71	31.82
VAR	34.67	27.62	28.22	22.22	989.58
MODA	8	8	5	1	100
MEDIANA	8	11	6.5	5	83.33
RANGO	23	20	23	17	100
MINIMO	2	2	1	0	0
MAXIMO	25	22	24	17	100
c.v.	59.15	46.25	63.81	78.1	44.46
E.EST.	0.87	0.77	0.78	0.69	4.69

TABLA 2. CARACTERISTICAS PROMEDIO DE INDIVIDUOS DE *F. viridescens*
 Para los valores de botones , frutos y eficiencia reproductiva sólo se tomaron en cuenta los individuos sexualmente activos
 La columna de eficiencia reproductiva se refiere a la proporción del total de frutos viables entre el número total de botones



Gráfica 6. Individuos de *F. viridescens* que presentan estructuras reproductivas en cada clase. La barra blanca corresponde al Sitio 1 (n=174), la negra al Sitio 2 (n=47) y la rayada a la combinación de ambos.

La proporción de individuos que presentaron estructuras reproductivas, en el año 1994, fue de 59.77 % para el Sitio 1 y de un 74.47 % para el Sitio 2 (Tabla 1). Utilizando la prueba de G, se encontró que esta diferencia no es significativa ($G=1.76$, $gl=1$, $.5 > p > .1$); por lo que, el número de individuos reproductivos, con respecto a los no reproductivos, fue independiente del sitio.

En ambos sitios, los individuos más pequeños que presentaron alguna actividad sexual pertenecieron al segundo intervalo de clase (3-5.9 cm) (Tabla 1, Gráficas 5 y 6). Sin embargo, en el Sitio 1 el 70.27 % de los individuos de dicha clase fueron los que presentaron estructuras reproductivas, mientras que en el Sitio 2 solo el 30 % de los individuos de la misma clase lo hicieron.

En la definición del tamaño mínimo que debe alcanzar un individuo promedio para ser sexualmente activo, se consideró la menor clase de tamaño, en la cual más del 50 % de los individuos presentaron alguna estructura reproductiva. Así, en el Sitio 1, la reproducción sexual de los individuos comienza en la clase de 3 a 5.9

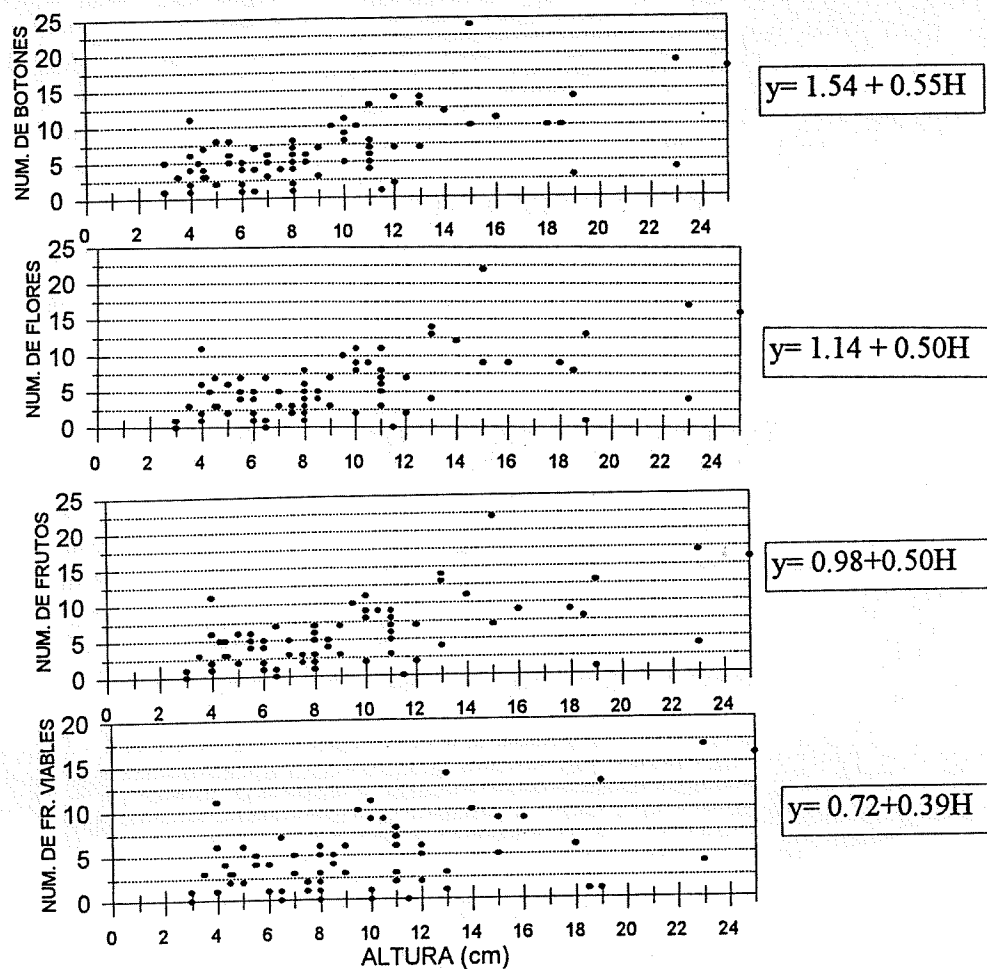
centímetros de altura, mientras que en el Sitio 2 la menor clase con características reproductivas es una clase de mayor tamaño (6-8.9 cm).

La proporción de individuos, del total de cada intervalo de clase, que presentan alguna estructura reproductiva, ya sea botón, flor o fruto, aumentó conforme las clases eran de mayor altura. Así, en las clases superiores (más de 9 cm de altura) casi el 100% de los individuos fueron sexualmente activos (Gráfica 6, Tabla 1). Las excepciones se encuentran en el intervalo de clase 9-11.9 cm, en el Sitio 1 y en el intervalo de clase 12-14.9, en Sitio 2, donde un individuo del total que presentan estas clases no tuvo estructuras reproductivas.

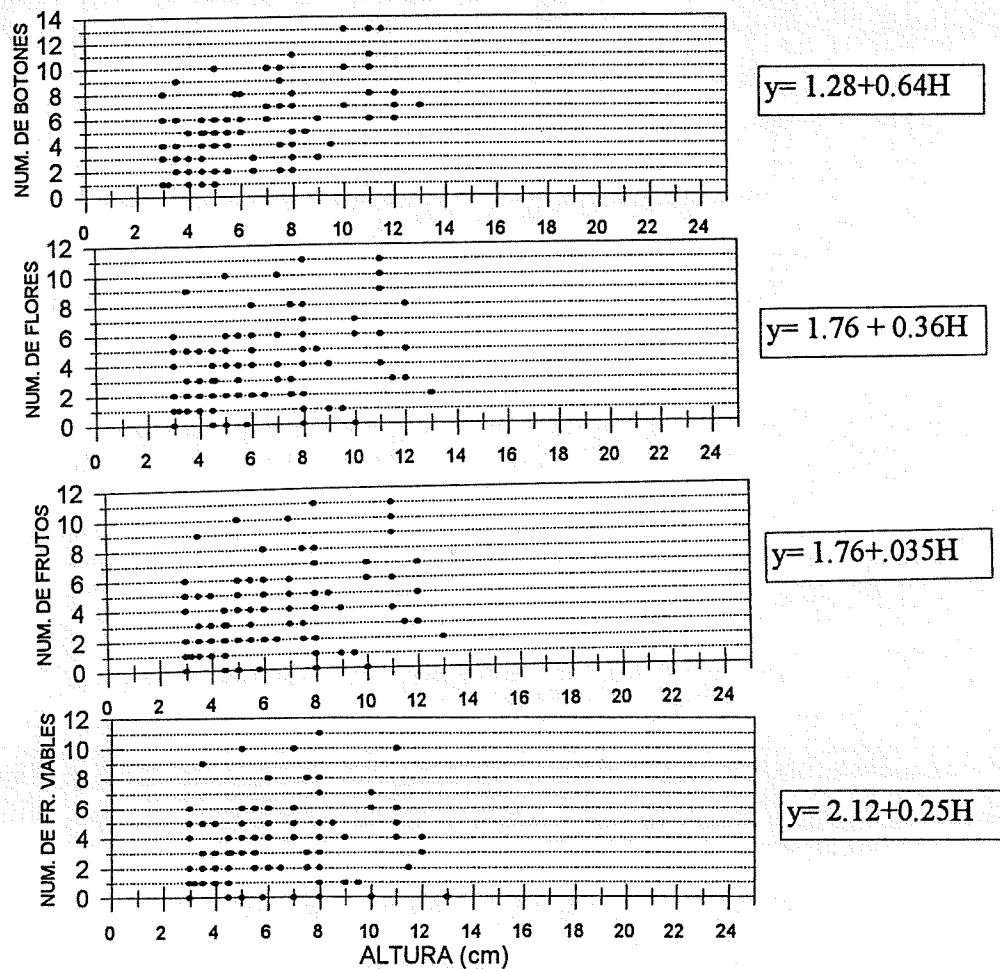
4.4. Eficiencia reproductiva.

La relación entre el número de estructuras reproductivas (botones, flores, frutos y frutos viables, cada una por separado) y la altura de la planta se muestra en las gráficas 7 y 8 (datos en Tabla 3), para el año 1994 y 1995, respectivamente. Los coeficientes (intercepto y pendiente) de las regresiones de los sitios 1 y 2, para el año 1994, no son significativamente diferentes (pruebas de t, $p > .1$) por lo que se presenta una sola regresión a partir de los datos combinados de ambos sitios (Gráfica 7).

Los coeficientes de correlación hallados van de 0.59 (altura vs botones en 1994) a 0.25 (altura vs frutos viables en 1995), siendo los valores menores los que involucran a los frutos viables (Tabla 3). Los análisis de regresión fueron positivos y significativos en todos los casos. Es decir, conforme los individuos fueron de mayor altura, mayor fue el número de estructuras reproductivas que presentaron. Sin embargo, el tamaño (i.e. altura) sólo explicó de un 6 a un 35 % de la variación en la cantidad de estructuras reproductivas de los individuos. Nuevamente, fue en el caso de los frutos viables donde la variación debida a un factor diferente de la altura fue mayor (76 a 94%). Estos patrones fueron comunes a ambos sitios y en ambos años de observación (1994 y 1995) y se observan claramente en las gráficas 9 y 10 (datos en la tabla 4).

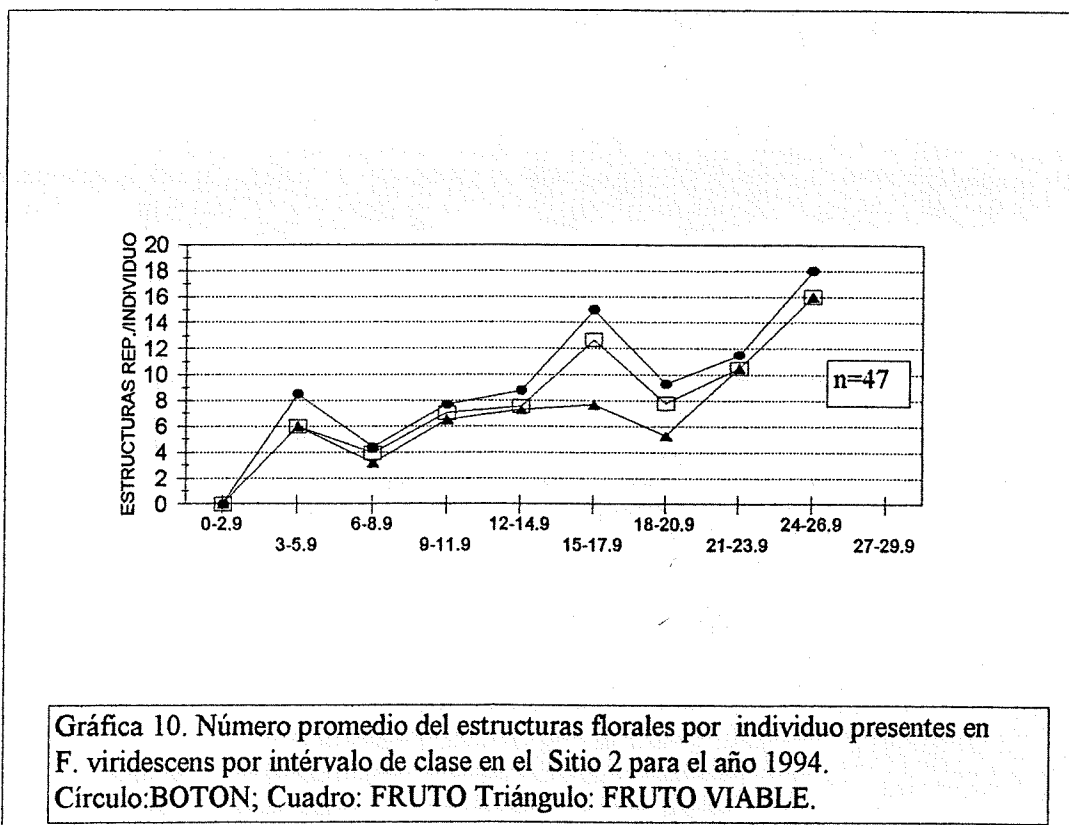
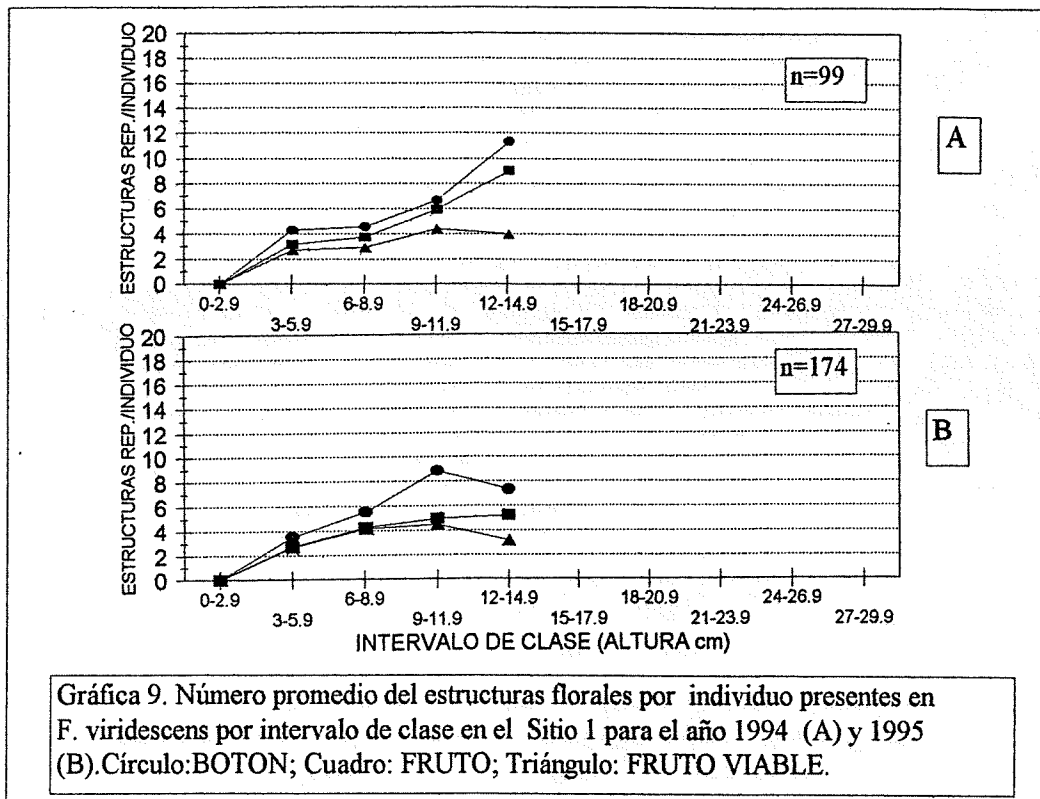


Gráfica 7. Correspondencia entre el número de estructuras florales y la altura. Aquí, se encuentran incluidos sólo los individuos de las clases reproductivas ($H > 3$ cm) de los dos sitios de muestreo, $n=78$. Datos obtenidos en 1994.



Gráfica 8. Correspondencia entre el número de estructuras florales y la altura. Aquí se encuentran incluidas solamente los individuos de las clases reproductivas ($H > 3$ cm) del Sitio 1., $n=97$. Datos obtenidos en 1995.

1994	1995
Altura vs Botones.	Altura vs Botones.
n= 78 r ² = 0.35 r = 0.59 p < 0.00001 gl = 1/76 F = 41.64 ee = 3.55	n= 97 r ² = 0.34 r = 0.58 p < 0.00001 gl = 1/95 F = 48.55 ee = 2.38
Altura vs flores	Altura vs flores
n= 78 r ² = 0.32 r = 0.56 p < 0.00001 gl = 1/76 F = 35.51 ee = 3.5	n= 97 r ² = 0.12 r = 0.34 p < 0.00065 gl = 1/95 F = 12.44 ee = 2.6
Altura vs Frutos.	Altura vs Frutos.
n= 78 r ² = 0.32 r = 0.57 p < 0.00001 gl = 1/76 F = 36.58 ee = 3.45	n= 97 r ² = 0.11 r = 0.34 p = 0.0079 gl = 1/95 F = 12.03 ee = 2.58
Altura vs Frutos viables	Altura vs Frutos viables
n= 78 r ² = 0.24 r = 0.49 p < 0.00001 gl = 1/76 F = 24.33 ee = 3.34	n= 97 r ² = 0.06 r = 0.25 p = 0.015 gl = 1/95 F = 6.18 ee = 2.62
TABLA 3. Valores obtenidos en el análisis de regresión de la altura y el número de estructuras florales. El error estándar (ee) es el de la estimación.	



SITIO 1 1994					SITIO 1 1995			
CLASE DE ALTURA	PROM. NUMERO BOTONES	PROM. FRUTOS TOTALES	PROM. FRUTOS VIABLES	PROPORCION FR. VIABLE BOTON	PROM. NUMERO BOTONES	PROM. FRUTOS TOTALES	PROM. FRUTOS VIABLES	PROPORCION FR. VIABLE BOTON
0-2.9	-	-	-	-	-	-	-	-
3-5.9	4.29	3.17	2.68	62.81	3.48	2.71	2.66	74.14
6-8.9	4.52	3.75	2.89	63.87	5.52	4.26	4.13	72.96
9-11.9	6.67	5.93	4.4	69.64	8.82	4.90	4.46	53.52
12-14.9	11.33	9.00	4.00	35.29	7.33	5.17	3.17	42.86
15-17.9	-	-	-	-	-	-	-	-
18-20.9	-	-	-	-	-	-	-	-
21-23.9	-	-	-	-	-	-	-	-
24-26.9	-	-	-	-	-	-	-	-
27-29.9	-	-	-	-	-	-	-	-
SITIO 2 1994								
CLASE DE ALTURA	PROM. NUMERO BOTONES	PROM. FRUTOS TOTALES	PROM. FRUTOS VIABLES	PROPORCION FR. VIABLE BOTON				
0-2.9	-	-	-	-				
3-5.9	8.50	6.00	6.00	100.00				
6-8.9	4.38	3.92	3.17	71.79				
9-11.9	7.66	7.00	6.50	81.14				
12-14.9	8.75	7.50	7.25	81.55				
15-17.9	15.00	12.67	7.67	56.44				
18-20.9	9.25	7.75	5.25	49.05				
21-23.9	11.50	10.50	10.50	94.74				
24-26.9	18.00	16.00	16.00	88.89				
27-29.9	-	-	-	-				

Tabla 4 Promedio de estructuras florales por individuo por clase de altura. La última columna corresponde a la relación del número de frutos viables entre el número de botones por 100

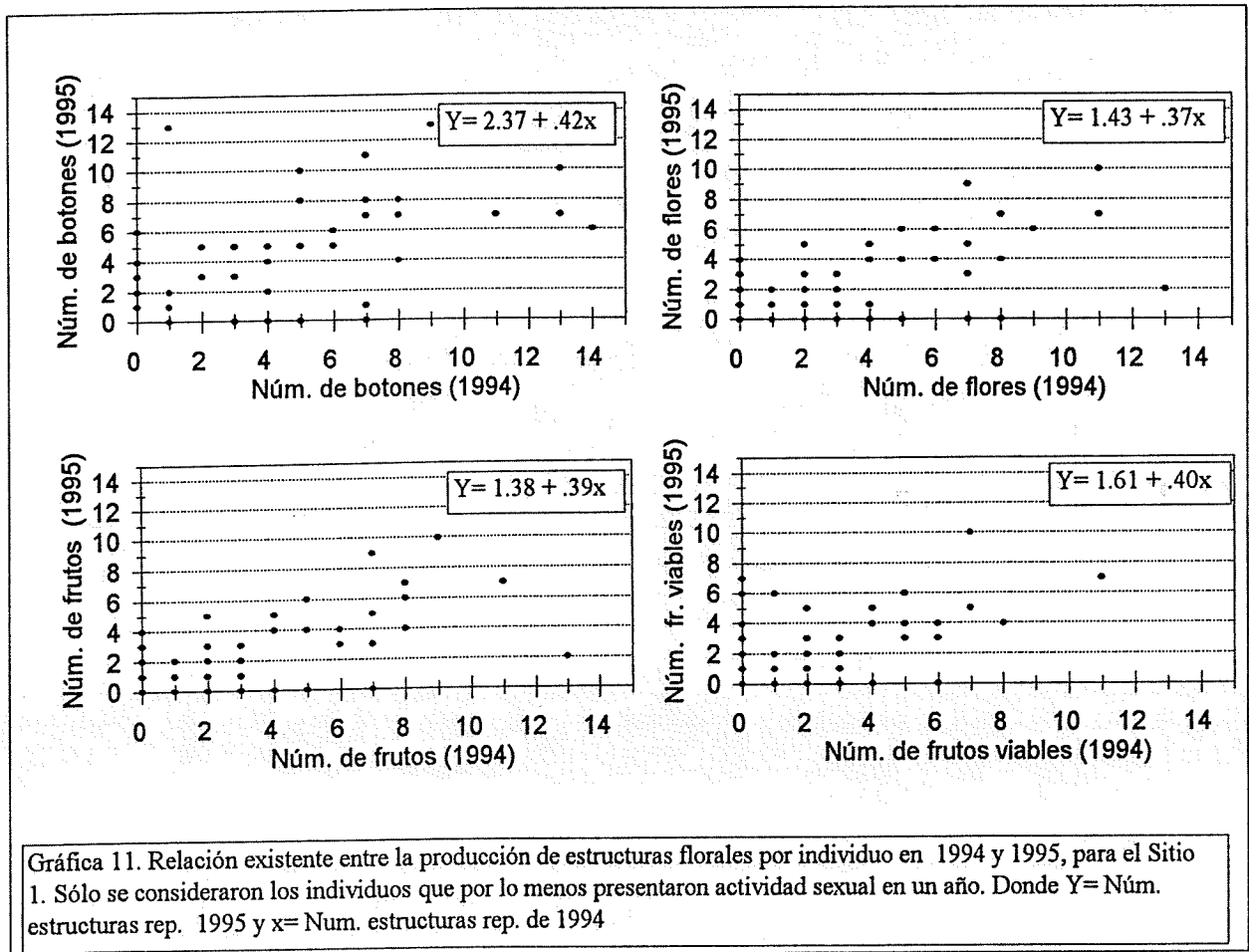
A su vez, no hubo diferencias significativas entre años ($t = .92$, $gl = 73$, $p > .2$) en cuanto a la producción promedio de estructuras reproductivas (e.g. frutos viables) por individuo, en el Sitio 1. En 1994, el promedio de frutos viables por individuo fue de 3.29 y en 1995 de 3.34. Por lo que, la producción de estructuras reproductivas fue independiente del año a considerar.

Por otro lado, a pesar de que el número de estructuras reproductivas por clase aumentó con el incremento en altura (Gráficas 9 y 10), la eficiencia reproductiva (proporción de botones que llegaron a ser frutos viables) no siguió la misma tendencia. La regresión lineal de eficiencia reproductiva vs tamaño (i.e. altura) fue no significativa ($p > .27$) para el año 1994 (Sitio 1 y Sitio 2). Así, la variación en la eficiencia reproductiva, en 1994, fue debida a otro factor diferente a la altura. Para 1995 (Sitio 1), la relación aunque significativa ($r^2 = .05$, $.030 > p > .025$, $gl = 1/95$, $F = 4.83$ y $e.est. = .31$) fue negativa ($r = -.22$); y además, sólo el 5% de la variación en la eficiencia reproductiva, mostrada en ese año, fue explicada por la altura.

A su vez, la proporción de botones que llegaron a ser frutos viables dependió del sitio a considerar. En 1994, la eficiencia reproductiva fue menor en el Sitio 1 que en el Sitio 2 ($G = 6.9$, $gl = 1$, $.01 > p > .005$). El porcentaje de botones que se desarrollaron como fruto viable fue de 58.37 % para el Sitio 1 y de 73.74 % para el Sitio 2. 3

La eficiencia reproductiva en el Sitio 1 no varió entre años ($G = .38$, $gl = 1$, $.9 > p > .5$). La proporción de botones que llegaron a ser frutos viables, en 1994, fue de 58.37 % y en 1995 de 62.33 %. Es decir, la eficiencia reproductiva, fue independiente del año a considerar.

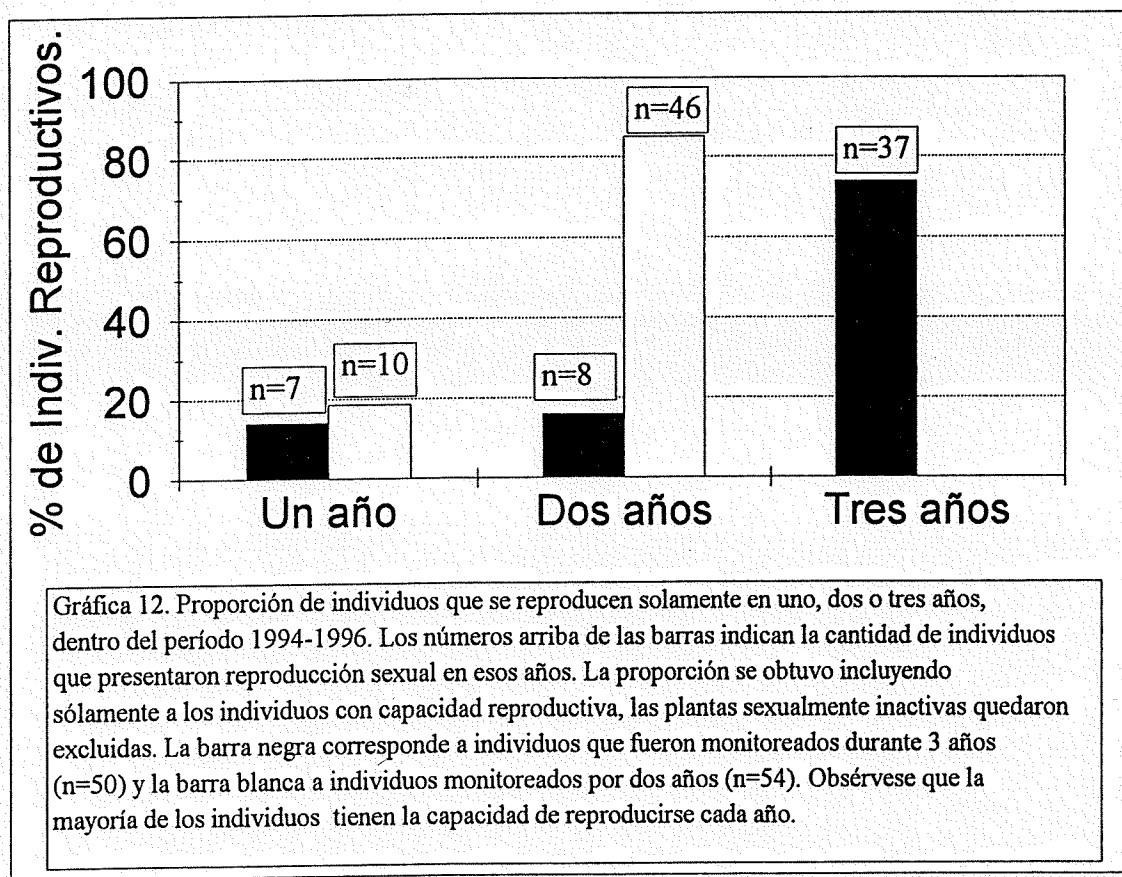
En la gráfica 11 se muestra la relación que existe entre la producción de estructuras florales que un individuo de *F. viridescens* produjo en 1995 con respecto a la cantidad que produjo en 1994. Las regresiones lineales para botones, flores, frutos y frutos viables (cada una por separado) fueron todas significativas y positivas (Tabla 5). Las estructuras que mostraron mayor constancia en número, de un año a otro, fueron las flores y los frutos, el coeficiente de correlación para ambos fue de .49. El número de botones y frutos viables tuvo una mayor variación entre los



Botones 1994 vs Botones 1995.
n= 51 r ² = 0.19 r = 0.44 p < 0.002 gl = 1/49 F = 11.13 ee = 0.74
Flores 1994 vs flores1995.
n= 51 r ² = 0.24 r = 0.49 p < 0.0003 gl = 1/49 F = 15.31 ee = 0.49
Frutos 1994 vs Frutos 1995.
n= 51 r ² = 0.24 r = 0.49 p < 0.0002 gl = 1/49 F = 15.73 ee = 0.49
Frutos viables 1994 vs Frutos viables 1995.
n= 51 r ² = 0.19 r = 0.44 p < 0.001 gl = 1/49 F = 11.45 ee = 0.44
Tabla 5. Valores obtenidos en el análisis de regresión entre la producción de estructuras florales por un individuo en 1994 y el mismo individuo en 1995. El error estándar (ee) es el de la estimación.

años ($r=.44$, para ambos). Sin embargo, la variación en la cantidad de estructuras florales producidas en 1995, por un individuo, sólo está explicada entre un 19 % (botones y frutos viables) y un 24 % (Flores y frutos) por la producción de ese mismo individuo en el año anterior.

Por otro lado, es interesante hacer notar que, el comportamiento reproductivo de *Ferocactus viredescens* indicó que un individuo que había alcanzado la talla mínima reproductiva de 3 cm de altura, tuvo la capacidad de reproducirse sexualmente año con año. En el Sitio 1, más del 75 % de los individuos que presentaron estructuras reproductivas en 1994 lo hicieron en 1995 y en 1996 (Gráfica 12).



4.4.1. Número y viabilidad de semillas.

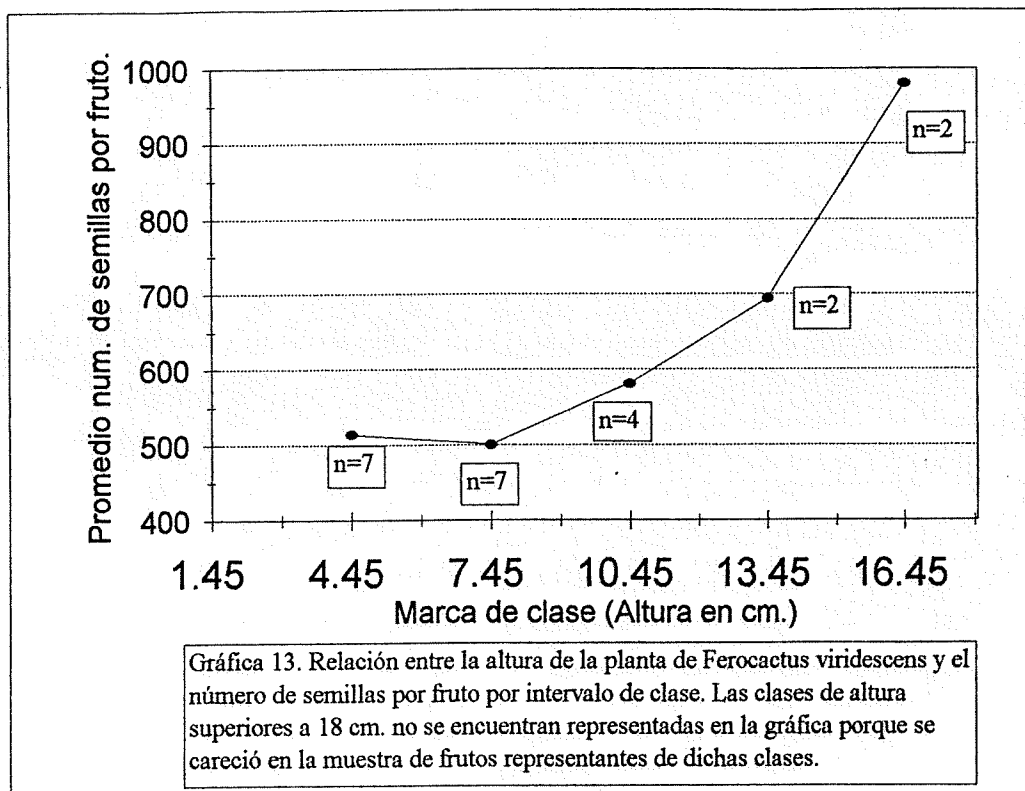
Si bien el tamaño de muestra en algunos intervalos de clase fue muy pequeño (e.g. Clase 15-17.9 cm), la regresión lineal entre el número de semillas por fruto y la altura de la planta fue positiva y significativa ($r^2 = .37$, $p = 0.0023$, $gl = 1/20$, $F = 12.19$, $e.std = 99.64$). Conforme el individuo fue de mayor tamaño (i.e. altura), la cantidad de semillas por fruto también fue mayor (Tabla 6, Gráfica13). Sin embargo, el incremento en el número de semillas por fruto sólo fue explicado en un 37 % por el incremento en altura. De esta manera, el cambio en el número de semillas por fruto estuvo relacionado a otro(s) factor(es) diferente(s) de la altura. La regresión lineal entre porcentaje de germinación y el tamaño (i.e. altura) de la planta fue no significativa. De esta manera, la viabilidad de las semillas, después de permanecer

INTERVALO DE CLASE	3-5.9 (cm)	6-8.9 (cm)	9-11.9 (cm)	12-14.96 (cm)	15-17.9 (cm)
n	7	7	4	2	2
MEDIA	514.18	500.79	581.81	694.58	980.93
D. EST.	133.48	170.61	114.81	142.91	219.73
VAR	17818	29108.3	13183.28	20423.9	48281
MEDIANA	530.91	432.17	580.63	694.58	980.93
RANGO	377.53	455.44	279.07	202.11	340.74
MINIMO	354.02	349.13	443.45	593.52	825.56
MAXIMO	731.54	804.57	722.53	795.65	1136.3
E.EST.	50.45	64.49	57.4	101.05	155.37

Tabla 6. CARACTERISTICAS DESCRIPTIVAS DEL NUMERO DE SEMILLAS POR FRUTO

DE *Ferocactus viridescens*.

En la muestra (n=22) no existían frutos provenientes de plantas mayores a 18 centímetros de altura, por lo que estas clases no se presentan en la tabla.



dos años almacenadas, fue independiente de la altura de la planta. Es por esto que no se presentan los datos de germinación de semillas por intervalo de clase, sino del total de semillas en conjunto.

Del total de semillas ($n = 950$) que se pusieron a germinar, sólo el 40.63 % (i.e. 386 semillas) germinaron entre los 10 y 15 días posteriores a su siembra. Después de los 15 días, no hubo más germinación. El valor máximo del porcentaje de germinación por fruto fue de 84 % y el mínimo de 0 %, la media fue de 40.88, la moda de 24 y el error estándar de .06.

4.5. Fenología.

El período destinado a la reproducción sexual de *Ferocactus viridescens* estuvo comprendido entre los últimos días del mes de marzo y finales agosto (Gráficas 14,15,16, 17. Observaciones personales, no cuantificadas, indicaron que los frutos se mantienen en los individuos hasta finales de noviembre. En el cuadro 1 se observan las diferentes etapas fenológicas de *Ferocactus viridescens*.

4.5.1. Observaciones en 1994.

Para el Sitio 1, el mayor porcentaje de individuos con botones fue observado de la segunda a la cuarta semana del mes de mayo (Gráfica 14a). Aunque el 15 de mayo, el 100 % de las plantas con capacidad reproductiva se encontraban con botón (Tabla 7), no se asegura que esa semana haya sido el período del pico máximo de plantas con botón; puesto que ése fue el primer día de observaciones y cabe la posibilidad que el 100 % de plantas con botón se haya alcanzado días o semanas antes.

En el Sitio 2, para el día 31 de mayo (primer día de observación), el 71.43 % de las plantas se encontraban con botón (Gráfica 17a Tabla 7b) y a partir de esta fecha la cantidad de plantas con botones comenzó a disminuir. Es decir, el pico máximo de plantas con botón había pasado.

Aunque los botones decrecen en cantidad después de la cuarta semana de mayo (Gráfica 14a y 17a), existe la posibilidad de aparición de nuevos botones después de esta semana. Sin embargo, observaciones personales indican que los botones tardíos tienen mayor probabilidad de ser abortados.

Con respecto a la floración, tenemos que desde el primer día de observación había flores en los individuos de *F. viridescens* (Gráfica 15a). Sin embargo, el porcentaje de plantas con flor era muy pequeño (Tabla 7a). Dado que la flor fue una estructura reproductiva efímera, si se compara con el tiempo de permanencia en la planta de un botón o fruto (ver al final de este inciso y el inciso 5.4.3), no fue posible encontrar en un solo día de observación, a más del 40 % de plantas con botón. De

SITIO 1 1994

FECHA	BOTON	FLOR	FRUTO
15 MAY	100.00	6.67	2.22
31 MAY	86.67	28.89	8.89
22 JUN	48.89	33.33	71.11
29 JUN	44.44	22.22	80.00
14 JUL	17.78	13.33	86.67
1 AGO	0	8.89	95.56
7 AGO	0	4.44	97.78
28 AGO	0	0	97.78

A

SITIO 2 1994

FECHA	BOTON	FLOR	FRUTO
31 MAY	71.43	28.57	17.14
7 JUN.	60.00	40.00	22.86
1 JUL.	42.86	14.29	68.57
7 AGO.	28.57	22.86	80.00
21 AGOS.	17.14	22.86	91.43
28 AGOS.	5.71	11.43	91.43

B

SITIO 1 1995

FECHA	BOTON	FLOR	FRUTO
5 MAY	92.86	12.24	22.45
17 MAY.	79.59	24.00	52.04
13 JUN	72.45	16.33	65.31
18 JUN	64.29	12.24	77.55
27 JUN	43.88	12.24	81.63
24 JUL	19.39	1.02	87.76
20 AGO	0	0	93.88

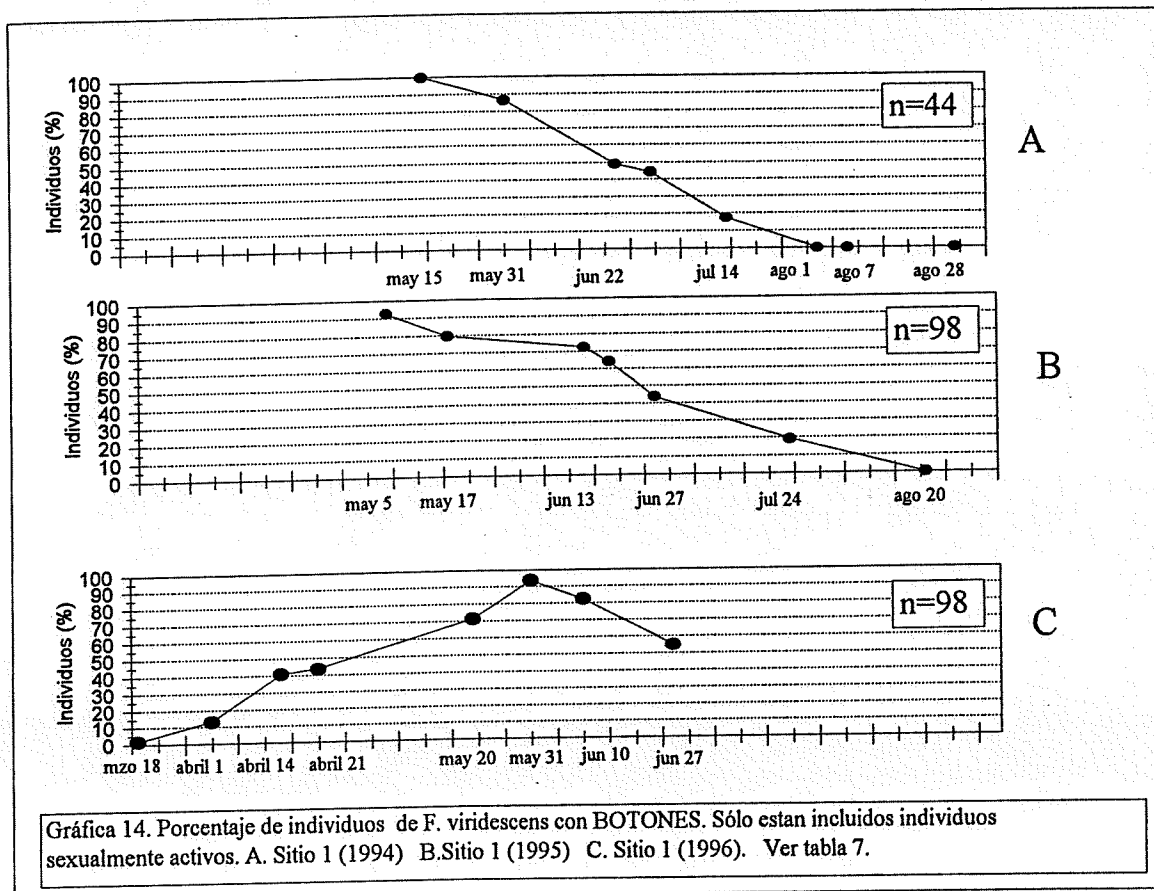
C

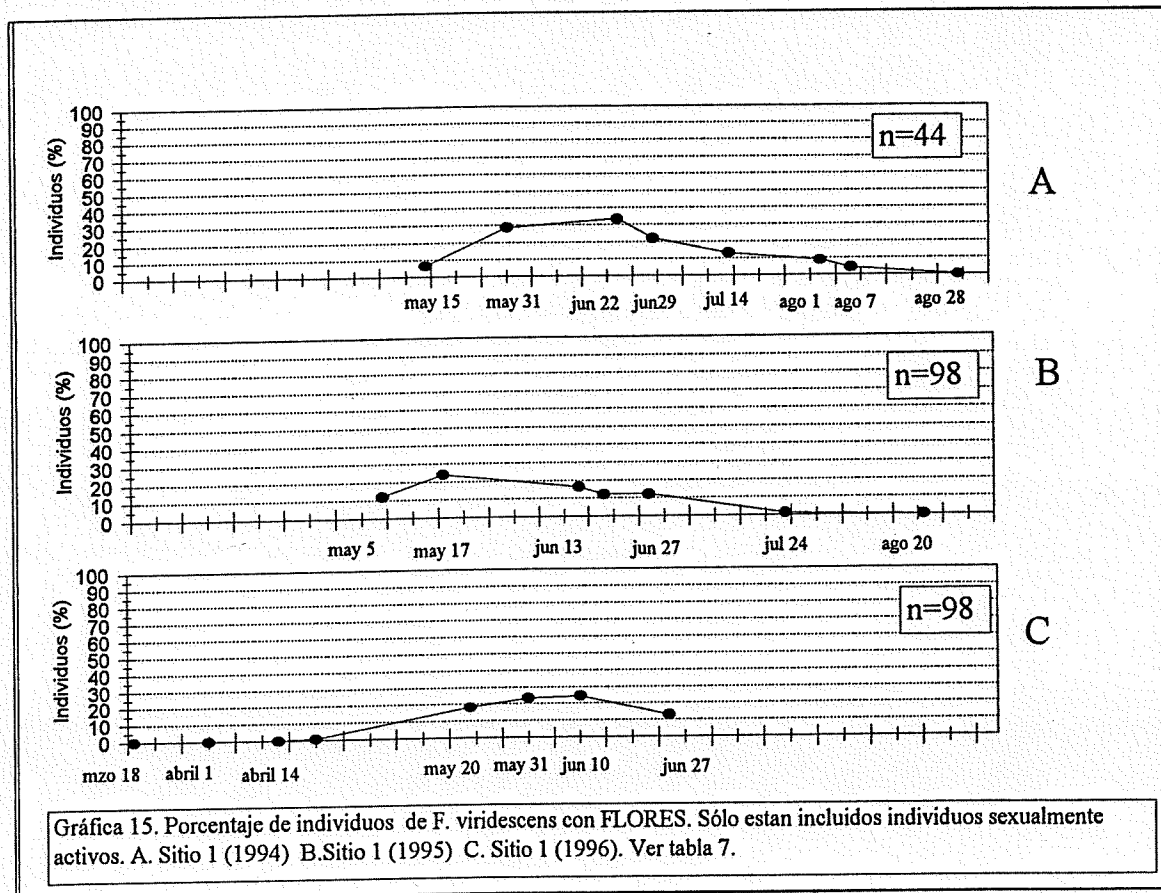
SITIO 1 1996

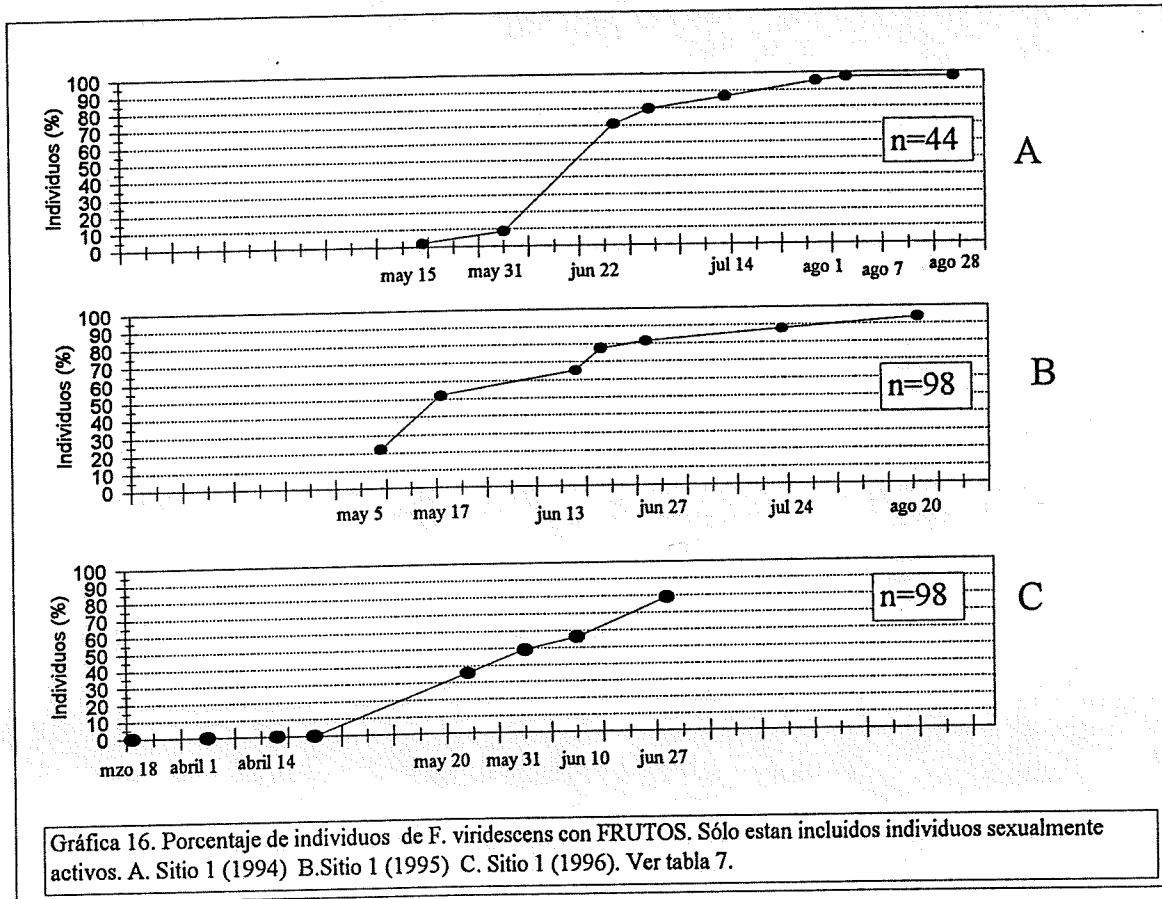
FECHA	BOTON	FLOR	FRUTO
18 MZO.	2.04	0.00	0.00
1 ABRIL	13.27	0.00	0.00
14 ABRIL	40.82	0.00	0.00
21 ABRIL	43.88	1.02	0.00
20 MAY	71.43	18.37	35.71
31 MAY	93.88	23.47	48.98
10 JUN.	82.65	24.49	56.12
27 JUN	55.23	13	79

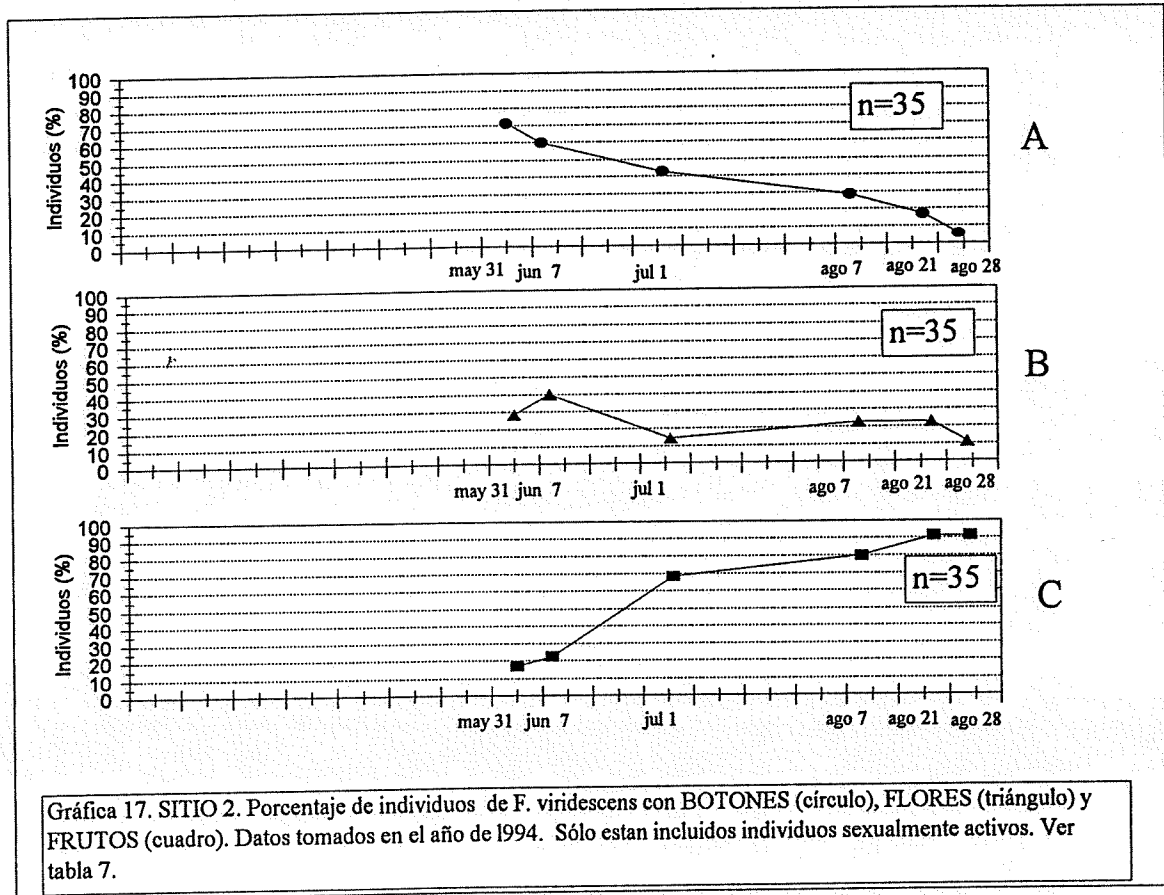
D

Tabla 7. Porcentaje de individuos que presentan alguna estructura reproductiva
 Sólo se tomaron en cuenta individuos reproductivamente activos
 Una planta puede tener al mismo tiempo botón, flor y fruto.
 La columna de frutos se refiere al total de frutos (frutos iniciales + frutos viables).









MES FENOFASE	Ene.	Feb.	Mar.	Abril	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
CRECIMIENTO VEGETATIVO		X	X									
INICIACION PRIMORDIOS FLORALES			X	X								
CREC. DE BOTONES			X	X	X	X						
FLORACION					X	X						
FRUCTIFICACION						X	X					
MADURACION DEL FRUTO						X	X	X	X			

CUADRO 1.

Etapas fenológicas de *Ferocactus viridescens* var. *viridescens* en las cercanías de Ensenada, Baja California, México.

La cruz señala el período donde se desarrolla cierta etapa fenológica; es decir, el período donde se encontraron mayor cantidad de individuos en alguna etapa determinada.

esta manera, el pico máximo de individuos con flor se encontró entre la última semana del mes de mayo y la última del mes de junio, siendo el día 22 de junio la fecha en la que se encontró la mayor cantidad de plantas en flor (Gráfica 15a, Tabla 7a).

En el Sitio 2, también, el pico de la floración, en términos del porcentaje de plantas con flor, se encontró entre los últimos días del mes mayo y en el mes de junio (Gráfica 17b). A reserva de que pudo haber existido una mayor o igual cantidad de plantas con flor antes de la primera fecha de observación (31 de mayo).

Por otro lado, cabe mencionar que, en el Sitio 1, se siguieron observando plantas con flor hasta la primera semana del mes de agosto (7 de agosto) (Gráfica 15a). En el Sitio 2, la presencia de flores se prolongó hasta la última semana de agosto (28 de agosto) (Gráfica 17b).

El proceso de formación de los frutos comenzó inmediatamente después de que la flor se hubo cerrado. De esta manera, la fructificación, comenzó prácticamente al mismo tiempo que la floración, ya que la vida media de una flor fue de aproximadamente 3 días (observación personal).

En el Sitio 1, el porcentaje de plantas que presentaron frutos fue bajo a finales de mayo y para la tercera semana de junio esta cantidad había aumentado considerablemente (Tabla 7a). Para finales del mes de agosto casi el 100% de los individuos portaban frutos. Entonces, como el cambio en el porcentaje de plantas con fruto fue mayor en el mes de junio (del 8.89 % al 80 %) que el que hubo en el período comprendido entre finales de junio y finales de agosto (del 80% al 97.78%), tenemos que la máxima producción de frutos fue, en efecto, en junio; junto con el pico de la floración (Gráfica 16a).

En el Sitio 2, a diferencia del Sitio 1, el 80 % de plantas con fruto se alcanzó hasta los primeros días del mes de agosto (Tabla 7b). Sin embargo, el cambio en el número de plantas con fruto fue mayor en junio (del 22.86 % al 68.57%) que el que se presentó en los meses de julio y agosto (del 68.57 al 91.43). De esta manera, el

proceso de fructificación es casi igual al del Sitio 1, la mayor producción de frutos fue en el mes de junio (Gráfica 17c).

4.5.2. Observaciones en 1995.

A pesar de que las observaciones comenzaron con 10 días antes que en el año anterior, no se pudo observar el período anterior al momento en el que el 100 % de los individuos presentaban botones. De hecho, la primera fecha de observación, a diferencia de 1994, fue después del período donde se encontraba el 100 % de los individuos con botón (Tabla 7a).

Aunque, la mayor cantidad de individuos que presentaron botón se dio en la primera semana del mes de mayo (5 de mayo) (Gráfica 14b), el 100 % de individuos con botón, probablemente se hubiera encontrado en el mes de abril; es decir, en este año el proceso de aparición de botones comenzó días antes que el año anterior

Debido al adelanto en el proceso de botonación, la fenofase de la floración, también sufrió un adelanto con respecto al año anterior (Gráficas 15a y 15b). El día en el que se presentó una mayor cantidad de plantas con flor fue el 17 de mayo, a diferencia de 1994 que fue hasta el día 22 de junio. De hecho, la floración en este año (1995), en cuanto a la mayor cantidad de individuos con flor, se situó de la segunda semana de mayo a la segunda de junio. (Gráfica 15b, Tabla 7c). Por otro lado, a pesar de que las primeras flores se presentaron a finales de abril y principios de mayo, se siguieron observando plantas con flores hasta la última semana del mes de julio (1995).

También, el desarrollo de los frutos comenzó antes que el año anterior. Para este año, en la segunda semana de mes de mayo el 52.04 % de los individuos presentó frutos, mientras en la misma semana del año anterior sólo el 2.22 % lo hizo (Gráfica 16 a y b). Sin embargo, en los dos años se alcanzó el 80 % de individuos con fruto en la última semana de junio (29 de junio para 1994 y 27 de junio para 1995). La máxima producción de frutos, estuvo comprendida entre la primera semana de mayo y la segunda semana de junio, aproximadamente junto con el pico de la floración. En este período, el cambio en el número de individuos con fruto fue

de un 45%, aproximadamente, mientras que entre la tercera semana de junio y finales de agosto, el cambio fue de un 30 % (Tabla 7c).

Observaciones no cuantificadas indicaron que, aunque la mayoría de los frutos ya no estaban presentes en los individuos, todavía, para el 19 de noviembre de 1995 existían algunos frutos maduros en los individuos. Sin embargo, éstos eran muy pocos. También, los frutos abortados se encontraban presentes junto con restos de botones abortados. A su vez, se pudieron observar, para esa misma fecha, semillas atrapadas en la parte central del ápice del tallo.

4.5.3. Observaciones en 1996.

En la primera fecha de observación (25 de febrero), el crecimiento vegetativo de *Ferocactus viridescens*, indicado por la presencia de nuevas espinas de color rojo intenso en la porción apical de la planta se encontraba ya iniciado.

Los primeros primordios florales (inicios de botón) fueron observados comenzando la tercera semana del mes de marzo (18 de marzo 1996) (Tabla 7d, Gráfica 14c). Estos, se observaron como minúsculos puntos rojizos presentes en la zona de la areola, circundando el ápice del tallo.

A partir de esa fecha, el porcentaje de individuos que presentaban botones aumentó paulatinamente (Gráfica 14c). El tiempo promedio que transcurrió para que un "primordio floral" se convirtiera en un botón maduro (i.e. a punto de abrirse y ser flor) fue de 33.33 días, con una variación de 28 a 42 días ($n=6$; d.s.=5.12). Nunca se encontró más de un botón en una misma costilla. Es decir, solo se desarrolló un botón por areola y costilla.

La mayor cantidad de plantas con botón se observó en la cuarta semana del mes de mayo (31 de mayo).

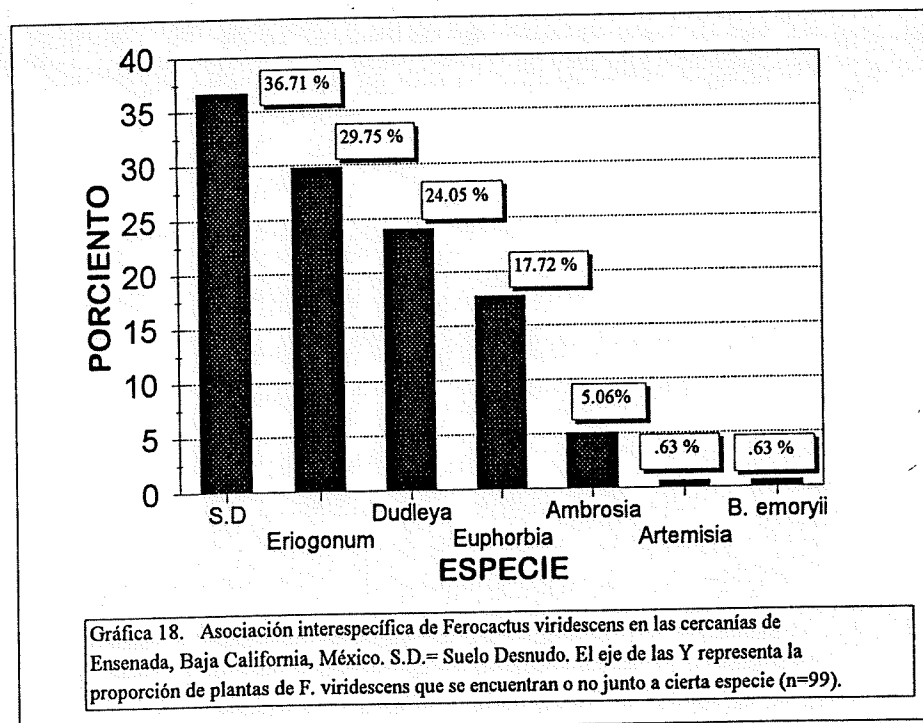
En el Sitio 1, el día 21 de abril, de los 98 individuos de *Ferocactus viridescens* con capacidad para la reproducción sexual, sólo un individuo presentó flor (Tabla 7d). Ningún individuo tenía fruto, ni tampoco restos de botones, flores o frutos abortados. De esta manera, las primeras flores aparecieron en los últimos 10

días de abril y los primeros días de mayo (Gráfica 15c). A partir de entonces, el porcentaje de individuos que presentaron flor se incrementó paulatimamente, hasta que alcanzó un pico máximo entre la cuarta semana de mayo y la segunda semana del mes junio (Gráfica 15c). Para la cuarta semana de junio la cantidad de flores disminuyó en relación a las semanas anteriores (Tabla 7d).).

La formación de los primeros frutos se inició en los últimos días del mes de abril y primeros del mes de mayo, junto con el cierre de las primeras flores. El período de máxima formación de frutos fue entre mayo y junio. Siendo para finales de junio (27 de junio), al igual que los años anteriores, el día en el que se alcanzó casi el 80 % de individuos con fruto.

5.5 Asociación Interespecífica.

Los individuos de *F. viridescens* aparentemente no se encontraron asociados a ninguna planta, sino más bien se presentaron en suelo desnudo o asociados a rocas. La especie que se registró más veces con *F. viridescens* fue *Eriogonum fasciculatum*. Otras especies que también se registraron junto a *F. viridescens* se pueden observar en la gráfica 18.



DISCUSION.

5.1. Estructura de altura, establecimiento y sobrevivencia.

Si en el caso de *Ferocactus viridescens* la altura de la planta, representara la edad aproximada de ésta, como sucede en las cactáceas *Carnegiea gigantea* (Steenbergh & Lowe, 1977), *Ferocactus acanthodes* (Jordan & Nobel, 1981) y *Cephalocereus columna-trajini* (Zavala-Hurtado & Díaz-Solís, 1995) entre otras, cada clase de altura representaría cierto período de tiempo en el pasado. De esta manera, el que las curvas de la distribución de las alturas de ambos sitios (Gráfica 5) no presenten la forma exponencial negativa (J invertida) típica de una población estable (Whipple & Dix, 1979), donde existe una mayor cantidad de individuos juveniles y una menor representación de individuos adultos conforme se avanza en clases de edad-tamaño, indicaría que los sitios presentan un reclutamiento escaso de individuos. Sin embargo es importante destacar que se desconoce si el muestreo fue representativo o no y también se desconoce si existe una relación entre el tamaño y la edad en los individuos de *Ferocactus viridescens*.

Aunque las clases de altura no presentan el mismo número de individuos, todas se encuentran representadas. Esto indica que, en algún tiempo en el pasado, existió reclutamiento de plantas, aunque éste haya sido o no escaso (e.g. clase 0-2.9 cm del Sitio 2; Tabla 1). Las clases que se encuentran bien representadas (e.g. clase 2 para el Sitio 1) podrían corresponder a intervalos de tiempo con condiciones ambientales favorables que permitieron un amplio establecimiento de plántulas (Parker, 1989). Esto, concuerda con Whipple and Dix (1979), quienes mencionan que, en ambientes variables, el hecho de que las distribuciones de las alturas de las poblaciones sean irregulares (i.e. diferente número de individuos en cada clase), probablemente son el resultado de una temporal y esporádica regeneración.

La abundancia de plantas pequeñas (i.e. menores de 3 cm.) en el Sitio 1, podría estar reflejando que esta localidad ha experimentado un consistente reclutamiento en los últimos años. Al parecer, en el Sitio 2 el reclutamiento de plantas, en los últimos años, no ha sido tan frecuente como en el Sitio 1; ya que la clase 0-2.9 cm de altura está muy

poco representada (Gráfica 5). Sin embargo, el tamaño de muestra del Sitio 2 es pequeño ($n=47$) y la poca representatividad de la clase 0-2.9 cm, podría ser el reflejo de esto y no de problemas en el reclutamiento de plantas en el sitio.

Ahora bien, en el caso de que el muestreo hubiera sido adecuado (i.e. tamaño de muestra correcto), la diferencia en la estructura de altura entre sitios podría deberse a diferencias ambientales (Gibson y Nobel, 1986). Por ejemplo, las poblaciones de las cactáceas *Carnegiea gigantea* y *Ferocactus acanthodes* presentan estructuras de altura muy diferentes dentro de su rango de distribución debido a que las características climáticas y topográficas locales son diferentes en cada población (Jordan & Nobel, 1982). Y aunque, la distancia entre los sitios de muestreo de *Ferocactus viridescens* no es comparable con la distancia que existe entre las poblaciones de *C. gigantea* y *F. acanthodes* como para atribuir la diferencia en la estructura de altura entre sitios a diferencias climáticas; las diferencias que existen entre el Sitio 1 y el Sitio 2, podrían ser un reflejo de la existencia de diferencias microambientales (e.g. topográficas) entre los sitios. Mismas, que favorecen o no el establecimiento de plantas en ciertos períodos de tiempo.

Por otro lado, no solo diferencias microambientales son la posible causa de la diferencia en el número de individuos por intervalo de clase (e.g. 0-2.9 cm) entre sitios, la herbivoría es otra posible causa, no menos importante, para el establecimiento de plántulas.

McAuliffe (1984) menciona que, en Arizona, la excesiva herbivoría por roedores, en períodos de sequía, ha limitado el establecimiento de individuos de *Mammillaria microcarpa* y *Echinocereus englemannii* en áreas que no se encuentran protegidas por el dosel de la planta nodriza *Opuntia fulgida*. Así mismo, Niering et al (1963) concluyen que el pastoreo de ganado es un importante factor que limita el establecimiento de plántulas de *Carnegiea gigantea*.

De esta manera, la poca representatividad que tiene la clase 0-2.9 cm en el Sitio 2, podría deberse a la fuerte perturbación que sufre la zona por el pastoreo intensivo de caballos (obs. personal). El Sitio 1, que presenta buena cantidad de plántulas (0-2.9 cm) (Gráfica 4), no presenta ningún síntoma de pastoreo.

Además, una causa más que podría explicar la diferencia en la distribución de las alturas entre sitios es la presencia de incendios periódicos que sufre el matorral costero (Oberbauer, 1991). De hecho, de las plantas muestreadas en 1994, en el Sitio 2, sólo el 38% de éstas sobrevivió al incendio de principios de 1995. Las plantas que sobrevivieron a tal evento, son las que se encontraban sobre el acantilado —que no fueron alcanzadas por las llamas— y la mayoría de los individuos de tallas grandes, que poseen mayor tejido suculento. Las plántulas y cactáceas pequeñas murieron calcinadas (obs. personal).

De hecho, si las condiciones ambientales (e.g. disponibilidad de agua) que influyen en el reclutamiento de plantas se mantuvieran como en los últimos años y si no ocurriera una catástrofe natural o un irreversible impacto antropogénico, la distribución de alturas del Sitio 1 hace suponer que *Ferocactus viridescens* tiene una mayor probabilidad de perpetuarse en el tiempo en este lugar que en el Sitio 2, debido a que hay un mayor y exitoso reclutamiento de plántulas.

Por otro lado, la ausencia de plantas de alturas mayores a 15 cm en el Sitio 1 se puede explicar en el sentido que Schmalzel (1995) explica la mortandad que existe entre los cactus adultos de *Coryphantha robbinsorum*. Condiciones húmedas cálidas favorecen al desarrollo de infecciones por hongos y por ende el pudrimiento total del tallo. De las plantas muestreadas en el año 1994 dos de ellas murieron por pudrimiento en la primavera de 1995. Aunque se desconocen las causas de muerte, es justo en este período del año en el que la temperatura se vuelve bastante más cálida y en donde existe la suficiente humedad como para que se desarrollen este tipo de infecciones. Aunado a esto, en el Sitio 1, se encontraron numerosos ejemplares de *Ferocactus viridescens* muertos. Estos, al parecer, mostraban signos de muerte por pudrimiento: la zona apical se encuentra embebida dentro del tallo. Y al juzgar por el tamaño de su diámetro, que aún conservaban, se supone que en su mayoría eran individuos adultos.

A su vez, en el Sitio 1, algunas plantas, que se encontraban fuera del área de muestreo, presentaron tallos mordidos (i.e. hendiduras profundas), posiblemente, hechas por roedores, como sucede en *M. microcarpa* (McAuliffe, 1984) o por algún tipo de

gusano barrenador. Estas heridas hacen mucho más vulnerables a las plantas a cualquier tipo de infección por hongos o bacterias.

5.2. Estructura de Altura y Reproducción .

Es evidente que la primera categoría de tamaño (i.e. 0-2.9 cm de altura) corresponde a individuos que no son sexualmente reproductivos (Gráficas 4 y 5).

De esta manera, al igual que lo señalan otros autores (e.g. Steenbergh y Lowe, 1977; McAuliffe, 1984; Parker, 1987 y 1989; Valiente et al, 1991; Zavala-Hurtado y Díaz-Solis; etc) existe una determinada altura a la cual los individuos de una población de cactáceas se vuelven sexualmente activos. Por ejemplo, Steenbergh y Lowe (1977) y Parker (1987 y 1989) encontraron que *Carnegiea gigantea*, *Stenocereus thurberi* y *Lophocereus schottii* requieren de una altura mínima de 2 metros para manifestar su primera reproducción sexual. Para el caso de *Ferocactus viridescens*, cuyo hábito de crecimiento es totalmente diferente, la altura mínima que alcanzaron los individuos que produjeron estructuras sexuales fue de 3 cm (Gráficas 4 y 5).

5.3. Estructura de altura y potencial reproductivo.

De acuerdo con los resultados de las regresiones lineales realizadas entre la altura y el número de estructuras florales se afirma que el número promedio de estructuras reproductivas, por clase, aumenta conforme se incrementa en altura (Gráficas 9 y 10). Este patrón de comportamiento en *Ferocactus viridescens* se asemeja al observado en *Carnegiea gigantea* (Steenbergh y Lowe, 1977), *Stenocereus thurberi* (Parker, 1987), *Echinomastus erectocentrus* var *acunensis* (Johnson et al. 1993 In: Schmalzel, 1995) y *Coryphanta robbinsorum* (Schmalzel, 1995). De esta manera, los adultos grandes (>9 cm) de *F. viridescens* producen mayor cantidad de botones, flores y frutos que los individuos pequeños (3-8.9 cm).

Steenbergh y Lowe (1977), demostraron experimentalmente que el 50 % del crecimiento potencial anual del tallo de pequeños saguaros (*C. gigantea*), de 4 a 5 metros de altura, es utilizado para su esfuerzo reproductivo anual. Si la inversión para la reproducción en *Ferocactus viridescens* fuera similar, las plantas reproductivas pequeñas

estarían mucho más limitadas en recursos que las plantas grandes en cuanto a su esfuerzo reproductivo. Lo que explicaría su menor producción de estructuras reproductivas.

Sin embargo, aunque el tamaño de la planta está relacionado con el número de estructuras reproductivas, en *Ferocactus viridescens*, otros factores diferentes de la altura están también influyendo en la cantidad de estructuras reproductivas por individuo.

Como un factor intrínseco de la planta que podría influir en la producción de una mayor o menor cantidad de estructuras florales, es que el esfuerzo reproductivo de un año depende parcialmente del crecimiento vegetativo de los años anteriores (Bowers, 1996). Esto porque en cactáceas un meristemo areolar puede producir una estructura floral o simplemente crecimiento apical; pero, una vez que ese meristemo es utilizado no puede ser usado otra vez (Gibson & Nobel, 1986).

Como principal factor extrínseco que favorece o no la producción estructuras reproductivas tenemos la cantidad de agua disponible en el suelo. El trabajo agronómico de Barbera et al. (1992) con *Opuntia ficus-indica* indicó que la producción de flores y frutos aumenta con un suplemento extra de agua. A su vez, Gibson y Nobel (1986) mencionan que, en *C. gigantea*, el número de flores puede ser afectado por las relaciones hídricas de la planta. De esta manera, la cantidad de agua disponible para cada individuo, en el caso de estar variando entre micrositos, podría ser responsable de diferencias en el esfuerzo reproductivo de individuos aún del mismo tamaño.

Por otro lado, en *Ferocactus viridescens* se observó que la proporción de botones que no llega a ser fruto viable no es como lo demostrado por Steenbergh y Lowe (1977), para el saguaro. En el caso de saguaro, la abortión fue menor en las plantas adultas grandes, mientras que en *Ferocactus viridescens* la eficiencia reproductiva de los individuos fue independiente del tamaño (i.e. altura), como lo indicó la no significancia de la regresión lineal entre altura y eficiencia reproductiva, en 1994. Este mismo comportamiento fue observado en *Opuntia engelmannii* (Bower, 1996).

Un posible factor que esté controlando la eficiencia reproductiva en *F. viridescens* podría ser, como el caso de *O. engelmannii* (Sutherland & Delph, 1984 En : Bowers, 1996;

Sutherland, 1986), que las flores sólo funcionen como donadoras de polen más que como receptoras, por lo que sus óvulos no son fecundados. O puede deberse a la falta de polen compatible o esterilidad genética, como Bullock (1987) propone para explicar la falla en la producción de frutos en *Ipomea wolkotiiana*. También, la disponibilidad de agua (Barbera et al. 1992) y la depredación (Bowers, 1996) favorecen o no la formación de frutos. Observaciones personales indican que varios frutos fueron perdidos no por problemas intrínsecos del desarrollo de la planta; sino que, fue el efecto causado, probablemente, por la herbivoría de hormigas. Estos insectos hacen incisiones en el pericarpio y el fruto se seca rápidamente sin permitir el desarrollo de sus semillas.

Por otro lado, a diferencia de 1994, la eficiencia reproductiva de *Ferocactus viridescens* en 1995 fue explicada en un 5% por la altura, siendo la relación entre tamaño y eficiencia reproductiva negativa. De esta manera, los botones y flores producidos por plantas adultas grandes tuvieron mayor posibilidad de pérdida que los que se presentaban en plantas adultas pequeñas. Este mismo comportamiento, fue observado y demostrado por Schmazel et al. (1995) en *Coryphantha robbinsorum*, una cactácea que posee un hábito de crecimiento mucho más parecido a *F. viridescens* que el que presenta *C. gigantea*.

Una sola flor de *F. viridescens* se abre y se cierra, día a día, por un período que va de 3 a 4 días. Una posibilidad es que, un mayor número de flores pueda afectar el movimiento del polinizador y que esto resulte en la poca cantidad de frutos viables por parte de plantas grandes (Schmazel, 1995). Esto explicaría el porque los individuos grandes presentan menor cantidad de frutos viables que los individuos pequeños.

Por otro lado, Parker (1987), menciona que los frutos grandes de *Stenocereus thurberi* poseen mayor contenido de semillas que los frutos pequeños. En el caso de *F. viridescens* el mayor contenido de semillas s.

e dió en aquellos frutos que provenían de individuos de mayor tamaño. Sin embargo, no se puede decir que éste sea un patrón general de comportamiento puesto que el tamaño de muestra fue muy pequeño y además, no todas las clases de tamaño se encontraban representadas en la muestra.

Por lo que respecta al porcentaje de germinación in vitro de *F. viridescens* tenemos que, si se compara con el obtenido en *S. thurberi* (91 %) (McDonough, 1964; Parker, 1987) y *C. gigantea* (97 %) (Steenbergh & Lowe, 1969), el de *F. viridescens* resulta muy bajo (45 %). El bajo porcentaje de germinación mostrado en *F. viridescens* es atribuible, posiblemente, a que el período de almacenamiento fue muy largo, y que la viabilidad de las semillas no sea tan prolongado. De hecho, Parker (1989) obtuvo porcentajes de germinación en *Lophocereus schottii* menores a los encontrados para *S. thurberi* y *C. gigantea* y atribuye esta disminución a un relativo período largo de almacenamiento.

5.4. Fenología

La cronología de la producción de flores y frutos de *Ferocactus viridescens* no ha sido descrita anteriormente. Las descripciones más completas sobre la cronología de flores y frutos, para la familia cactaceae, han sido realizadas principalmente en *Camegeia gigantea* (Engelmann, 1854; Toumey 1897, MacDougal and Spalding, 1910; Shreve, 1929 y Thackery and Leding, 1929. In: Gibson, 1986).

La viznagueta *Ferocactus viridescens* florece y produce una relativa cantidad de frutos suculentos en el período más seco del año; en los calurosos meses de principios de verano.

En la ausencia de humedad, el desarrollo del fruto es asegurado totalmente por la reserva de agua que se encuentra en el tallo suculento de la planta (Steenbergh & Lowe, 1977).

El número y el desarrollo de la flores puede ser afectado por la relaciones hídricas de la planta; lo cual, es reflejado en el estado hídrico de ésta. También, la producción de semillas es afectada por disponibilidad de lluvia (Gibson & Nobel, 1986).

Los pétalos y otras estructuras reproductivas pueden, también, perder agua por transpiración. De esta manera, el proceso de reproducción influye directamente en las condiciones hídricas de la planta (Gibson y Nobel, 1986).

El tiempo de duración promedio que tienen los botones de *Ferocactus viridescens* sobre la planta (33.2 días) es cercano al descrito por Nobel para una especie de mismo

género, *Ferocactus acanthodes* (26 días). También, los frutos permanecen en el cacto un tiempo muy similar: 60 días para *Ferocactus viridescens*, aproximadamente, y de 52 días para *F. acanthodes*.

Sin embargo, la vida media de una flor es bastante diferente. Para *F. viridescens* el tiempo que una flor se encuentra abierta es de 3 a 4 días; mientras que, para *F. acanthodes* es de 7 días. Es decir, que el tiempo que se encuentra una flor de *Ferocactus viridescens* en la planta es casi la mitad del tiempo que el de *Ferocactus acanthodes*.

La flor es la estructura reproductiva que mayor cantidad de agua pierde por transpiración. Así, para *F. acanthodes*, hay una pérdida de 8 gramos de agua por botón, 25 gramos por flor y de 12 g por fruto (Gibson y Nobel, 1986).

Aunque la cantidad de agua perdida por transpiración a través de las estructuras reproductivas es relativamente baja, entre un 4 y 6 %, si se compara con la pérdida total que sufre el cacto (Gibson y Nobel, 1986), es importante notar que la duración de una flor en *Ferocactus viridescens* es menor ya que, probablemente, el menor tamaño de este obliga a hacer un uso más eficiente del agua que contiene su tallo.

El período de floración y fructificación parece estar controlado primeramente por la llegada de las temperaturas cálidas de primavera y por el incremento en la duración del día. Se ha observado, que esto sucede en el saguaro; donde, la aparición de los primeros botones y flores, así como, la maduración del fruto presentan fechas distintas para las diferentes porciones de rango de distribución de la especie (Johnson, 1924).

La iniciación y el desarrollo de botones, flores y frutos se van presentando progresivamente en un gradiente latitudinal que va de sur a norte; y en uno altitudinal, de bajas a altas elevaciones. Esta diferencia en los periodos de floración es debida a las relativas diferencias en temperatura que existen entre las diferentes elevaciones, tipo de asociación topográfica, circulación de aire frío y exposición del terreno (Steenbergh & Lowe, 1977).

Puesto que el monitoreo de la floración no se realizó día a día, no es posible saber si existen realmente diferencias entre sitios en cuanto a la fecha de inicio de la floración. Sin embargo, el pico de ésta, para ambos sitios, se localiza a mediados de junio, lo cual indica que, probablemente, este proceso se inició aproximadamente en la misma fecha. Además, el Sitio 2 sólo se encuentra a 8 kilómetros más al norte y 200 metros más arriba del nivel del mar que el Sitio 1, y no es atribuible que estas pequeñas diferencias se reflejen en diferencias en temperatura, entre los sitios, como para afirmar que puedan existir variaciones en el día de inicio de la floración.

Sin embargo, no es difícil que la fecha de inicio de la reproducción sexual de *Ferocactus viridescens* pueda variar año con año, ya que cada año pueden variar las temperaturas de finales de primavera. De hecho, ésto sucede para *Carnegiea gigantea*, donde la fecha de floración y de maduración del fruto es altamente variable año con año; puesto que éstos sí dependen directamente de las temperaturas que se presenten a finales de invierno y principios de primavera (Steenbergh & Lowe, 1977).

CONCLUSIONES.

1. La distribución de las alturas de *Ferocactus viridescens* en los sitios de muestreo no sigue una curva de tipo J invertida (exponencial negativa), desconociéndose si ello puede estar implicando un escaso reclutamiento.
2. Los individuos comienzan a ser reproductivamente activos a los 3 centímetros de altura.
3. La cantidad de estructuras reproductivas (flores, botones y frutos) aumenta conforme se incrementa en altura.
4. La eficiencia reproductiva de los individuos es independiente de la altura de planta. Así, otros factores diferentes a la altura están influyendo en la proporción de botones que llegan a ser frutos viables (e.g. disponibilidad de agua, competencia, depredación).
5. El ciclo reproductivo de *Ferocactus viridescens*, bajo las condiciones ambientales que prevalecieron durante el estudio, se encuentra comprendido en el período que va de mediados de marzo a finales de Agosto.
6. Las fenofases se pueden adelantar o atrasar en el tiempo dependiendo del año a considerar. Probablemente, influenciadas por las condiciones ambientales prevalecientes en algún año en particular.
7. Un factor a considerar en el manejo de semillas para fines de conservación del recurso es su pérdida de viabilidad al cabo de dos años (casi un 60%).

VII. Bibliografía.

- Alcorn, S. M. 1959. Some factors affecting the germination of seed of the saguaro cactus (*Carnegiea gigantea*). Amer. J. of Bot 46:526-529.
- Alcorn, S.M., S.E. McGregor and G Olin. 1961. Pollination of saguaro cactus by doves, nectar-feeding bats, and honey bees. Science 133(3464):1594-1595.
- Barbera, G. , F. Carimi and P. Inglese. 1992. Past and present role of the Indian-fig prickly pear (*Opuntia Ficus-indica* (L.) Miller, Cactaceae) in the agriculture of Sicily. Economic Botany 46:10-20.
- Barbour, M., B. Pavlik and Frank Drysdale. 1993. California's changing landscapes: Diversity and conservation of California vegetation. California Native Plant Society. Lorraine Press. Sacramento, CA. E.U.
- Benson, L. D. 1969. Native Cacti of California. Stanford University Press. California, U.S.A.
- Bowers, J. E. 1996. More Flowers or New cladodes? Enviromental correlates and biological consequences of sexual reproduction in a Sonoran Desert prickly pear cactus, *Opuntia engelmannii*. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 123(1):34-40.
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico, D.F.
- Bravo-Hollis, H. 1991. Las cactáceas de México. Vol.II. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico, D.F.
- Brum, G.D. 1973. Ecology of the saguaro: phenology and establishment in marginal population. Madrono, 22:195-204.

- Bullock, S.H. 1982. Population structure and reproduction in the neotropical desioecius tree *Compsonera sprucei* *Oecologia*. 55:238-242.
- Bullock, S.H. 1987. Population biology of the tree *Ipomea wolcottiana* (Convolvulaceae). *Madroño* 34:304-314.
- Castellón, J. J. y J. E. Martínez. 1993. Importancia Regional de las cactáceas. *Divulgare* 2:45-50. Fac. Ciencias. UABC.
- CITES (The Convention on International Trade in Endangered Species of the wild fauna and flora). 1987. Apéndice I y II. Adoptados por la Conferencia de las partes y validas a partir del 22 de Octubre de 1987. Suiza. 45p.
- Cruz, I. (1993). Base de datos de la bibliografía sobre matorral costero de Baja California y California. Tesis. UABC.
- Davis, S.D. et al. 1986. *Plants in danger. What do we Know?* The international Union For Conservation of nature and Natural Resources. U.K.
- Delgadillo, J. 1992. Florística y ecología del norte de Baja California. UABC. Mexico.
- Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. 1982. México. (mapas).
- Ehleringer, J. and Donna House. 1984. Orientation and slope preference in Barrel cactus (*Ferocactus acanthodes*) at its northern distribution limit. *Great Basin Naturalist* 4(1):133-139
- Ehrenfeld, J. 1976. Reproductive biology of three species of *Euphorbia* subgenus *Chamaesyce* (Euphorbiaceae). *Amer. J. Bot.* 63(4):406-413.
- Espejel, M.I., 1993. Vegetation. en Proyecto de ordenamiento ecológico, urbano y turístico del corredor Tijuana-Ensenada. Fac. de Ciencias Marinas. UABC.
- Fowler, N. 1986. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions. *Ann. Rev. Ecol. Sust.* 17: 899-910.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática. Koeppen. Inst. de Geografía. U.N.A.M.
- Gibson, A and P. Nobel, 1986. The cactus primer. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Goldberg, D.E. and R.M. Turner. 1986. Vegetation change and plant demography in permanent plots in the Sonoran Desert. *Ecology*, 67: 695-712.
- Hastings, J.R. 1961. Precipitation and saguaro growth. Univ. Arizona Arid Lands Colloq. 1959-60/1960-61:30-38.
- Hernández, H. M. y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26:33-52.
- IUCN (International Union for the Conservation of Nature). 1983. Rare , Threatened and Insufficiently Known Endemic Cacti of Mexico. Botanic Garden Conservation Coordination Body. 9 p.
- Jaeger, E. C. 1957. The North American desert. Stanford University Press. Calif. U.S.A.
- Johnson, D.S. 1924. The influence of insolation on the distribution and on the development of the flowers of the giant cactus of Arizona. *Ecology*, 5(1):70-82.
- Johnson, R.A., M.A. Baker, D.J. Pinkava and G.A. Ruffner. 1993. Seedling establishment, mortality and flower production of the Acuña Cactus, *Echinocereus erectocentrus* var *acunensis* (Cactaceae). P.p. 170-180 in R. Sivinski and K. Lighthfoot (eds.), Proceedings of the Southwestern Rare and Endangered Plant Conference. New Mexico Forestry and Resources Conservation Division Miscellaneous Publication No. 2.
- Jordan, P.W. and P.S. Nobel. 1979. Infrequent establishment of seedlings of *Agave deserti* (Agavaceae) in the northwestern sonoran desert. *Amer. J. Bot.* 66(9):1079-1084.

- Jordan, P.W. and P.S. Nobel. 1981. Seedling establishment of acanthodes acanthodes in relation to drought. *Ecology*, 62:901-906.
- Jordan, P.W. and Nobel, P.S. 1982. Height distributions of two species of cacti in relation to rainfall, seedling establishment, and growth. *Bot. Gaz.* 143(4): 511-517.
- Lau, A. B. 1981. The Habitat of *Ferocactus Johnstonianus*. *Cactus and Succulent Journal (U.S.)* Vol.53: 221-223 p.
- León de la Luz, J.L. 1991. Evaluación de la producción de semilla de la pitaya agria (*Stenocereus gummosus* en Baja California Sur, México. *Acta Bot. Mexicana* 14: 75-87.
- Leyva, J.C. 1995. Fragmentación del Matorral Costero por el desarrollo turístico en Bajamar (B.C. Mexico): Alternativas para la conservación. Tesis. Fac. Ciencias. UABC. Mexico.
- Loik, M.E. and P.S. Nobel. 1993 Exogenous abscisic acid mimics cold acclimation for cacti differing tolerance. *Plant Physiology*. 103(3): 871-876.
- McAuliffe, J. 1984. Prey refugia of two Sonoran Desert cacti. *Oecologia*. 65:82-85.
- Miranda, F., S. Reyes, J.G. Espinosa y J. García. 1991. Climatología de la Región Noroeste de México (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa) Parte II.- Temperatura: series de tiempo del valor mensual y estadístico del año climatológico. Reporte técnico Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B.C. CIOFT9108.
- McDonough, W.T. 1964. Germination responses of *Carnegeia gigantea* and *Lemaireocereus thurberi*. *Ecology*, 45:155-159.
- Niering, W.A., R.H. Whittaker and C.H. Lowe (1963). The saguaro : a population in relation to the environment. *Science*. 142:15-23.

- Nobel, P.S. 1978. Surface Temperatures of cacti influences of enviromental and morphological factors. Ecology 59(5): 986-996.
- Nobel, P.S. 1982. Low-temperature tolerance and the cold hardening of cacti. Ecology 63(6):1650-1656.
- Nobel, P.S. 1986. Relation between monthly growth of Ferocactus acanthodes and an enviromental productivity index. Amer. J. Bot. 73(4):541-547.
- Nobel, P.S. 1987. Water relations and plant size aspects of flowering for Agave deserti. Bot. Gaz. 148(1):79-84.
- Oberbauer, T.A. 1991. Vegetation of Northwestern Baja California. Fremontia 20(2):3-10.
- O'leary, J.F. 1990 Postfire diverity patterns in two subassociations of California costal sage scrub. Journal of vegetation Science. 1:172-180.
- Parker, K.C. 1987. Site-related demographic patterns of organ pipe cactus population in southewrn Arizona. Bull Torrey Bot. Club, 114:149-155.
- Parker K.C. 1989. Heigth structure and reproductive characteristics of senita Lophocereus schotii (cactaceae) in southern Arizona. The Southwestern Nat. 34(3):392-401
- Roberts, N.C. 1989. Baja California plant field guide. Natural History publishing Company. La jolla, U.S.A.
- Rodríguez, L.A. 1990. Incauto SEDUE 650 mil ejemplares de Fauna y flora. La Jornada. Viernes 31 de Agosto. 17p.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetacion de Mexico. Ed. Limusa. Mexico, D.F.
- Schmalzel, R.J., F.W. Reichenbacher and S. Rutman. 1995. Demograohic study of the rare Coryphantha robbinsorum (Cactaceae) in southeastern Arizona. Madroño 42 (3): 332-348.

SEDUE. Diario Oficial. Viernes 17 de mayo de 1991.

Shreve, F. 1931. Physical conditions in sun and shade. *Ecology* 12: 96-104.

Shreve, F. and Wiggins, I 1964. The vegetation and flora of the Sonoran desert. Stanford University Press. California, U.S.A.

Sokal, R.R. and F. James Rohlf. (1969). *Biometry*. 2da. Edición. W.H. Freeman & Company. N.Y. USA.

Steenbergh, W.F. and C.H. Lowe. 1977. Ecology of the saguaro. II Reproduction, establishment, growth and survival of the young plant. National Park Scientific Monograph Series, No. 8. United State Government Printing Office, Washington, D.C. U.S.A.

Steenbergh, W.F. and C.H. Lowe. 1983. Ecology of the saguaro. III Growth and Demography. National Park Scientific Monograph Series, No. 17. United State Government Printing Office, Washington, D.C. U.S.A.

Sutherland, S. 1986. Floral sex ratios, fruit set, and resource allocation in plants. *Ecology* 67(4).

Turner, R.M., S.M. Alcorn, G. Olin and J. A. Booth. 1966. The influence of shade, soil, and water on saguaro seedling establishment. *Bot. Gaz.* 127(2-3): 95-102.

Udovic, D. and C. Aker. 1981. Fruit abortion and the regulation of fruit number in *Yucca whipplei*. *Oecologia*. 49:245-248.

Valiente-Banuet, A., F. Vite and J.A. Zavala-Hurtado. 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science*. 2:11-14.

Vovides, A. 1988. Relación de plantas mexicanas en peligro de extinción. En Flores, V. y P. Gerez. 1988. *Conservación en México: Síntesis sobre*

vertebrados terrestres, vegetación y usos del suelo. INIREB. Conservación Internacional. México, D.F.

Westman W.E. 1983. Xeric mediterranean type shrubland associations of Alta and Baja California and the community/continuum debate. *Vegetation* 53:39.

Westman W.E. 1987. Pacific Coastal Shrublands of the U.S.-Mexico borderlands: Characteristics and conservation challenges. Univ. of California. Latin American Center. L.A. Cal. USA.

Whipple, S.A. and R.L. Dix. 1979. Age structure and successional dynamics of a Colorado subalpine forest. *Amer. Midland Nat.*, 101:142-158.

Wiggins, I. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. California, U.S.A.

Yeaton, R.I. and Manzanares, A.R. 1986. Organization of vegetation mosaics in the *Acacia scheffneri*-*Opuntia steptacantha* association, Southern Chihuahuan Desert Mexico. *J. of Ecol.* 74:211-217.

Zavala-Hurtado, J.A. and A. Diaz-Solis. 1995. Repair, growth, age and reproduction in the giant columnar cactus *Cephalocereus columnar-trajani* (Karwinski ex. Pfeiffer) Schumann (Cactaceae). *Journal of Arid Environments*. 31:21-31.