



[Firma manuscrita]

Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
IZTACALA

CARRERA DE BIOLOGIA

ESTUDIO SOBRE ALGUNOS ASPECTOS ECOLOGICOS
DE *Echinocactus platyacanthus* Lk. & O.
EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI

TESIS

Que para obtener el Título de

B I O L O G A

presenta

SONIA TRUJILLO ARGUETA



BIBLIOTECA
INSTITUTO DE ECOLOGIA
UNAM

1 9 8 2

a la gente del campo de la zona árida potosina

a mi familia

a Rafael

Agradecimientos

Merece mi especial reconocimiento al Biólogo Rafael F. del Castillo S. quien al estudiar simultaneamente la autoecología de otra cactácea (*Ferocactus histrix*), hizo importantes observaciones y sugerencias en el transcurso de todo el trabajo, acompañó a la autora en la mayor parte de las salidas al campo y leyó críticamente el manuscrito. Estimuló constantemente la superación profesional y siempre representó un importante apoyo moral.

El Ing. y M. en C. J. Rogelio Aguirre R., propuso estudiar a *Echinocactus platyacanthus*, aportó valiosas sugerencias y revisó el proyecto.

El Dr. Edmundo García M. proporcionó información bibliográfica.

La Dra. Helia Bravo H. facilitó sus escritos sobre *Echinocactus platyacanthus*, próximos a publicarse en el segundo volumen de las Cactáceas de México.

El Dr. Mario González E. hizo algunas observaciones importantes.

El Sr. Abundio Zenedón ayudó en el trabajo de campo en San Miguel, Municipio de Matehuala.

La Bióloga Ma. Luisa Cepeda de M., el Dr. Jorge Meyrán G. y el Sr. José García P. ayudaron en la identificación del material botánico.

El M. en C. Santiago Zaragoza identificó los coleópteros colectados.

Las señoritas Galita Figueroa B. y Araceli Trujillo A. mecanografiaron parte de las versiones iniciales del trabajo.

El Sr. Sergio Trujillo A. elaboró una buena parte de las figuras.

Los Biólogos y profesores Ernesto Aguirre L., Beatriz Flores P., Dióforo Granados S., Víctor Rivera A. y Catalina Tapia R. examinaron el manuscrito.

Merecen también mi agradecimiento las siguientes instituciones: El Colegio de Postgraduados que financió la mayor parte del trabajo y facilitó el

uso de las instalaciones y equipo del CREZAS-CP (Centro Regional para el Estudio de las Zonas Áridas y Semiáridas) en Salinas, SLP.

El laboratorio de Agrología y la Jefatura de Unidades de Riego # 705, pertenecientes a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos de SLP, por los análisis de suelos efectuados. La Delegación Forestal y el Programa de Estimulación de Lluvias, correspondientes a la misma Secretaría, permitieron el acceso a sus registros.

A todas éstas personas e instituciones y aquellas personas que de alguna manera contribuyeron con el presente trabajo, mi más sincero agradecimiento.

Noviembre, 1982

Sonia Trujillo Argueta

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Introducción.	1
1. Información existente sobre <i>Echinocactus platyacanthus</i>	4
1.1 Taxonomía	4
1.2 Descripción botánica	5
1.3 Componentes químicos conocidos	8
1.4 Distribución geográfica	8
1.5 Conocimiento ecológico	11
1.6 <i>Echinocactus platyacanthus</i> y el hombre	12
2. Distribución geográfica y ecológica	15
2.1 Antecedentes y objetivos	15
2.2 Hipótesis	15
2.3 Materiales y métodos	15
2.4 Resultados y discusión	16
2.4.1 Distribución geográfica	16
2.4.2 Distribución ecológica	18
2.4.2.1 Topografía	18
2.4.2.2 Material parental	20
2.4.2.3 Vegetación	21
2.4.2.4 Flora	22
2.4.2.5 Clima	24
2.4.2.6 Perturbación	25
3. Fenología reproductiva	26
3.1 Antecedentes y objetivo	26
3.2 Hipótesis	27

3.3	Materiales y métodos	27
3.4	Resultados y discusión	28
3.4.1	Gemación	28
3.4.2	Floración	29
3.4.3	Fructificación	34
3.4.3.1	Maduración	36
3.4.3.2	Depredación	36
4.	Germinación y establecimiento	39
4.1	Antecedentes y objetivos	39
4.2	Hipótesis	41
4.3	Materiales y métodos	41
4.3.1	Método para conocer los requerimientos para la germinación	41
4.3.2	Procedimiento para conocer la reacción de plantas jóvenes ante la luz solar directa	42
4.3.3	Experimentos para ayudar a esclarecer el problema de de exclusión en suelos riolíticos	42
4.4	Resultados y discusión	44
4.4.1	Características de la semilla y algunas relaciones con la germinación y el establecimiento	44
4.4.2	Germinación de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	46
4.4.3	Efecto de la luz solar directa en el establecimiento	49
4.4.4	Influencia del sustrato en la germinación y el establecimiento	49
5.	Crecimiento	57
5.1	Antecedentes y objetivos	57
5.2	Hipótesis	58
5.3	Materiales y métodos	58

5.4 Resultados y discusión	59
5.4.1 Alometría	59
5.4.2 Relación del número de costillas con la reproducción	59
5.4.3 Propagación vegetativa	60
5.4.4 Estados de vida	62
5.4.5 Adaptaciones encontradas en <i>E. platyacanthus</i> durante su ontogenia	63
6. El matorral desértico rosetófilo y una población de <i>Echinocactus platyacanthus</i> , en relación con el disturbio y la exposición	66
6.1 Antecedentes y objetivos	66
6.2 Hipótesis	68
6.3 Materiales y métodos	68
6.3.1 Descripción de la zona de estudio	68
6.3.2 Métodos para el estudio del ambiente físico	72
6.3.3 Métodos de estudio para la comunidad del matorral desértico rosetófilo	72
6.3.4 Métodos de estudio para la población de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	73
6.4 Resultados y discusión	74
6.4.1 Uso del suelo y clima topográfico	74
6.4.2 Características florísticas y estructurales del matorral desértico rosetófilo ante dos condiciones diferentes de exposición y de uso del suelo	74
6.4.2.1 Comparaciones florísticas en las cuatro condiciones de ladera	74
6.4.2.2 Cambios estructurales del matorral rosetófilo, obtenidos en las cuatro condiciones de ladera	82

6.4.2.2.1	Valores totales	83
6.4.2.2.2	Valores por estrato	83
6.4.2.2.3	Valor de importancia relativo, curvas de abundancia y fracción k de dominancia	88
6.4.2.2.4	Diversidad ecológica	91
6.4.3	<i>Echinocactus platyacanthus</i> en relación con el efecto de ladera y el disturbio	92
6.4.3.1	Valor de importancia relativo	92
6.4.3.2	Distancias al vecino más cercano	92
6.4.3.3	Número de costillas, diámetro y altura	95
7.	Etnobotánica	99
7.1	Antecedentes y objetivo	99
7.2	Hipótesis	99
7.3	Materiales y métodos	100
7.4	Resultados y discusión	100
7.4.1	Nombres vernáculos	100
7.4.2	Flores y frutos	100
7.4.3	Indumento lanoso	100
7.4.4.	Tallo	101
7.4.4.1	Dulce de biznaga	101
7.4.4.2	Queso de conserva	103
7.4.4.3	Forraje	103
7.4.4.4	Ornato	104
7.4.4.5	Síntesis química de hormonas	104
8.	Conclusiones	105
9.	Resumen	108

10. Literatura citada	112
Apéndice 1: Caracterización de los sitios de distribución de <i>Echinocactus platyacanthus</i> , encontrados en las rutas exploratorias por el Estado de San Luis Potosí	119
Apéndice 2: Lista de especies colectadas en los recorridos por el Estado de San Luis Potosí y Norte de Querétaro, en donde fue hallado <i>Echinocactus platyacanthus</i>	122

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	<i>Echinocactus platyacanthus</i> en matorral desértico rosetófilo en el Estado de San Luis Potosí	3
2.	Distribución geográfica conocida de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	17
3.	Distribución geográfica de <i>Echinocactus platyacanthus</i> en el Estado de San Luis Potosí	19
4.	Botones, flor y frutos de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	30
5.	Calendario fenológico de <i>Echinocactus platyacanthus</i> con base en observaciones efectuadas en Cerro de San Pedro, Villa de Arista y Estancia del Arenal en el Estado de San Luis Potosí, durante 1980	31
6.	Climogramas de las estaciones más cercanas a las zonas de estudio	32
7.	Variación del número de frutos presentes en 20 individuos de <i>Echinocactus platyacanthus</i> , encontrada en las localidades Cerro de San Pedro, Villa de Arista y Estancia del Arenal en el Estado de San Luis Potosí, de febrero 1980 a mayo 1981	35
8.	Características de la semilla y fases en la germinación de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	45
9.	Germinación de semillas de <i>Echinocactus platyacanthus</i> en cajas de Petri, a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (desviación estándar)	48
10.	Germinación de semillas de <i>Echinocactus platyacanthus</i> y sobrevivencia de las plantas resultantes, en suelos de substrato calizo y riolítico en condiciones de laboratorio	50
11.	Sobrevivencia de individuos de <i>Echinocactus platyacanthus</i> tras plantados a suelos de substrato calizo y riolítico en condiciones de laboratorio	56

12.	Frutos producidos en relación con el número de costillas en <i>Echinocactus platyacanthus</i>	61
13.	Localización de la zona de estudio	70
14.	Diagrama ombrotérmico de la estación Matehuala, SLP., la más cercana a la zona de estudio	71
15.	Variaciones climáticas entre las laderas Norte y Sur conservadas (Arroyo Siete Tinajas, de la Sierra el Azul, SLP)	76
16.	Índice de similitud del matorral desértico rosetófilo, encontrado entre las cuatro condiciones de ladera	79
17.	Curvas de valor de importancia obtenidas en matorral desértico rosetófilo en laderas con diferente exposición y grado de disturbio	89
18.	Distribución de los valores de distancia al vecino más cercano y número de costillas, obtenidos de 30 individuos de <i>Echinocactus platyacanthus</i> en cada condición de ladera	93
19.	Distribución de los valores de diámetro y de altura obtenidos de 30 individuos de <i>Echinocactus platyacanthus</i> , en cada condición de ladera	96

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Localidades reportadas de <i>Echinocactus platyacanthus</i>	9
2.	Altura, diámetro y peso seco de plantas sembradas y trasplantadas de <i>Echinocactus platyacanthus</i> sobre suelos derivados de roca caliza y riolítica	51
3.	Algunas características edáficas de suelos calizos y riolíticos	53
4.	Condición de la superficie del suelo encontrada en el Arroyo Siete Tinajas (zona conservada) y Cañón del Pato (zona perturbada), en laderas con exposición Norte y Sur	75
5.	Distribución y valor de importancia relativo de las especies registradas en cada condición de ladera	78
6.	Resumen de las características estructurales del matorral desértico rosetófilo obtenidas en las laderas con exposición Norte y Sur, bajo situaciones conservadas y perturbadas	84
7.	Valores de $F_{1,8}$ de los análisis de varianza con dos criterios de clasificación y repetición, obtenidos a partir de algunas características estructurales de matorral rosetófilo ante dos condiciones contrastantes de exposición y disturbio	85
8.	Valores D obtenidos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, al comparar los atributos medidos en <i>Echinocactus platyacanthus</i> entre las cuatro condiciones de ladera	94

Introducción.

La población humana es tan numerosa y posee tal capacidad de control sobre la naturaleza, que no es posible entender el funcionamiento de la mayor parte de los ecosistemas si se prescinde de ella (Margalef, 1974). En las zonas áridas del viejo y del nuevo mundo, existen numerosos ejemplos que indican que muchas de las acciones del hombre han acentuado los problemas y las intensidades de la aridez (Walton, 1969).

En México, las zonas con climas áridos (BS) y muy áridos (BW) (García, 1973), ocupan aproximadamente el 51% del territorio nacional (Contreras, 1955). Las principales actividades que en ellas se desarrollan son la agricultura, la ganadería y la explotación de especies silvestres (Beltrán, 1964). La agricultura que ahí se practica es principalmente de temporal (CONACYT, 1979); a causa de las limitaciones del suelo y del clima, por lo general tiene poco éxito (Beltrán, 1964; Rzedowski, 1978). El uso más común que se le ha dado a la vegetación xerófila en México ha sido la ganadería, principalmente la caprina por estar mejor adaptada a consumir arbustos, incluso los espinosos, y por requerir de poca agua (Rzedowski, 1978). Por la escasez de recursos y el incremento de la población rural, el hombre que vive en dichas zonas ha tenido que recurrir cada vez más al uso de la vegetación nativa, que muchas veces significa para él la única fuente de ingresos (Marroquín *et al.*, 1964). Es tal la intensidad de la ganadería así como la explotación de especies silvestres, que en dichas zonas está provocando una gran reducción de la cobertura vegetal (Roldán y Trueba, 1978), y cuando esto ocurre, las condiciones desérticas se alcanzan rápidamente de acuerdo con Cloudsley-Thompson (1977).

De las formas actuales de utilización de las zonas áridas, el uso de los ecosistemas naturales parece ser el más eficiente; puesto que de acuerdo con

Watt (1968), las especies nativas a través del tiempo y la selección natural, optimizan el empleo de la energía. Con base en lo anterior, es poco probable que las especies exóticas superen en eficiencia a las nativas.

El CREZAS-CP tiene como uno de sus objetivos, estudiar la flora silvestre más importante del Altiplano Potosino-Zacatecano y Estados aledaños, para fundamentar su explotación conservacionista (Aguirre, 1979). Entre estas especies se encuentra *Echinocactus platyacanthus* Lk. & O. (Figura 1), una biznaga con extensa distribución geográfica y considerable abundancia, usada para alimentación humana, animal y como elemento decorativo.

Debido a la poca información existente sobre esta especie y con base en lo precedente, el objetivo general de este trabajo fué contribuir al conocimiento de la ecología de esta cactácea. Para lograrlo, se trabajó sobre los siguientes aspectos: a) distribución geográfica y ecológica, b) fenología reproductiva, c) germinación y establecimiento, d) crecimiento, e) relaciones del efecto de ladera y perturbación con la población de *E. platyacanthus* y el matorral desértico rosetófilo, y f) etnobotánica. La metodología general utilizada consistió en la investigación bibliográfica, la observación, la experimentación y el acopio del conocimiento de los campesinos.

1. Información existente sobre *Echinocactus platyacanthus*.

1.1 Taxonomía.

De acuerdo con Buxbaum (1958) el género *Echinocactus* Lk. & O. queda incluido dentro de las siguientes categorías taxonómicas: Familia Cactaceae Lindl., Subfamilia Cereoideae Schum., Tribu Echinocacteeae Schum. emend. Buxb., y Subtribu Echinocactinae Britt. & Rose emend. Buxb. Berger (citado por Bravo, 1978) supone que la Tribu Echinocacteeae se ha diferenciado de antecesores de la Tribu Pachycereae Buxb., en la que se encuentran géneros como *Neobuxbaumia* Backeb. emend. Dawson & Buxb., *Carnegiea* Britt. & Rose non Perkins y *Cephalocereus* Pfeiff. Por otro lado, Buxbaum (1958) considera que el género *Echinocactus* es el más primitivo dentro de la Tribu Echinocacteeae, pues presenta flores escamosas y lanosas. De acuerdo con este mismo autor, a partir de este género derivaron las distintas líneas evolutivas que componen la Tribu Echinocacteeae. Entre los géneros que componen a esta última Tribu además de *Echinocactus* pueden citarse: *Thelocactus* (Schum.) Britt. & Rose, *Lophophora* Coult., *Ferocactus* Britt. & Rose, *Mammillaria* Haw. non Stackh., y *Coryphantha* (Engelm.) Lem.

Recientemente, Bravo (en prensa) agrupó en uno solo cinco taxa descritos del género *Echinocactus*: *E. grandis* Rose, *E. ingens* Zucc., *E. palmeri* Rose, *E. platyacanthus* Lk. & O., y *E. visnaga* Hook., puesto que sus descripciones correspondían a diferentes estadios de crecimiento de una misma especie. Con base en el Principio de la Prioridad *E. platyacanthus* fué el nombre que se conservó. Bravo (en prensa) distinguió ligeras diferencias morfológicas entre las supuestas especies, que le indujeron a considerar tres formas geográficas: *grandis*, *platyacanthus* y *visnaga*.

Con base en la reducción anteriormente señalada, las especies que compo

nen el género *Echinocactus* además de *E. platyacanthus* siguiendo a Britton y Rose (1937) y Backeberg (1974), son las siguientes: *E. grusonii* Hild., *E. horizonthalonius* Lem., *E. parry* Eng., *E. polycephalus* Eng. & Big. y *E. xeranthemoides* (Coul.) Eng.

Se han iniciado estudios cromosómicos en varias especies de cactáceas, para poder entender ciertos problemas taxonómicos dentro de esta familia. Aunque no se ha reportado el número cromosómico de la especie de interés, se ha encontrado que *E. polycephalus* (Pinkava *et al.*, 1977) y *E. horizonthalonius* (Weedin y Powell, 1978) son diploides y poseen un número cromosómico (n) de 11.

1.2 Descripción botánica.

El nombre botánico de *Echinocactus platyacanthus* se debe a Link y Otto, cuyas descripciones se basaron en ejemplares de tamaño medio procedentes del Este de México. Bravo (en prensa) afirma que aunque la descripción que hicieron fué breve, el dibujo que la ilustra es bastante exacto y puede tomarse como tipo.

Con base en observaciones morfológicas efectuadas en individuos en diferente etapa de crecimiento y con las descripciones hechas por Rose en *E. grandis* y en *E. palmeri*, Bravo (en prensa) amplía la descripción hecha por Link y Otto:

"Cuerpo globoso, subgloboso, gruesamente columnar hasta toneliforme, los ejemplares adultos de 5 dm a 2 m de altura y de cerca de 60 a 80 cm de diámetro, de color verde oscuro o algo glauco, presentando en las formas jóvenes, bandas horizontales de color rojizo purpúreo; ápice hundido, llevando abundante lana amarillenta que forma una amplia zona lanosa circular o más o menos elíptica. Costillas gruesas y duras, cuyo número aumenta con

la edad, de 5 a 8 en las formas juveniles hasta alrededor de 60 en las formas columnares viejas, con vértice agudo, con la base más o menos ancha y los surcos intercostales profundos. *Aréolas* en los ejemplares jóvenes, distantes entre sí de 1 a 3 cm; en los ejemplares adultos, contiguas o confluentes, circulares hasta elípticas, de unos 12 mm de diámetro, las del ápice con abundante lana amarillenta; las demás restantes más o menos glabras. *Espinación* variable en relación con la edad de la planta; todas las espinas grandes y gruesas, subuladas o más o menos aplanadas, estriadas transversalmente, al principio amarillentas hasta con tintes rojizos, después más o menos castañas y al final negruzcas. *Espinas radiales* en los ejemplares jóvenes, 8 a 10, dispuestas 4 arriba y 4 abajo de la aréola, de 3 a 4 cm de longitud, frecuentemente 1 superior y otra inferior dirigidas hacia arriba y hacia abajo, las demás largas, rectas, una que otra, a veces, un poco ganchuda, horizontales y laterales, con el tiempo se reducen en número hasta desaparecer. *Espinas centrales* 4, dispuestas en cruz, a veces por reducción 3 o hasta 1, de 5 a 10 cm de longitud, la inferior y a veces la superior generalmente más largas, más o menos aplanadas y con la base algo engrosada, rectas o algo curvas, estriadas transversalmente, las 2 laterales más o menos horizontales, la inferior dirigida hacia abajo, la superior porrecta, con el tiempo se atrofian pudiendo reducirse a una sola. *Flores* numerosas emergiendo entre la lana del ápice, diurnas, abriéndose ampliamente, de unos 5 a 7 cm de diámetro, de color amarillo intenso; pericarpelo y región receptacular indiferenciados, formando un todo obcónico, de paredes gruesas; la región pericarpelar de alrededor de 2 cm de longitud y 1.2 cm de diámetro, provista de numerosas escamas lineares y largamente acuminadas, con la extremidad escariosa, de 7 a 12 mm de longitud, con abundantes pelos axilares sedosos, de 3 a 4 cm de longitud, de color

blanco amarillento; región receptacular muy corta, de paredes gruesas, las dos terceras partes inferiores con escamas semejantes a las del pericarpelo, la tercera parte superior con numerosas escamas angostamente triangulares, de cerca de 15 mm de longitud, coriáceas, acuminadas, con lana axilar, en transición con los segmentos exteriores del perianto; segmentos exteriores del perianto numerosos, anchamente oblanceolados, coriáceos, de alrededor de 1.5 cm de longitud, acuminados, con el margen dentado; segmentos interiores del perianto también numerosos, espatulados, con el ápice apiculado o dentado, de color amarillo intenso, cavidad del ovario ovoide, de 6 mm de diámetro, con óvulos numerosos provistos de funículos ramificados; nectario en torno de la base del estilo, de cerca de 1 cm de longitud; estambres muy numerosos; filamentos amarillos, anteras de color amarillo cromo; estilo grueso, de 3 a 3.5 cm de longitud, amarillento, estriado longitudinalmente, lóbulos del estigma 10 a 12, de unos 8 mm de longitud, amarillos. *Fruto* seco, largamente oblongo, de 5 a 7 cm de longitud, amarillento, con escamas numerosas, angostamente lineares, escariosas, con lana y pelos axilares que cubre la pared del fruto; conserva adheridos los restos secos del perianto. *Semillas* de alrededor de 2.5 mm de longitud; testa negra, brillante, con ornamentación celular; hilo basal lateral, micrópilo pequeño, próximo al hilo".

Según Bravo (en prensa) las diferencias morfológicas existentes entre las formas geográficas de *E. platycanthus* son las siguientes: la forma *grandis* tiene tallos viejos, anchamente columnares con gruesos plegamientos transversales, las espinas son negruzcas, las centrales de 4 a 5 cm de longitud; la forma *platycanthus* posee tallos viejos anchamente columnares, toneliformes a veces con plegamientos transversales, sus espinas centrales son de color amarillo, ligeramente curvas y de 6 a 8 cm de longitud, y, finalmente la forma *vís-*

naga que presenta tallo similar a la forma *platyacanthus*, espinas centrales a marillas o con tinte rojizo de 6 a 10 cm de longitud y rectas.

El polen de esta especie de acuerdo con González (1969) es tricolpado, rectado, psilado, varía de sub-esferoidal a prolato, de $57(69)89\mu$ por $46(67)73\mu$. En vista polar es circular, con un diámetro de $65(77)95\mu$. Exina de casi 5μ de grosor, medida entre los colpos ya que se adelgaza hacia ellos; elementos de la columela de 3μ de alto; ectexina tres veces más gruesa que la endexina. Colpos: de 65 a 95μ de largo por 5 a 8μ de ancho.

1.3 Componentes químicos conocidos.

En un estudio químico preliminar realizado en varias especies de cactáceas, Domínguez *et al.* (1969), encontraron alcaloides en la forma *visnaga* y flavonoides en la forma *grandis*. En un trabajo posterior, Domínguez *et al.* (1970) obtuvieron en la forma *grandis*, β -sitosterol, que es de los esteroides más abundantes en las angiospermas según Grunwald y Heftmann (citados por Salisbury y Ross, 1978); también encontraron dos azúcares: galactosa y ramnosa.

1.4 Distribución geográfica.

El género *Echinocactus* sólo se encuentra desde el Sur de los Estados Unidos hasta Puebla, en México. *Echinocactus grusonii* se distribuye de San Luis Potosí a Hidalgo; *E. horizontalis*, al Oeste de Texas, y desde el Sur de Nuevo México y Arizona hasta el Distrito Federal; *E. parryi*, en el Paso y Norte de Chihuahua; *E. polycephalus* en Utah, Oeste de Arizona, Sur de California y Norte de Sonora; y por último, *E. xeranthemoides*, en el extremo suroeste de Utah y noreste de Arizona (Britton y Rose, 1937; Backeberg, 1974).

Echinocactus platyacanthus se encuentra únicamente en México. La Tabla 1 muestra los lugares en donde ha sido encontrado, junto con los autores que lo reportan.

Tabla 1. Localidades reportadas de *Echinocactus platyacanthus*.

localidad	fuentes bibliográficas
Aguascalientes	
cerca de Rincón de Ramos	Gold (1964)
Coahuila	
Km. 192 Matehuala (SLP)- Saltillo (Coah.)	Bravo (en prensa)
Guanaajuato	
no especificada	Gold (1967)
Hidalgo	
Actopan	Diguet (1928)
Barranca de Metztlán	Diguet (1928) y Sánchez-Mejorada (1964, 1978)
Barranca del Río Moctezuma	Otero (1970)
Barranca de Tolantongo	Bracamontes (1978)
Ixmiquilpan	Diguet (1928)
San Pedrito	Diguet (1928)
Tecozautla	Meyrán y Meyrán (1958)
Valle del Mezquital	González (1968)
8 ó 9 Km. de Zimapán	Diguet (1928) y Meyrán (1955)
Nuevo León	
E de Dr. Arroyo por Sta. Lucía entre Escondida y Aramberri	Bravo (en prensa) y Hernández (1981)
Galeana	Bravo (en prensa)
Km. 51 Las Juanas	Bravo (en prensa) y Marroquín <i>et al.</i> (1964)
entre Linares y San Roberto	Bravo (en prensa)
San Juan de la Cruz	Bravo (en prensa)
Oaxaca	
no especificada	Gold (1970 a)
Puebla	
Coapan	Diguet (1928)

continuación Tabla 1.

Localidad	fuentes bibliográficas
Km. 34 Tecamachalco-Acuñtzingo entre Tehuacán y Zapotitlán de Salinas	Gold y Sánchez-Mejorada (1962) Diguët (1928), Gold y Sánchez-Me- jorada (1962)
Valle de Tehuacán	Gold y Matuda (1956), Gold (1970 b) y Meyrán (1973)
Querétaro	
Colón	Fittkau (1963)
San Luis Potosí	
1 Km. W La Bonita	Bravo (en prensa)
Cerritos	Bravo (en prensa)
1 Km W Cerro de San Pedro	Rzedowski (1955)
Ciudad del Maíz	Marroquín <i>et al.</i> (1964)
Guadalcazar	Marroquín <i>et al.</i> (1964)
cerca del Huizache	Bravo (en prensa)
Km. 88 Matehuala (SLP)-Saltillo (Coah.)	Bravo (en prensa)
cerca Moctezuma	Bravo (en prensa) y Rzedowski (1955)
Km. 20, 35 y 65 SLP-Antiguo Mo- relos (Tamps.)	Rzedowski (1955)
Km. 39 y 42 SLP-Zac.	Bravo (en prensa)
Tamaulipas	
7 Km. S Jaumave	Bravo (1960)
Zacatecas	
Mazapil	Bravo (1960)

Bravo (en prensa) reporta la forma *grandis* en Tehuacán, Puebla; la forma *platyacanthus*, en los valles intermontanos y barrancas profundas de los Estados de Hidalgo y Querétaro; y la forma *visnaga*, en el Altiplano de los Estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León y sudoeste de Tamaulipas.

1.5 Conocimiento ecológico.

Echinocactus platyacanthus se ha reportado como elemento del matorral desértico rosetófilo en Hidalgo (González, 1968; Sánchez-Mejorada, 1978), Nuevo León (Marroquín *et al.*, 1964; Hernández, 1981); Puebla (Meyrán, 1973), San Luis Potosí (Rzedowski, 1955; Marroquín *et al.*, 1964), y en Tamaulipas y Zacatecas (Bravo, 1960). Este tipo de vegetación se caracteriza porque sus dominantes fisonómicos presentan hojas dispuestas en forma de roseta como son los géneros *Agave*, *Hechtia*, *Yucca* y *Dasylistrion*. En Nuevo León, se cita además en el matorral micrófilo de *Larrea tridentata* (D.C.) Cov. y *Flourensia cernua* D.C. así como en el mezquital extradesértico de *Prosopis juliflora* D.C. (Hernández, 1981).

La altitud mínima a la que *E. platyacanthus* ha sido encontrado es de 1250 m (Sánchez-Mejorada, 1978); y la máxima, 2600 m (González, 1968). En la mayoría de las localidades citadas se ha reportado en pendientes de 1 a 40%; substrato sedimentario de origen marino como calizas, margas o areniscas; suelo somero, bien drenado, pedregoso, con alto contenido de materia orgánica y carbonato de calcio; y el clima que prevalece es seco o estepario (BS).

Existen algunos trabajos en donde se ha citado a esta cactácea en matorral crasicale junto con garambullo (*Myrtillocactus geometrizans* (Martius) Console), varias especies de nopales (*Opuntia spp.*), y sobre substrato ígneo, en San Luis Potosí (Rzedowski, 1955 y Velázquez, 1962) y en Hidalgo (Gonzá-

lez, 1968; Signoret, 1970). Dichas localidades que también presentan clima BS, tienen rasgos topográficos similares a los reportados en matorral rosetófilo.

En cuanto al crecimiento, Bravo (en prensa) menciona que *E. platyacanthus* requiere de muchos años (cerca de un siglo) para adquirir su forma columnar o de tonel y que puede alcanzar hasta 3 m de altura y pesar varias toneladas. También indica que florece muy pronto, desde su estado juvenil de ocho costillas.

Boke (1980) señala que el meristemo apical que posee *E. platyacanthus* es de los más grandes que se conocen, y que la propagación vegetativa puede inducirse mediante decapitamiento en cactáceas que carecen de este método de propagación. Marroquín *et al.* (1964) observaron que cuando *E. platyacanthus* es proporcionada al ganado, puede en ocasiones sobrevivir y los individuos originan yemas, que dan lugar a una colonia.

1.6 *Echinocactus platyacanthus* y el hombre.

Los aztecas llamaron a las cactáceas como la de interés *Huitznahuac*, palabra que se compone de *huitzli*, espina y *nahuac*, alrededor; por lo que significa "rodeado de espinas" (Robelo, sin fecha). Peñafiel (citado por Robelo, sin fecha), señala que *Huitznahuac* se escribía en el siglo XVI, cuando los misioneros aplicaron el alfabeto castellano al idioma náhuatl, del modo siguiente: *Vitznauac*, de donde se formó por corrupción *Visnagua*, *biznaga*. A clara además que la *biznaga* de México tiene distinta acepción que en Europa, ya que allá se designa así a una planta con hojas.

En la Historia Natural de Nueva España de Hernández (1959), no se encuentra una descripción que pueda atribuirse inequívocamente a *E. platyacanthus*. No obstante se menciona al *Teocomitl* y al *Tocahuitzli*, que presentan algunos

rasgos morfológicos similares a los de la especie de interés. Dice este autor que la primera se consumía cocida con semillas de calabaza o como fué costumbre entre los chichimecas, hecho tamales; de la segunda, menciona que la pelusa parecida a algodón, que ésta posee, así como sus raíces, eran utilizadas para curar úlceras. En la descripción de *Huitznahuac* dada por Robelo (sin fecha), menciona: "... Los pedunculillos de las flores secos, por su dureza y por su punta aguda parece o son verdaderas espinas; y por ésto se emplean como mondadientes, para lo cual se preparan con sangre de drago." Peñafiel (citado por Robelo, sin fecha) señala que las espinas de estas plantas junto con las del maguey eran utilizadas para sacrificarse las carnes, sacándose sangre de las orejas, de los molledos, de los brazos y piernas, de la nariz y aún de la lengua. Con estos objetos se consagraba a *Huitznahuac* o biznaga deificada, la cual tenía su templo llamado *Huitznahuacteopan* (Templo de *Huitznahuac*), y el sitio en donde se guardaban las espinas le denominaban *Huitznahuacalli* o *Huitzcalco* que significa en la casa de las espinas.

Bravo (1978), con base en datos iconográficos de los códices Nutall y Pictórico y en un monolito hallado en Tlaxcala, considera que el *Teocomitl* (olla sagrada) representado en ellas, es una especie de *Echinocactus* el cual era usado como mesa de sacrificios; probablemente se trate de *E. platyacanthus* por la forma y distribución de esta especie. Con respecto a la palabra *Teocomitl*, Robelo (sin fecha) dice: " El Sr. del Paso y Troncoso describe la biznaga como objeto sagrado del culto y menciona que su nombre mexicano es *Teocomitl*, que significa olla divina; pero no es exacto, porque el *Teocomitl* es el arbusto espinado llamado agracejo y por eso Molina, al traducir *Teocomitl* dice "espino grande", lo cual no conviene a la biznaga".

Se han encontrado restos subfósiles de *E. platyacanthus* en las excavacio-

nes arqueológicas de Tehuacán, que sugieren su posible utilización por el hombre desde el año 200 A.C. (González, 1972).

Paez (1888) al referirse a una biznaga del Estado de San Luis Potosí, seguramente *E. platyacanthus*, señala que la "lana" que dicha planta produce podría suplir a la de oveja para ciertos usos; así mismo indica que sus flores de color amarillo permanente, se empleaban para teñir diversas prendas.

Diguét (1928) menciona que desde la conquista española, *E. platyacanthus* era utilizada principalmente como forraje, en la época más seca del año. En la actualidad, el parénquima de esta especie sigue siendo usado como forraje en circunstancias de extrema sequía (Rzedowski, 1957; Marroquín *et al.*, 1964), y para elaborar el dulce de biznaga o acitrón (Diguét, 1928; Bravo, 1937; Rzedowski, 1957; Hernández, 1981). Hernández (1981) reporta que los frutos que son llamados borreguitos son dulces y por lo tanto son consumidos por la gente. La lana que posee en la región apical es utilizada como relleno (González, 1972; Hernández, 1981) y para hacer nidos cuando se crían conejos (Hernández, 1981). Un último uso reportado, es como planta de ornato (Rzedowski, 1957).

Debido a que el nombre biznaga se ha aplicado a varias especies de cactáceas globosas o subglobosas, existen algunas denominaciones adicionales para distinguir las; para *E. platyacanthus* se le conoce como "biznaga de acitrón" en Puebla, Hidalgo, Querétaro, Coahuila y Zacatecas; "biznaga gigante" y "biznaga de lana" en Hidalgo y Querétaro; "biznaga burra" en Coahuila y Zacatecas y "biznaga cabúcha" y "biznaga dulce" en región de Guadalupe, SLP., según Martínez (1979).

2. Distribución geográfica y ecológica.

2.1 Antecedentes y objetivos.

De acuerdo con Billings (1968) cualquier especie tiene dos niveles de distribución; la macrodistribución o distribución geográfica que señala en forma general los límites de distribución de la planta; y la microdistribución o distribución ecológica que determina las condiciones ambientales en donde se encuentra. En el caso de *Echinocactus platyacanthus* se carece de un conocimiento detallado sobre estos dos niveles de distribución pero, ocasionalmente se puede encontrar algo de información en trabajos regionales. Los objetivos de este estudio fueron: conocer la distribución geográfica de *E. platyacanthus* y los factores que afectan su distribución y abundancia en el Estado de San Luis Potosí.

2.2 Hipótesis.

Echinocactus platyacanthus se distribuye en climas secos o esteparios (BS), sobre laderas con suelo poco profundo y substrato calizo, y en matorral desértico rosetófilo.

2.3 Materiales y métodos.

Se elaboró un mapa de la macrodistribución de la especie con base en la información bibliográfica existente y la información obtenida a través de recorridos efectuados por el Estado de San Luis Potosí y lugares aledaños. Estos recorridos exploratorios permitieron recabar información sobre la distribución ecológica de la biznaga, para lo cual se registró la altitud y se recopilaron datos sobre tipo de substrato, clima, vegetación y suelo con ayuda de la cartografía DETENAL. En cada una de las localidades se hicieron estimaciones cualitativas de la abundancia de la cactácea de interés y se estimó someramen-

te el grado de deterioro del lugar. En las localidades Cerro de San Pedro, Villa de Arista, Jarillas, Charcas, Estancia del Arenal, Guadalcazar y San Miguel, del Estado de San Luis Potosí, así como en Peña Blanca, en el Estado de Querétaro, se colectó e identificó material botánico. La nomenclatura para la mayoría de las especies siguió a Standley (1920-1926) y Correll y Johnston (1979). Bravo (1978) y Britton y Rose (1937) fueron usados para cactáceas. Cuando las especies tenían algún nombre común, éste fué registrado. El material botánico colectado se depositó en el Herbario del Colegio de Postgraduados.

2.4 Resultados y discusión.

2.4.1 Distribución geográfica

La distribución geográfica de *Echinocactus platyacanthus* queda comprendida entre los paralelos 18°00' y 25°00' N y los meridianos 97°00' y 102°00' W y sigue una dirección SSE-NNW; por lo tanto puede considerarse como una especie endémica de México (Figura 2). Con base en el mapa de las provincias fisiográficas de México, elaborado por Raiz (1964), la especie se ubica parcialmente en: la Cordillera Transversal (Cross Range), Sierra Alta (High Sierra) y Cordilleras Bajas (Lower Ranges) del sistema orográfico de la Sierra Madre Oriental; en la Meseta Central; y en los Altos de Oaxaca (Oaxaca Uplands) correspondiente al sistema de la Sierra Madre del Sur.

La distribución geográfica de *E. platyacanthus* presenta una notable disyunción provocada por el Eje Volcánico Transversal, que indudablemente representa una importante barrera geográfica en el flujo de genes de la especie (Figura 2). Dado que las formas ancestrales de la familia Cactaceae se localizan en los territorios emergidos del Caribe (Bravo, 1978), es pro

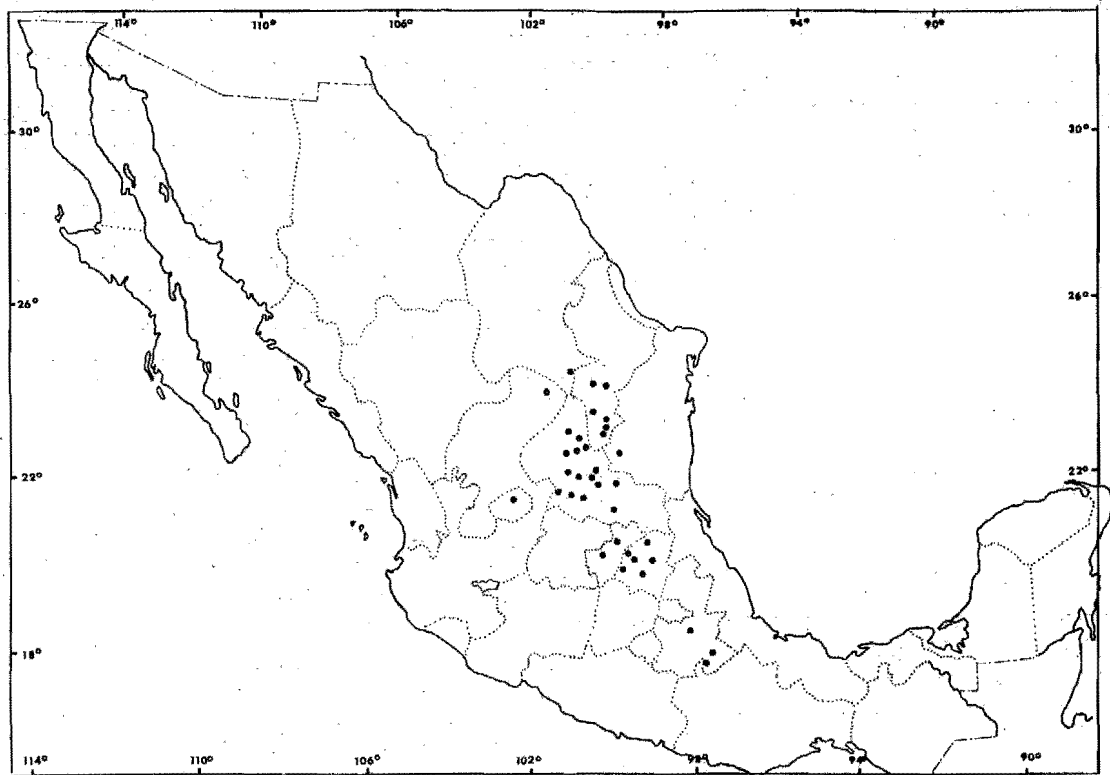


Fig. 2. Distribución geográfica conocida de *Echinocactus platyacanthus*.

bable que el centro de origen de *E. platyacanthus* se haya localizado en los Estados de Puebla y Oaxaca; y de ahí se haya dispersado hacia el Norte.

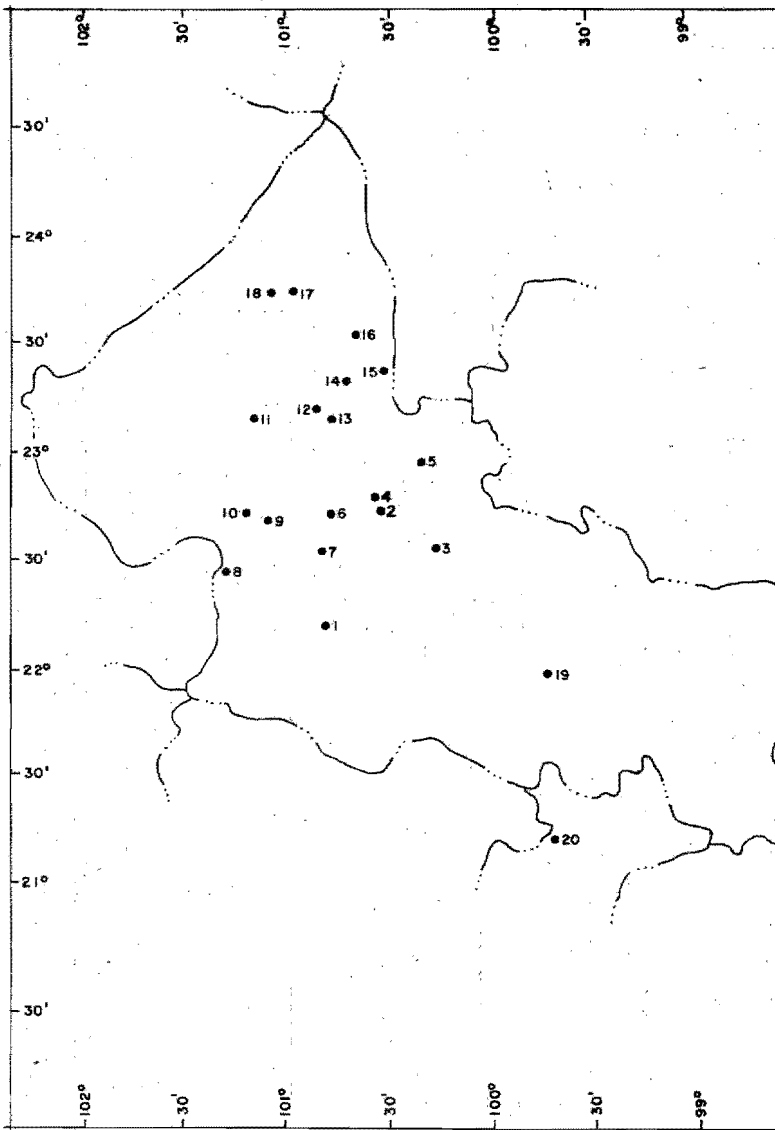
Para la distribución en el Estado de San Luis Potosí (Figura 3), se observó que existe un pasillo que comunica a la biznaga con el Estado de Oaxaca y que pasa por las localidades de Puente Peña Blanca, Oro y Cárdenas SLP. A partir de Cárdenas, la distribución se dirige hacia el Oeste, hacia Estancia del Arenal y Santa Teresa, pasando por Cerro de San Pedro. De esta última localidad presenta una dirección tanto con rumbo al NNW como al NNE, en el primer caso llega hasta el Poniente de Catorce y en el segundo hasta el Oriente del Huizache. Desde Charco Blanco hacia el Norte, se le observa en las serranías paralelas a la carretera a Matehuala, como son las Sierritas de la Trinidad y los Librillos antes del Huizache, y las Sierras de Catorce y el Azul, al Norte de esta población.

2.4.2 Distribución ecológica.

Se registraron 20 localidades en los recorridos efectuados. En el presente capítulo se resumen los principales rasgos ecológicos de cada sitio.

2.4.2.1 Topografía.

De acuerdo con las subdivisiones geomorfológicas propuestas por Rzedowski (1966) para el Estado de San Luis Potosí, *E. platyacanthus* queda representado dentro de la Región Boreo Central y parcialmente en las Serranías Montañosas y Llanura de Río Verde, en una amplitud altitudinal entre 1,180 m al Oeste de Charcas, y 2,350 m al Oeste de Charcas. De las localidades citadas en la República Mexicana en donde aparece la especie, las alturas



(90%) se encontró a la especie sobre suelos con pendientes mayores de 20° a 30°, las cuales pertenecen a las pendientes escarpadas de Curtis *et al.* (1965). En suelos aluviales y en planicies la densidad de la biznaga tiende a disminuir tal como se ha observado en otras localidades de la República Mexicana.

En planicies, al pie de los cerros, en donde presenta una baja densidad se observó una vegetación más méxica que la de las laderas donde predominan especies subarbóreas como *Prosopis laevigata* (H.&B. ex Willd.) M.C. Johnston y arbustos como *Acacia constricta* Gray. No obstante en los terrenos planos de la localidad cercana a Pozos de Acuña, se halló con abundancia regular. En el entorno a Matehuala, *E. platyacanthus* aparece en llanuras con matorral mixto pero presenta una densidad muy baja. Las variaciones de densidad observadas pueden deberse a que existen diferentes condiciones ambientales tanto en las laderas como en las planicies. De acuerdo con Buol *et al.* (1973), el relieve influye en las propiedades del suelo, de la vegetación y del clima.

2.4.2.2 Material parental.

El tipo de suelo en el que se encontró la biznaga fue litoso eutrófico, el cual tiene una profundidad promedio de 25 cm. En un 99% de las localidades estudiadas se halló creciendo sobre roca sedimentaria caliza. Por lo tanto, puede considerarse ligada a este sustrato, tal como lo menciona Marroquín *et al.* (1973). En algunas ocasiones junto con la roca caliza se halló lutita como en Escobedo Arenal y San José del Grito. Ocasionalmente se observó la especie sobre sustrato aluvial, como en Nuñez.

En los recorridos efectuados se encontró en algunas ocasiones zonas

similitud entre estas dos especies probablemente causó que se confundieran *tyacanthus* y se le citara en numerosos trabajos sobre substrato ígneo.

En el resto de la República Mexicana, en donde aparece esta cactácea encontrado creciendo también sobre substrato calizo y de esta manera, se ve desde Puebla hasta Nuevo León. La marcada selectividad por los sitios permiten considerar esta especie como calcícola. La discontinuidad observada en el Eje Volcánico Transversal seguramente se debe a la naturaleza ígnea de esta provincia fisiográfica. Dicha disyunción sugiere la existencia de una distribución continua de *E. platyacanthus* antes de la formación del Eje Volcánico Transversal que es del Plioceno Superior al Reciente (López, 1976).

De lo observado tanto en San Luis Potosí como en el resto de la República Mexicana, el material parental parece ser uno de los factores ambientales que ejercen influencia sobre la distribución de la especie.

2.4.2.3 Vegetación.

Echinocactus platyacanthus se encontró en un 57% de las localidades matorral desértico rosetófilo, caracterizado por asociaciones de plantas como roseta, ramosas y espinosas entre las que se encuentran *Agave* spp., *Hesperaloe parviflora* Zucc., *Agave lecheguilla* Torr., *Agave striata* Zucc., *Dasylirion* spp. y *Yucca* spp. Un 13% en matorral submontano, con especies como *Helietta* (A. Gray) Benth., *Leucophyllum* spp., *Celtis pallida* Torr., y *Forestiera* spp. Un porcentaje igual al anterior se encontró sobre mezquital extradesértico, que son frecuentes entre otras especies *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Acacia laevigata* (H.&B.) Johnst., *Mimosa* spp. y *Acacia* spp. Finalmente, un 17% de las localidades matorral rosetófilo de las montañas de la zona de la Sierra de Guadalupe.

de *E. platyacanthus* obtiene su mejor expresión es en el matorral desértico rosetófilo (Figura 1), tipo de vegetación en el que ha sido reportado en otras partes de la República (Marroquín *et al.*, 1964; González, 1968; Méndez, 1973; Sánchez-Mejorada, 1978; Hernández, 1981).

El área de distribución del matorral desértico rosetófilo, parece estar restringida al Desierto Chihuahuense y algunas de las zonas áridas del Centro de México como son Hidalgo y Puebla (Rzedowski, 1966), lo cual coincide aproximadamente con la distribución de *E. platyacanthus*. En las zonas de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí y Tamaulipas, en donde se encuentra la biznaga, el tipo de vegetación que les corresponde según Marroquín *et al.* (1964) es el típico matorral desértico rosetófilo, que fué descrito previamente en párrafos anteriores. Hacia el Sur, en los Estados de Querétaro y Hidalgo, el matorral desértico rosetófilo se presenta en forma muy semejante a la observada más al Norte (Rzedowski, 1966). No obstante en la Barranca de Metztitlán, Hgo., *E. platyacanthus* se encuentra formando una de las asociaciones dominantes junto con *Agave striata* y el famoso "viejito" *Cephalocereus cholla* (Haw.) Pfeiff., el cual es endémico de la región (Sánchez-Mejorada, 1978). Según Rzedowski (1966) cerca de Tehuacán, Pue., el matorral rosetófilo se encuentra en forma algo modificada y faltan muchos de los elementos característicos. Como eminencias se encuentran *Yucca periculosa* Baker, *Besleria gracilis* Lem. y *Mitrocereus fulviceps* (Web.) Backeb. ex Bravo (Meyrán, 1973).

pecies y 138 familias. Dentro de estas últimas, las mejor representadas fueron la Cactaceae con 30 especies, la Comositae y Leguminosae con 13 especies cada una y en tercer lugar la familia Agavaceae con siete especies. Estos resultados coinciden con las familias más representativas del matorral xerófito en México de acuerdo con Rzedowski (1978), en donde además, se muestra que las cactáceas hallan en este tipo de vegetación, su nicho ecológico preferido.

Con respecto a la flora de otros lugares en donde habita *E. platyacanthus*, como son Hidalgo y Puebla, Rzedowski (1973) al estudiar las relaciones de las zonas áridas mexicanas, encuentra que a nivel de géneros, el índice de similitud entre San Luis Potosí e Hidalgo es de 87%. El mismo autor señala que en la zona de Puebla (Tehuacán) a pesar de existir algunos elementos de la Región Chihuahuense, muestra un marcado contraste, debido posiblemente a la existencia de un largo período de aislamiento con las demás zonas áridas.

Con base en el trabajo de Sánchez-Mejorada (1978), realizado en Metztlán, Hgo., y en el de Meyrán (1973), efectuado en Tehuacán, Pue., al comparar la flora de estos lugares con la hallada en el presente trabajo, se pueden citar entre los géneros comunes a estas tres zonas, a los siguientes:

<i>Agave</i>	<i>Ferocactus</i>
<i>Bursera</i>	<i>Fouquieria</i>
<i>Calliandra</i>	<i>Gochnatia</i>
<i>Celtis</i>	<i>Hechtia</i>
<i>Coryphantha</i>	<i>Ipomoea</i>
<i>Dalea</i>	<i>Jatropha</i>
<i>Dasylirion</i>	<i>Mammillaria</i>

Dentro del enlistado florístico obtenido (Apéndice 2) y de acuerdo con Chodat y Spegazzini (1966, 1973), los géneros que resultaron con afinidad boreal son: *Cercocarpus*, *Castela*, *Condalia*, *Flourensia*, *Gochnatia*, *Koeberlinia*, *Krameria*, *Larrea*, *Prosopis*, *Tillandsia*, *Zexmenia*. Y con el elemento endémico *Agave*, *Ariocarpus*, *Astrophytum*, *Chrysothamnus*, *Coryphantha*, *Dasylixion*, *Echinocactus*, *Echinocereus*, *Eysenhardtia*, *Fouquieria*, *Karwinskia*, *Leucophyllum*, *Lophophora*, *Neolloydia*, *Thelocactus* y *Yucca*. Finalmente se encontraron géneros comunes a todas las zonas áridas del mundo: *Ephedra*, *Menodora* y *Notholaena*.

2.4.2.5 Clima.

De acuerdo con las modificaciones hechas por García (1973) al sistema de clasificación de Koeppen, *E. platyacanthus* se distribuye en los climas semiáridos. En las 20 localidades visitadas el clima desértico (BW) presentó sólo el 10%, el más seco de los esteparios (BS₁) 35% y el más seco de los esteparios (BS₂) 55%, que fué el porcentaje mayor. El régimen más frecuente de lluvias en estas zonas es en verano, con una época seca marcada en invierno y una pequeña época húmeda en verano (w"). La precipitación promedio anual en estas regiones oscila desde 269.9 mm al Oeste de Catorce, hasta los 608.3 mm cerca de Cárdenas, en donde la especie se encuentra escasa. La temperatura promedio anual varía desde 10.2°C cerca de Cerro de San Pedro hasta los 22.2°C por Pozos de Acuña. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales en la mayoría de las localidades es extremosa (e) de 7-14°C.

Los climas de otros lugares de la República Mexicana en donde se distribuye

áridos se encuentran: gran desarrollo del parénquima, responsable de la succulencia; raíces superficiales; reducción de la superficie transpiratoria mediante la adquisición de forma globosa, modificación de las hojas a espinas y engrosamiento de la cutícula (Bravo, 1978).

2.4.2.6 Perturbación.

La mayoría de las localidades visitadas mostraron elevada perturbación causada probablemente por el manejo de la comunidad, pues en casi todas se observó ganado caprino y en algunas ocasiones, explotación directa de varias especies de plantas, incluyendo *E. platyacanthus*. Generalmente se encontró mayor perturbación en las planicies que en las laderas, ya que también se llegan a emplear para cultivo de temporal. Solo en aquellos lugares más apartados de las poblaciones y menos accesibles, el deterioro observado fue menor.

3. Fenología reproductiva.

3.1 Antecedentes y objetivo.

La fenología según Daubenmire (1974) comprende todos los estudios de las relaciones entre los factores climáticos y los fenómenos periódicos de los organismos. Para el caso concreto de plantas, Larcher (1977) la define como el estudio de los ciclos de vástagos, flores y frutos y su desaparición a lo largo del año y fija el momento en que se inician estos fenómenos ("fechas fenológicas"). No obstante y de acuerdo con la primer definición, existen más eventos periódicos en las plantas en relación al clima, como es la caída de las hojas, el crecimiento, etc., que resultan en muchas ocasiones difíciles de abordar en un estudio. Es por esta razón que se ha denominado fenología reproductiva, sólo aquellos eventos observables, en individuos adultos que más directamente resultan en la producción de semillas en una misma temporada.

Existen tanto factores físicos como biológicos que influyen en la fenología reproductiva. Meyer *et al.* (1973) y Bidwell (1974) mencionan que entre los principales factores abióticos que influyen en el desarrollo de flores, frutos y semillas, se encuentran el fotoperíodo y la temperatura. Garner y Allard (citados por Kormondy, 1976) denominaron "plantas de día largo" aquellas que florecen cuando el fotoperíodo excede usualmente un mínimo de 12 a 14 horas y "plantas de día corto" cuando el fotoperíodo se halla por debajo de un máximo comunmente de 11 a 15 horas. Según Daubenmire (1974) las relaciones entre el fotoperíodo y la temperatura pueden verse claramente en el transcurso del año, en el cual al variar la longitud del día se gobierna la duración

tor limitante (Odum, 1972).

Con respecto a los factores bióticos que influyen en la fenología reproductiva, se han observado desplazamientos de floración y fructificación entre especies diferentes de comunidades enteras (Frankie *et al.*, 1974; Snodgrass *et al.*, 1965) así como entre especies diferentes de un mismo género, como en el caso de *Opuntia* spp. (Rodríguez, 1981) y en el género *Cassia* (Delgado y Solbrig, 1977). Se supone que es un mecanismo conseguido por las plantas para minimizar la competencia por polinizadores y dispersores de semillas.

De acuerdo con Solbrig (1980) y Frankie *et al.* (1974) la floración y fructificación implican una serie de respuestas adaptativas acumuladas a través del tiempo evolutivo en relación con su ambiente físico y biológico.

Con respecto a *E. platyacanthus*, aunque se ha descrito su flor, fruto y semilla (Bravo, en prensa) no existe información sobre su fenología reproductiva. Por lo tanto, el objetivo que se tuvo en el presente capítulo, es conocer dicho proceso.

3.2 Hipótesis.

La producción de flores y maduración de frutos en *E. platyacanthus* ocurre en verano, que es la época con mayor probabilidad de lluvias en estas zonas según García (1964).

3.3 Materiales y métodos.

Para realizar este trabajo, fueron seleccionados tres sitios de estudio con base en los criterios de cercanía a la ciudad de San Luis Potosí y accesibilidad, en función de que serían visitados continuamente. Dichas loca-

Se trabajó con un total de 20 individuos, los cuales fueron marcados con una etiqueta metálica para su fácil localización. El tiempo de observación duró 16 meses, a partir de febrero 1980. Se realizaron visitas regulares cada 10 ó 15 días en el período de floración, y fuera de este evento cada mes. En las visitas periódicas se registró la presencia de botones y flores y el número de frutos. Los frutos producidos se marcaron con pintura de aceite en los sépalos para seguir la secuencia de la maduración. Se extrajeron algunos frutos para observar los cambios en la coloración de las semillas, la cual fue comparada con la tabla de colores del suelo Munsell (Anónimo, 1975).

Los resultados obtenidos se relacionaron con los climogramas de las estaciones meteorológicas más cercanas a las zonas de estudio.

Con el fin de obtener información sobre los insectos que visitan las flores así como el número promedio de semillas por fruto, se procedió en el primer caso a coleccionar y observar insectos visitantes; y en el segundo, a contar el número de semillas halladas en 15 frutos.

Finalmente, se interrogó a la gente del campo para conseguir información sobre el consumo de los frutos por animales silvestres.

3.4 Resultados y discusión.

3.4.1 Gemación.

En la región apical y lanosa de *E. platyacanthus*, se observaron abultamientos en la lana que correspondían a la presencia de botones. Por la gran cantidad de lana que los cubría fue difícil conocer con exactitud el número de dichas estructuras presentes en las biznagas, y en consecuencia sólo se hizo

eran visibles pues emergían sobre la lana (Figura 4). Después de la última producción de frutos, no se hallaron botones sino hasta el mes de septiembre, fecha desde la cual permanecieron en el mismo estado hasta la próxima temporada de floración (Figura 5).

La gran cantidad de indumento probablemente funcione como un aislante térmico y proteja a los botones contra temperaturas extremas. Se ha encontrado que los botones de otras cactáceas con menor o nula cantidad de indumento *Ferocactus histrix* (del Castillo, 1982) y *Opuntia* spp. (Rodríguez, 1981) por ejemplo son considerablemente sensibles a las heladas. De acuerdo con Nobel (1991) el meristemo apical de *Carnegiea gigantea* y *F. acanthodes* se encuentra protegido contra temperaturas extremas por el indumento que lo cubre.

3.4.2 Floración.

Echinocactus platyacanthus presentó tres períodos de floración durante el año. El primero ocurrió en la última semana de abril; el segundo, en los primeros días de junio; y el tercero, en los primeros días de julio. La separación temporal entre cada uno de estos períodos fué de un mes aproximadamente (Figura 6).

El inicio de la floración observado en 1980 y 1981, coincidió con un marcado incremento en la temperatura, cerca de 20°C (Figura 6a), y con un incremento del fotoperíodo. Con base en lo anterior podría ser una especie de días largos. El período de floración de *E. platyacanthus* coincidió también con los primeros meses de lluvias (abril-julio).

La precipitación pluvial registrada en 1980 en las estaciones ya mencionadas fué notablemente menor con respecto al promedio (Figura 6). Así en la estación

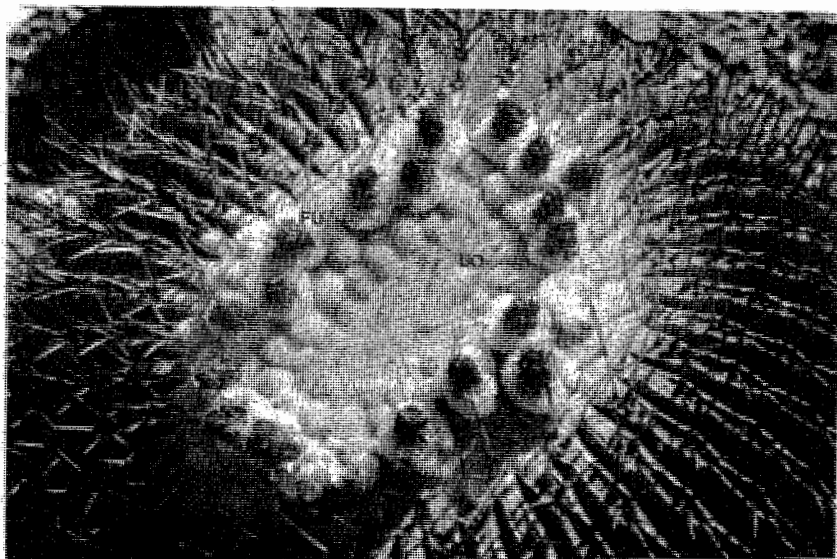
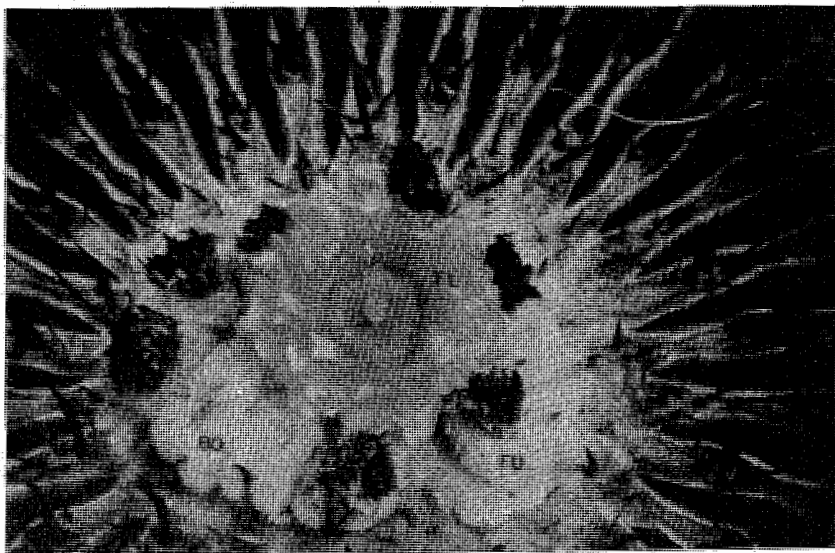


Fig. 4. Botones, flor y fruto de *Echinocactus platyacanthus*. A. Botones visibles al emerger sobre el indumento lanoso, BO; flor con el estigma cerrado, FL; frutos cubiertos de lana con los tépalos secos, FU. B. Botones en varios estados de desarrollo, BO; frutos producidos en el primer período de floración, FU.

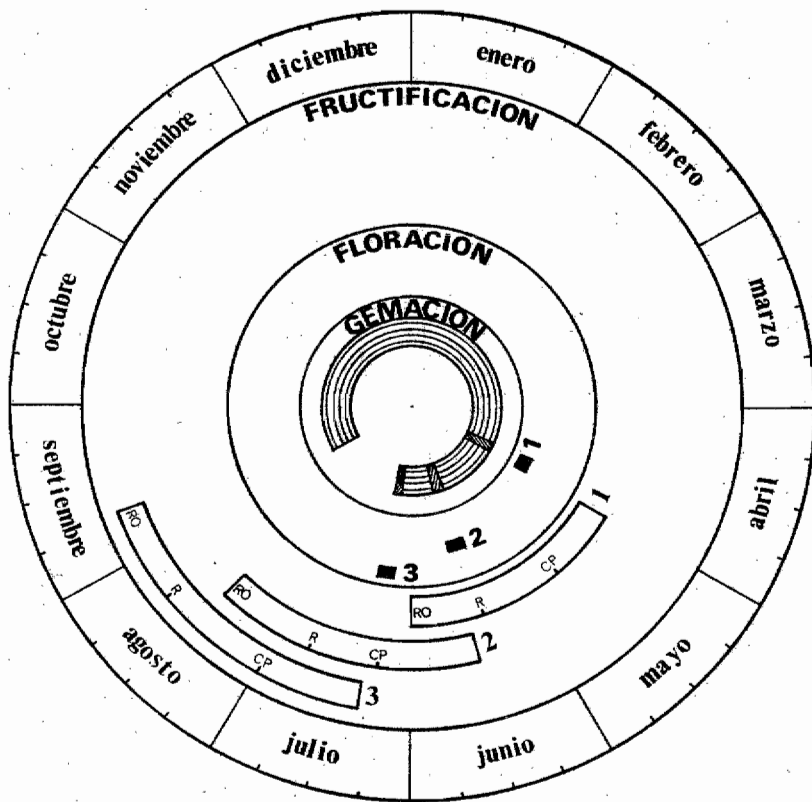


Fig. 5. Calendario fenológico de *Echinocactus platyacanthus* con base en observaciones efectuadas en Cerro de San Pedro, Villa de Arista y Estancia del Arenal en el Estado de San Luis Potosí durante 1980. Gemación: botones poco desarrollados, líneas concéntricas; botones muy desarrollados, líneas diagonales. Floración: primer (1), segundo (2) y tercer (3) período. Fructificación: maduración de los frutos producidos en cada período de floración, de acuerdo con los cambios en la coloración de las semillas; CP= pardo pálido, R= rojo y RO= rojo obscuro.

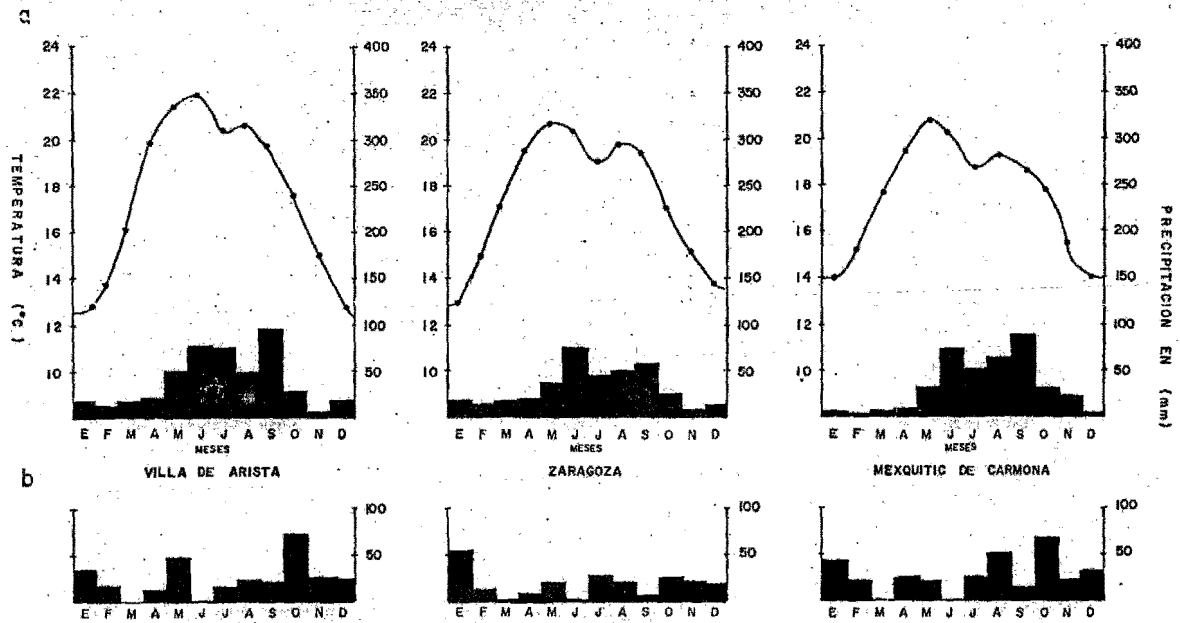


Fig. 6. Climogramas de las estaciones más cercanas a las zonas de estudio. a. Climogramas promedio obtenidos de 14, 15 y 33 años de registro (de izquierda a derecha) (Fuente: Oficina de Climas de DETENAL, 1979). b. Precipitación pluvial ocurrida en cada una de las estaciones en el año 1980 (Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en San Luis Potosí, SLP.), no se incluyen las temperaturas puesto que fueron muy similares a las de la figura 6a.

ra florecer, lo cual probablemente se deba a la gran succulencia de su parénquima. Las tres floraciones observadas quizá tengan relación con la escasez de humedad; o bien sean una medida para reducir la competencia por polinizadores.

Flor y visitantes florales.

Las flores de *E. platyacanthus* emergen entre la lana de la región apical. Son numerosas, se encontraron hasta 11 flores abiertas en un solo individuo. La flor (Figura 4), posee simetría radial, tiene forma de tazón y es de color amarillo intenso. Es diurna y mide de 5 a 7 cm de diámetro totalmente abierta. Es monoica. La región receptacular es corta y de paredes gruesas. El estilo es amarillo, grueso, de 3 a 4.5 cm de longitud, tiene estrías que corren longitudinalmente y cerca de la región media, nacen los lóbulos del estigma, los cuales se hallan por encima de los estambres. En la base del estilo, se encuentra una cámara nectarífera de aproximadamente 0.7 cm de profundidad y cerca de 10 mm de diámetro. Los estambres son amarillos, numerosos y se insertan en la base del tubo receptacular. Se observó que la flor es protándrica.

El tamaño de la flor y de su nectario, y sus numerosos estambres, sugieren que el costo energético para la atracción de polinizadores es considerablemente elevado en *E. platyacanthus*.

Varias especies de coleópteros visitan las flores de la biznaga; se reconocieron los siguientes géneros: *Trichochrous* sp. (Melyridae) y *Coleopterus* sp. (Nitidulidae). También se notó que varias abejas de tamaño mediano visitaban la flor de *E. platyacanthus*. Se observó que los escarabajos, roían los tepalos, tocaban varias veces al estigma, permanecían en la base de la flor y no salían con frecuencia a visitar otras flores. Al microscopio se vió que sus cuerpos llevaban varios granos de polen; pero por su comportamiento es probable que solo sean visitantes florales de poca importancia en la polinización.

En estudios de polinización llevados a cabo en las cactáceas *Echinocereus fasciculatus* (Grant y Grant, 1979a), *Opuntia lindheimeri* (Grant y Grant, 1979b) y en *O. basilaris* y *O. littoralis* (Grant y Grant, 1979c), que presentan el mismo síndrome floral que *E. platyacanthus*, se han encontrado entre otros insectos a coleópteros del género *Trichochrous* y aunque no reportan a *Coleopterus* se han hallado varias especies pertenecientes a la misma familia. Además reportan un comportamiento muy parecido de estos insectos, al observado en *E. platyacanthus*. Con respecto a las abejas mencionadas se observó que estas llegaban a los lóbulos del estigma y posteriormente se sumergían entre los estambres para alimentarse del néctar. El tiempo de visita floral fué breve y al salir llevaban en su cuerpo varios granos de polen, por lo que se cree estas abejas sean importantes polinizadores de la biznaga.

3.4.3. Fructificación.

Desde febrero a abril 1980, el número de frutos presentes disminuyó hasta encontrarse muy pocos, sólo en algunas biznagas; en el mes de mayo, después del primer período de floración, se produjo un considerable incremento en el número de frutos como se observa en la Figura 7. Después del segundo período de floración hubo un aumento de 79 frutos que sumados con los anteriores dieron un total de 273. En el mes de julio se registró el mayor número de frutos, al producirse después del tercer período de floración 88 frutos más. Después de esta fecha el número de frutos empezó a disminuir continuamente, hasta hallarse un mínimo en abril del siguiente año; nuevamente en mayo se notó un fuerte incremento (Figura 7). La producción más alta de frutos fué la de la primera floración (Figura 4 y 7), ya que aproximadamente la suma de los frutos producidos en los otros períodos correspondió al número de frutos producidos al principio.

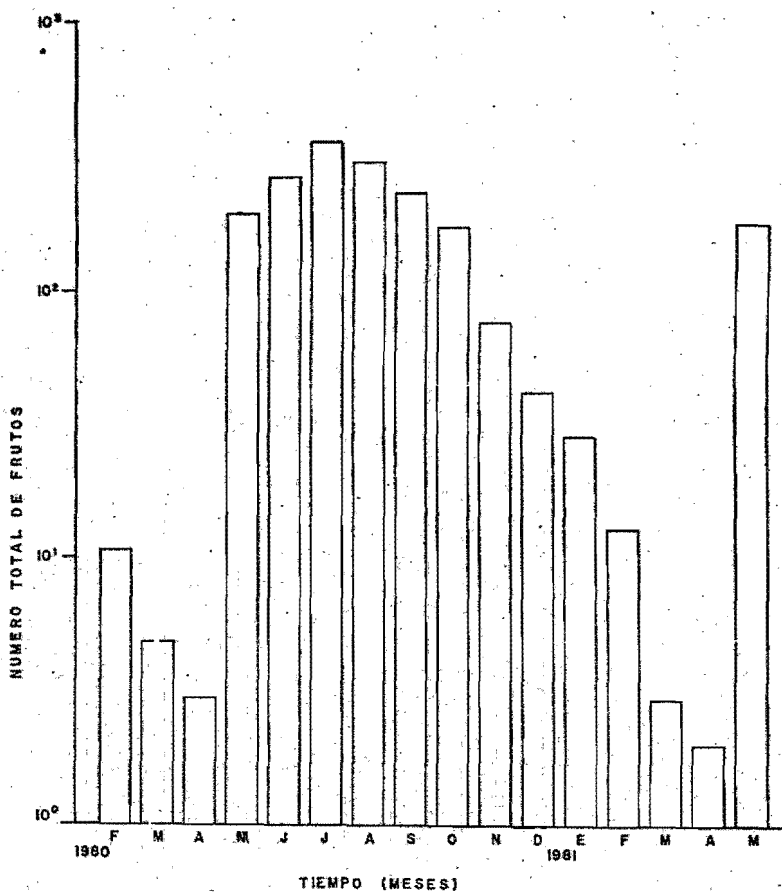


Fig. 7. Variación del número de frutos presentes en 20 individuos de *Echinocactus platyacanthus*, encontrada en las localidades Cerro de San Pedro, Villa de Arista y Estancia del Arenal en el Estado de San Luis Potosí, de febrero 1980 a mayo 1981.

3.4.3.1 Maduración.

Inicialmente el fruto fué un poco carnoso, pero al ir madurando, se fué haciendo más seco. El cambio más notable que presentó fué la coloración de sus semillas: a la tercer semana de desarrollo las semillas presentaron un color pardo muy pálido (HUE-10YR 8/3); a la quinta semana, un color rojo (HUE-10R 4/6) y en la octava semana un rojo oscuro (HUE-10R 3/3). A partir de este momento, se consideró al fruto maduro debido a que las semillas pudieron germinar en el laboratorio. Por consiguiente los frutos del primer período maduraron a finales de junio, los del segundo a principios de agosto y los del tercero a principios de septiembre (Figura 5).

Al haber ocurrido tres períodos distintos y a la vez consecutivos en la formación de frutos fué posible hallar en una sola biznaga, en los meses de junio a agosto, frutos en diferentes estados de maduración (Figura 5). Se observó que en la región apical y lanosa de la biznaga, los frutos se desarrollaban en forma acropétala (Figura 4b); es decir los más maduros se hallaban más alejados del ápice a diferencia de los jóvenes.

De acuerdo con los climogramas promedio de varios años (Figura 6a), el tiempo en que maduraron los frutos parece ser favorable para la germinación, ya que de junio a septiembre las temperaturas son aún elevadas y el tiempo coincide además con los últimos meses de lluvias.

Cabe señalar aquí que en los recorridos efectuados por el Estado de San Luis Potosí, se encontró en la localidad La Pólvora, cuatro semillas germinadas dentro de un fruto, fenómeno que no fué visto más que en esa ocasión.

3.4.3.2 Depredación.

Varios campesinos señalaron a la "rata de campo", al "pájaro carpintero" y al "zenzontle" como los animales silvestres que consumen el fruto del cacto.

En los 15 frutos medidos, que tuvieron de 2 a 5 cm de longitud, se encontró una amplitud de variación en el número de semillas de 101 hasta 1050, por lo que se puede considerar que la producción de semillas es numerosa y variable. De acuerdo con Harper (citado por Stebbins, 1974), una alta producción de semillas incrementa las posibilidades de que al menos algunas de ellas encuentren un sitio seguro. Por consiguiente, en esta etapa *E. platyacanthus* presenta una estrategia tipo r.

Debido al tamaño de las semillas, 2.5 mm de longitud, y al alto valor energético de los tipos particulares de alimentos almacenados en las semillas (Daubenmire, 1974), es muy probable que los frutos constituyan una buena fuente de alimento para los animales mencionados, ya que estos pertenecen a los principales grupos consumidores de semillas en los desiertos según Brown *et al.* (1979). Por lo tanto, es posible que la dispersión ocurra a través de estos animales.

Se observó en algunas ocasiones y fuera del período de floración, heces de ratón posiblemente *Perognathus* sp. o *Peromyscus* sp. en la región apical de las biznagas visitadas periódicamente, y a fines de año se halló todas las etiquetas roídas. Esto sugiere que la disminución de frutos hallada desde agosto (Figura 7), se debe en gran parte al consumo por roedores. Por tanto, es probable que estos animales sean importantes dispersores de semillas de *E. platyacanthus*. De los tres tipos de dispersión zoócora mencionadas por Stebbins (1974), el de transporte activo parece ser el más probable para la especie, ya que en éste mamíferos pequeños o aves transportan las semillas a sus escondites y aunque muchas de estas semillas son consumidas, un buen número de ellas puede escapar, ya sea porque llevan más de las que pueden usar o bien porque el animal muere. En otras ocasiones, dichos animales ocultan las semillas y luego fallan para recuperarlas, llegando a germinar antes de ser descubiertas (Daubenmire, 1974; Smith, 1980). Por otro lado, los animales generalmente se llevan los frutos o

las semillas a lugares similares al de la planta de donde se llevaron el alimento (Stebbins, 1974).

Vale la pena considerar que por ser esta especie una planta muy espinosa y de fuerte consistencia, las fuentes de alimento más importantes que brinda a los consumidores primarios cuando las plantas son sanas y adultas, son precisamente las flores y los frutos.

Conviene mencionar aquí, que en un cerro muy cercano a la población de Arista, se observó en mayo 1980 que algunos individuos habían sido dañados en la región apical, de tal manera que sólo poseían poca lana y escasos frutos. Los pastores llegan a extraer flores y frutos tiernos de la especie para dárselos al ganado caprino, sólo en años secos como ese. Dichas biznagas que se siguieron visitando por un año, no volvieron a desarrollar flores ni frutos, posiblemente por haberse dañado el meristemo apical.

4. Germinación y establecimiento.

4.1 Antecedentes y objetivos.

La germinación es una de las etapas del ciclo de vida en las que ocurren las tasas de mortalidad más altas (Solbrig, 1980). La germinación se ve afectada por factores externos e internos; entre los primeros se encuentran la humedad, temperatura, luz y condiciones químicas; y entre los segundos, la maduración de las unidades dispersantes, los inhibidores, etc. (Bidwell, 1974; Medina, 1977).

Martin *et al.* (1971) mencionan que los principales requerimientos para que germinen las semillas de cactáceas son: a) frescura de las semillas, b) adecuada humedad y c) una temperatura de 21 a 27°C. Precisamente en *Carnegiea gigantea* (Saguaro) se ha visto que la humedad y la temperatura son los factores que más afectan la germinación (Brum, 1973). Zimmer (1977) al estudiar la germinación de varias especies de cactáceas (entre ellas *Echinocactus grusonii*) en relación con temperatura y luz, encontró que en general la temperatura óptima era de 20 a 25°C y que para la mayoría de las especies, la luz era esencial para la germinación. Con respecto a *E. platyacanthus* se desconocen las características propias de su germinación.

El establecimiento de plántulas a partir de semillas ocurre en los llamados "sitios seguros" (safe sites), los cuales son lugares que reúnen las condiciones ambientales precisas, requeridas por una semilla en particular (Harper, 1977). Humphrey (1936) menciona que plántulas de *Ferocactus wislizenii*, al igual que las de otras cactáceas como *Mammillaria* spp. y el saguaro, se establecen en lugares protegidos de la luz solar directa. En *Carnegiea gigantea*, se ha reportado además que los individuos jóvenes que crecen junto a otras plantas o rocas, se protegen contra las heladas (Niering *et al.*, 1963), los depreda

dores como roedores o insectos, la sequía y la erosión (Steenbergh y Lowe, 1969).

Otro factor que influye en el establecimiento y la germinación es la naturaleza del substrato. Un ejemplo de esto lo constituyen los suelos calizos, en los cuales crecen favorablemente varias especies denominadas calcícolas; otras en cambio, no soportan la naturaleza alcalina de dichos suelos y son llamadas calcífugas. Un tercer grupo de especies lo constituyen aquellas que muestran indiferencia a los suelos alcalinos o ácidos, y son nombradas tolerantes (Russell, 1974).

La selectividad de las especies por un tipo de substrato puede explicarse por la química y física del suelo. La reacción del suelo afecta la concentración de iones y por consiguiente su disponibilidad para las plantas (Bidwell, 1974; Fitzpatrick, 1974). Rorison (1967) encontró que, especies calcícolas presentaban en suelos ácidos gran sensibilidad a niveles elevados de aluminio y síntomas de deficiencia de fósforo; en especies calcífugas que crecían en suelos calcareos, halló deficiencia de potasio y fósforo y clorosis férrica. El mismo autor observó además que la fase juvenil es más sensible a condiciones poco favorables del suelo. De la física de los suelos calizos, cabe mencionar que por tener una textura fina, retienen considerablemente más humedad cerca de la superficie del suelo, la cual es fácilmente perdida por evaporación en las zonas áridas (Wentworth, 1981). Esto ha traído como consecuencia que en aquellos lugares con poca precipitación, en donde aparecen contiguos suelos calizos e ígneos, se observe una vegetación más xérica y espaciada en los primeros tal como ha sido observado por Rzedowski (1955), Whittaker (1975) y Wentworth (1981). La diferente vegetación hallada entre estos dos tipos de suelos también es consecuencia de la disponibilidad de nutrientes presentes

en cada uno de ellos en virtud de la diferente naturaleza de los substratos.

Salisbury (1920) señala que la exclusión de una especie de un hábitat determinado puede deberse a varios factores, esto es, no sólo a la química o física del suelo sino también a factores climáticos y bióticos.

Como fué mencionado en el capítulo 2, en el Estado de San Luis Potosí, en donde predominan las rocas sedimentarias calizas e ígneas riolíticas, *E. platyacanthus* se halló creciendo sólo en suelos calizos y no se encontró sobre terrenos riolíticos localizados a poca distancia de los calizos.

Con base en lo expuesto anteriormente, los objetivos que se tuvieron en este capítulo fueron: 1) conocer los requerimientos para la germinación de *E. platyacanthus*, así como las características de dicho proceso; 2) saber si los individuos jóvenes de la especie necesitan protección de los rayos solares directos y 3) tratar de esclarecer el problema de exclusión de la biznaga en lugares con suelo riolítico.

4.2. Hipótesis.

a) si las semillas de *E. platyacanthus* maduran en verano, entonces los requerimientos para que germinen son elevada temperatura y humedad.

b) las biznagas jóvenes requieren de protección de los fuertes rayos solares para sobrevivir.

c) las propiedades químicas y físicas del suelo riolítico son la causa principal de la exclusión de *E. platyacanthus* en terrenos riolíticos.

4.3 Materiales y métodos.

4.3.1 Método para conocer los requerimientos para la germinación.

Se trabajó con 578 semillas recientemente cosechadas y se siguió la secuencia para la germinación de especies silvestres propuesta por el USDA

(1978). Se utilizaron cajas de Petri con papel filtro humedecido con agua destilada y se colocaron en un lugar bien iluminado, a temperatura ambiente durante el mes de agosto 1980. La temperatura se registró con un higrotermógrafo Rossbach HTR-100-50.

Se consideró semilla germinada en el momento en que emergía la radícula. El número de semillas germinadas se registró cada 12 horas, y se consideró finalizado el proceso cuando en cinco registros consecutivos no hubo incremento en la germinación. Se evaluó el porcentaje de germinación y los cambios en la tasa de germinación, definida ésta como la variación del número de semillas germinadas en un intervalo de tiempo ($\Delta g/\Delta t$) (Pollock y Ross, 1972).

4.3.2 Procedimiento para conocer la reacción de plantas jóvenes ante la luz solar directa.

Trescientas plantas de un mes de edad, que habían germinado y crecido en recipientes con una mezcla estandar de tierra (Martín *et al.*, 1971) y permanecido en un lugar bien iluminado, a temperatura ambiente y suficiente humedad, fueron colocadas a la luz solar directa en dichos recipientes y se les siguió proporcionando agua. Una semana después, se evaluó la sobrevivencia.

4.3.3 Experimentos para ayudar a esclarecer el problema de exclusión en suelos riolíticos.

Se llevaron a cabo dos experimentos; en el primero, se pusieron a germinar semillas en suelos sedimentarios calizos e ígneos riolíticos. El segundo experimento, consistió en germinar semillas en cajas de Petri y trasplantar las biznagas de una semana de edad a los dos tipos de substrato. En ambos experimentos cada tratamiento estuvo constituido por 100 unidades, semillas o plantas jóvenes según el caso, con tres repeticiones.

Las muestras de suelo calizo fueron obtenidas a 4 Km al SE de Santa Teresa, Mpo. de Aqualulco, SLP, en donde *E. platyacanthus* se encuentra bien representado. La vegetación de este lugar es matorral desértico rosetófilo. Las muestras se extrajeron de ladera a una profundidad de 0-20 cm. Los suelos riolíticos fueron colectados a 2 Km al SE de Mexquitic, Mpo. de Mexquitic, SLP, localidad en la que se halla matorral crasicauale y en la cual no se encuentra la especie. Las muestras de suelo se obtuvieron aquí también de ladera y a una profundidad de 0-20 cm. Ambas localidades se encuentran cercanas y tienen una altitud común de 2000 m y un clima BS₀. Los dos tipos de suelos se tamizaron con una malla de 2 mm y después se esterilizaron.

Se emplearon recipientes de plástico cubiertos con un vidrio, con el objeto de conservar mejor la humedad; no obstante, para evitar el anegamiento se colocó entre el recipiente y la tierra una capa inferior de piedras del substrato correspondiente previamente esterilizado, y se hicieron algunos orificios en la base del recipiente. Para mantener la humedad de los suelos se usó agua trides-tilada para evitar cualquier tipo de contaminación. Los recipientes se colocaron en un sitio bien iluminado a la temperatura ambiente, la cual se registró con un higrotermógrafo.

Se extrajeron muestras de suelos calizos de cinco localidades diferentes en donde se encontraba la cactácea de interés, y muestras de suelo riolítico, también de cinco localidades diferentes y adyacentes a los calizos. Las localidades de donde se extrajeron los calizos, aparte de la ya mencionada, fueron: 2.5 Km al SW de Cerro de San Pedro, Mpo. Cerro de San Pedro, SLP; 10 km al W de Guadalcazar, Mpo. Guadalcazar, SLP; 2.5 Km al E de Villa de Arista, Mpo. Villa Hidalgo, SLP y a 3 Km al SE de Salitrillos, Mpo. Villa Hidalgo, SLP. Las localidades de donde se obtuvieron los riolíticos fueron: Cerro Alto, 5 Km al SW de

Santiago, Mpo. Pinos, Zac.; 4 Km al E de Saldaña, Mpo. de Ahualulco, SLP; 2.5 Km al NE de Portezuelo, Mpo. Cerro de San Pedro, SLP y 2 Km al N de Villa Hidalgo, Mpo. Villa Hidalgo, SLP. En dichos suelos se llevaron a cabo los siguientes análisis: porcentaje de retención de humedad a 33 y 1500 KPa, con el método de membrana y olla de presión; pH en H₂O (1:2), con el método potenciométrico; materia orgánica, con el método de Walkley-Black; CaCO₃, con el método volumétrico; conductividad eléctrica en el extracto de saturación con el puente de Wheatstone y textura con el método de Bouyoucos. Los resultados obtenidos se compararon por medio de la prueba t de Student.

Los experimentos duraron 138 días. En el primer experimento se evaluó el porcentaje de germinación y la sobrevivencia periódica de las plantas. Al término de los experimentos se midieron los diámetros y alturas de 15 biznagas seleccionadas aleatoriamente que permanecían en cada repetición de los tratamientos, pues por ser una especie suculenta y con forma cilíndrica estas medidas daban una idea del volumen y por ende de la cantidad de agua almacenada en ellas. De las mismas biznagas se obtuvo una estimación del crecimiento, mediante su peso seco, para lo cual se secaron en tres ocasiones consecutivas a 105°C por 12 horas y luego se pesaron con una balanza analítica. Los resultados obtenidos se compararon con la prueba t de Student.

4.4 Resultados y discusión.

4.4.1 Características de la semilla y algunas relaciones con la germinación y el establecimiento.

La semilla de *E. platyacanthus* es arrionada (Figura 8a) y de color rojo oscuro. Mide cerca de 2.5 mm de longitud y tiene un peso promedio de 17.4 µg, el cual en comparación con el peso de otras especies pertenecientes a diferentes familias, entra en la categoría de semillas pequeñas (cfr. Harper *et al.*,

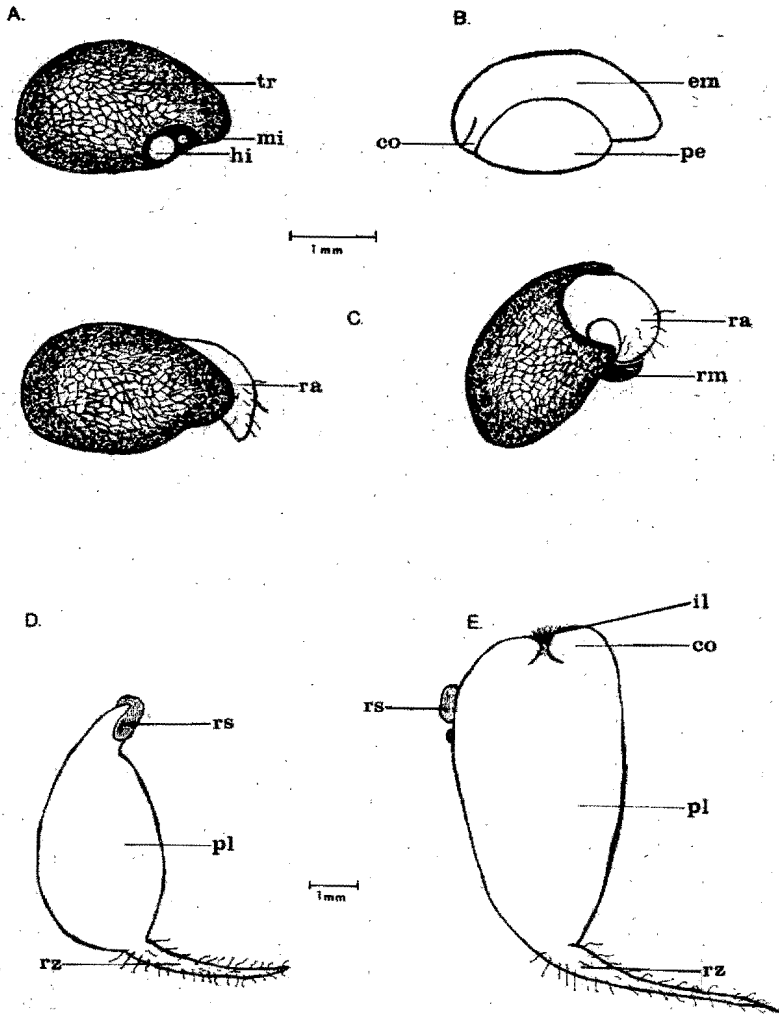


Fig. 8. Características de la semilla y fases en la germinación de *Echinocactus platyacanthus*. A. Testa de la semilla con ornamentación reticular, tr; micrópilo, mi; hilo, hi. B. Corte de la semilla, embrión, em; cotiledones, co; perisperma, pe. C. Momentos en la emergencia de la radícula, ra; región micropilar, rm. D. y E. Plántulas de una y dos semanas de edad respectivamente, pl; restos de la cubierta degenerada de la semilla, rs; raíz, rz; cotiledones, co; yema apical cubierta por indumento lanoso, il.

1970). No obstante, dentro de las cactáceas, el tamaño de la semilla de *E. platyacanthus* puede considerarse intermedio entre semillas pequeñas, como de *Ferocactus* y *Mammillaria*; y semillas más grandes, como las del género *Opuntia*. La testa de la semilla presenta ornamentación reticular (Figura 8a), característica que la hace muy sensible a las condiciones de humedad del suelo, ya que Harper y Benton (1966) al trabajar con varios tipos de semillas, encontraron que las de testa reticulada son de las más sensibles a tensiones de humedad. De esta forma es probable que la germinación de la especie, sea prevenida cuando existe déficit de agua en el suelo.

La semilla posee hilo basal lateral y micrópilo pequeño, cercano al hilo (Figura 8a). Con base en Martin (citado por Bhatnagar y Johri, 1972), el tamaño del embrión en relación con el tejido de almacenamiento, queda entre las designaciones de "medio" a "dominante" y con respecto a la posición del embrión, éste es periférico. El embrión posee cotiledones distintivos. La gran cantidad de perisperma visto en la semilla, coincide con lo observado por Buxbaum (1958). Esta última característica demuestra el carácter primitivo de la semilla, pues, en las cactáceas la tendencia evolutiva es hacia la reducción del perisperma y cotiledones (Flores Vindas, 1973).

El tamaño de la semilla de *E. platyacanthus* y la gran cantidad de perisperma que presenta (Figura 8b), parecen ser de importancia para su establecimiento. De acuerdo con Stebbins (1974), las semillas que presentan estas características producen plantas vigorosas con habilidades óptimas competitivas y por otra parte, las plántulas pueden desarrollar un buen sistema radical que le provea de una adecuada dotación de agua.

4.4.2 Germinación de *Echinocactus platyacanthus*.

En el momento en que se inicia la germinación, el embrión fractura la tes

ta por el dorso y la radícula emerge quitando la región en donde se encuentra el hilo y el micrópilo (Figura 8c). Debido a que posteriormente los cotiledones se levantan junto con restos de la testa de la semilla, el tipo de germinación es epígea (Figura 8d y e).

Con una temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ (desviación estandard) la germinación se inició a los 3.5 días de sembrado y alcanzó un máximo de 92% a los 10.5 días (Figura 9). La mayoría de las semillas germinaron entre el tercero y el sexto día, lo cual muestra que el proceso germinativo en *E. platyacanthus* es considerablemente rápido en verano con humedad elevada. Pollock y Ross (1972) mencionan varios trabajos en los que se ha encontrado que una rápida germinación llega a repercutir en una alta sobrevivencia y establecimiento.

Cabe mencionar que las semillas no germinan en invierno, pues en dos ocasiones que se pusieron a germinar 200 semillas no se obtuvo germinación alguna, lo cual podría indicar que las semillas son sensibles a las bajas temperaturas o a un corto fotoperíodo. Lo anterior puede ser una adaptación de gran importancia para el establecimiento de la biznaga, pues precisamente los meses más calientes del año son los que presentan la mayor probabilidad de lluvias y las probabilidades más bajas de ocurrencia de heladas en estas zonas áridas.

Al poner a germinar en verano 100 semillas con 2 años de almacenamiento artificial se obtuvo sólo un 62% de germinación. De acuerdo con Harper y White, (1974), cuando las semillas tienen este tipo de almacenamiento, las variaciones de humedad y temperatura disminuyen la viabilidad de las semillas.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, los requerimientos necesarios para que germinen las semillas de *E. platyacanthus* son: suficiente humedad e iluminación, altas temperaturas como las que prevalecen en verano en el área de distribución de la biznaga, y que las semillas sean recientes.

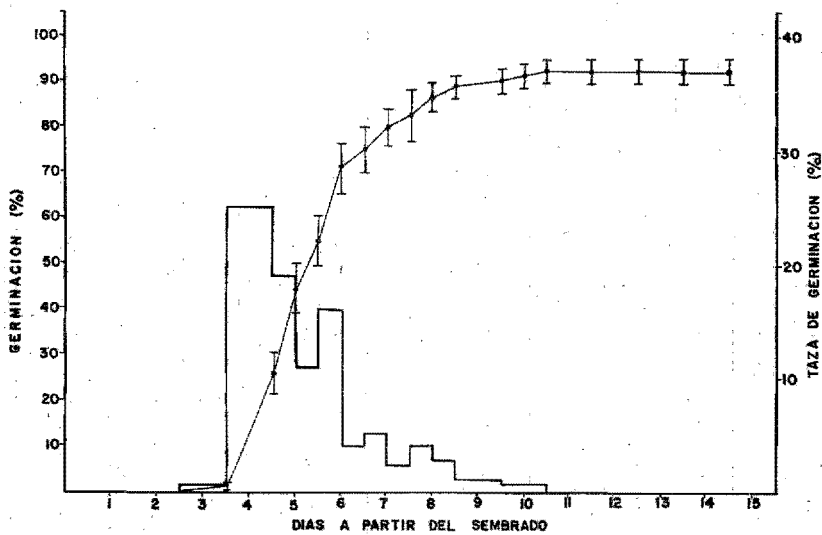


Fig. 9. Germinación de semillas de *Echinocactus platyacanthus* en cajas de Petri, a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (desviación estándar). Las líneas verticales representan los intervalos de confianza al 95%. El histograma indica los cambios en la tasa de germinación.

4.4.3 Efecto de la luz solar directa en el establecimiento.

Todas las plantas expuestas a la luz solar directa se obscurecieron y sucumbieron, por lo que en esta fase es indispensable la protección brindada por rocas o plantas, para el establecimiento de los individuos jóvenes de *E. platyacanthus*. La necesidad de esta protección o microhábitat en la etapa juvenil, ha sido señalada por Humphrey (1936) en *Ferocactus wislizenii*, por Niering *et al.* (1963) en el saguaro y por del Castillo (1982) en *F. histrix*.

Es probable que las biznagas hayan muerto por el proceso de insolación (solarization), en el cual ante altas intensidades luminosas, la planta consume oxígeno y al hacerlo libera dióxido de carbono (fotooxidación). Si esto se prolonga se pueden llegar a oxidar componentes celulares e incluso clorofilas (Meyer *et al.*, 1973), de ahí que esa pudiera ser la causa de que las plantas se hayan oscurecido y muerto al no poder sintetizar carbohidratos.

4.4.4 Influencia del substrato en la germinación y el establecimiento.

El proceso de germinación y el porcentaje total de germinación obtenidos tanto en suelos calizos como en riolíticos, no mostraron diferencias significativas (Figura 10). En el suelo sedimentario se tuvo un valor final de 79% y en el ígneo de 88.33%; ambos inferiores al porcentaje obtenido en las cajas de Petri (92%).

La sobrevivencia de las plantas que germinaron en los dos tipos de substrato, no mostraron diferencias significativas durante el tiempo que duró el experimento (Figura 10). No obstante, se encontraron diferencias en el diámetro, la altura y el peso seco (Tabla 2). Se encontró que las biznagas que crecieron sobre suelo calizo, almacenaron más agua que aquellas que crecieron sobre riolítico; en el primer substrato se encontraron los volúmenes más grandes expresados en términos de diámetro y altura (Tabla 2). Esto es sorpren-

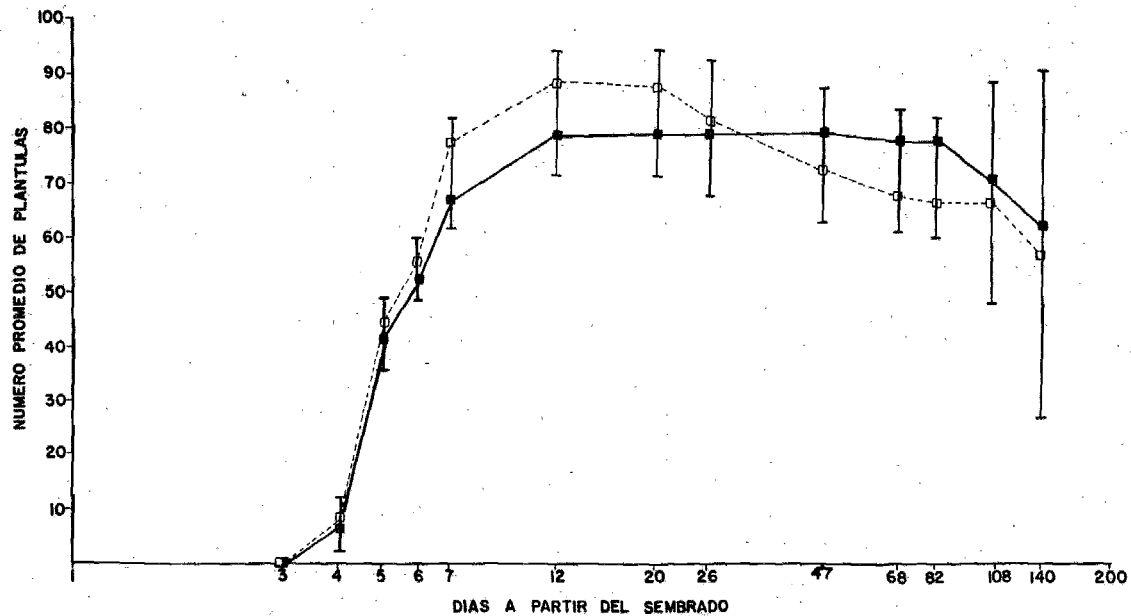


Fig. 10. Germinación de semillas de *Echinocactus platyacanthus* y sobrevivencia de las plantas resultantes, en suelos de substrato calizo (●—●) y riolítico (□- -□) en condiciones de laboratorio. Las líneas verticales indican la diferencia mínima significativa (LSD) entre los tratamientos al 95%. El eje horizontal se encuentra en escala logarítmica.

Tabla 2. Altura, diámetro y peso seco de plantas sembradas y trasplantadas de *Echinocactus platyacanthus* sobre suelos derivados de roca caliza y riolítica.

característica	sembradas					trasplantadas						
	calizo		riolítico		G.L.	t	calizo		riolítico		G.L.	t
	\bar{X}	E.S.	\bar{X}	E.S.			\bar{X}	E.S.	\bar{X}	E.S.		
altura (mm)	14.8	0.5	11.2	0.4	88	4.31**	13.3	0.4	11.1	0.4	88	4.31**
diámetro (mm)	4.3	0.1	3.6	0.1	62	4.58**(+)	3.7	0.1	3.4	0.1	88	2.12*
peso seco por individuo (μ g)	47.9	3.7	32.1	1.9	4	3.83**	42.3	3.5	33.4	3.1	4	1.87 n.s.

\bar{X} = media; E.S.= error estandar; G.L.= grados de libertad; t= valores de la prueba t de Student; o de la prueba de contraste de medias independientes con varianzas desiguales (+); n.s.= no significativo, $p>0.1$; *= significativo a $p<0.05$ y **= significativo a $p<0.001$.

dente ya que los suelos calizos que resultaron más arcillosos y con mayor materia orgánica, retienen más humedad que los riolíticos (Tabla 3), lo cual es de gran importancia en lugares que como los tratados, el agua es escasa. En dichas condiciones las plantas tienen que emplear más energía para tomar el agua, y por consiguiente se observa una vegetación más xérica y espaciada en estos suelos sedimentarios calizos (Wentworth, 1981).

En relación con la estimación de crecimiento, se encontró mayor peso seco en las plantas que se desarrollaron en el suelo calizo (Tabla 2), suelo que presentó un contenido de CaCO_3 significativamente más elevado que el riolítico (Tabla 3). Este compuesto es el principal causante del pH moderadamente alcalino de dicho suelo (Tabla 3). Los suelos riolíticos son en cambio, moderadamente ácidos. Debido a que la reacción del suelo influye en la disponibilidad de iones para las plantas (Larcher, 1977), es muy probable que ésta haya sido la causa por la cual las biznagas hayan crecido menos en suelos riolíticos. En un suelo moderadamente ácido (como es el riolítico), se encuentra menor disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y molibdeno, y empieza a disminuir la disponibilidad de azufre y potasio (Bidwell, 1974). Ortiz-Villanueva (1977) señala que los suelos llegan a ser ácidos cuando el abastecimiento de iones básicos, principalmente calcio en el complejo coloidal, llega a escasear. Precisamente tal parece que la poca disponibilidad de calcio en los suelos riolíticos, haya sido la causa principal del menor crecimiento observado en las plantas, pues el calcio es necesario para el correcto crecimiento y funcionamiento de la raíz (Russell, 1974; Bidwell, 1974). La menor succulencia encontrada en los suelos riolíticos probablemente también se pueda explicar en estos términos.

De acuerdo con lo expuesto, se puede pensar que el factor químico del suelo riolítico, es el que mayor influencia ejerce en el crecimiento de los indi-

Tabla 3. Algunas características edáficas de suelos calizos y riolíticos.

propiedad	calizo			riolítico			G.L.	t
	\bar{X}	\pm	D.E.	\bar{X}	\pm	D.E.		
retención de humedad a 33 KPa (%)	41.7		1.7	24.0		5.4	8	9.60 **
retención de humedad a 1500 KPa (%)	22.5		4.3	11.0		3.5	8	4.60 *
pH en H ₂ O (1:2)	8.4		0.1	5.8		0.6	4	9.12 (+)**
materia orgánica (%)	10.3		1.6	5.6		1.5	8	4.82 *
CaCO ₃ (%)	38.1		9.9	0.4		0.6	8	8.49 **
conductividad eléctrica (mmhos/cm)	0.4		0.1	0.5		0.2	8	0.74 n.s.

\bar{X} = media; D.E.= desviación estándar; G.L.= grados de libertad; t= valores de la prueba t de Student, o de la prueba de contraste de medias independientes con varianzas desiguales (+); n.s.= no significativo, p>0.4; *= significativo a p<0.01 y **= significativo a p<0.001.

viduos de *E. platyacanthus*.

El hecho de no haber encontrado diferencias significativas en la germinación y sobrevivencia de esta cactácea en los dos tipos de substrato, aún cuando sí se encontraron en altura, diámetro y peso, demuestra que los individuos pueden establecerse en ambos suelos. Esto concuerda con lo señalado por Etherington (1975), en cuanto a que un pH de 5 es el límite inferior para el crecimiento en la mayoría de las calcícolas. Es muy probable que esto pueda ocurrir en el campo ya que las semillas pueden ser transportadas de un sitio calizo a uno riolítico fácilmente, a causa de la cercanía de estos dos substratos en las zonas semiáridas del centro de México. No obstante, al no observarse individuos mayores sobre suelo riolítico en el campo, hace suponer que el factor edáfico por sí solo no es el responsable de la exclusión de la especie en estos habitats. Posiblemente el tipo de vegetación también intervenga en esta exclusión. El matorral crasicaule que se encuentra sobre suelos ígneos, contiene un alto número de especies de rápido crecimiento, como herbáceas (del Castillo, 1982), en comparación con el matorral desértico rosetófilo. Por tanto, es posible que *E. platyacanthus* que es de lento crecimiento no pueda competir con especies que lo hacen más rápidamente. No obstante, más que considerar a la especie como una débil competitiva, habría que considerarla como una tolerante a condiciones drásticas, pues como se mencionó anteriormente, los suelos calizos son más áridos.

En cuanto al factor climático, es probable no intervenga en la exclusión de la especie ya que lugares cercanos en los que se encuentra substrato riolítico y calizo, poseen el mismo tipo de clima. Sin embargo, existen diferencias microclimáticas pues el matorral crasicaule en suelo riolítico posee considerablemente mayor cobertura que el rosetófilo en calizo. Esta podría ser

otra causa de la exclusión de *E. platyacanthus*, ya que es probable éste requiera mucho sol, una vez que han transcurrido las etapas juveniles.

Como podrá apreciarse en la Tabla 2, no se encontró diferencias significativas entre los pesos de las plantas trasplantadas en los dos tipos de sustrato. Sin embargo se encontraron diferencias significativas en altura y diámetro, correspondiendo los valores más altos a las de suelo calizo (Tabla 2). Las diferencias no fueron tan marcadas como las obtenidas en el primer experimento. Esto parece indicar que las biznagas más jóvenes son más susceptibles a las condiciones adversas, tal como lo encontró Rorison (1960a) en otras especies calcícolas.

La mayor mortalidad encontrada en el segundo experimento, seguramente se debió a los efectos de manipulación causados por el trasplante. La sobrevivencia siempre fué menor en los individuos trasplantados en suelo riolítico (Figura 11). Lo anterior puede ser consecuencia de una menor capacidad de recuperación de las raíces en dichos suelos, pues el CaCO_3 parece favorecer el desarrollo radical en especies calcícolas (Rorison, 1960b). Ese menor desarrollo radical posiblemente pueda explicar el menor volumen encontrado en las plantas que crecieron en suelo riolítico en comparación con las que lo hicieron en calizo.

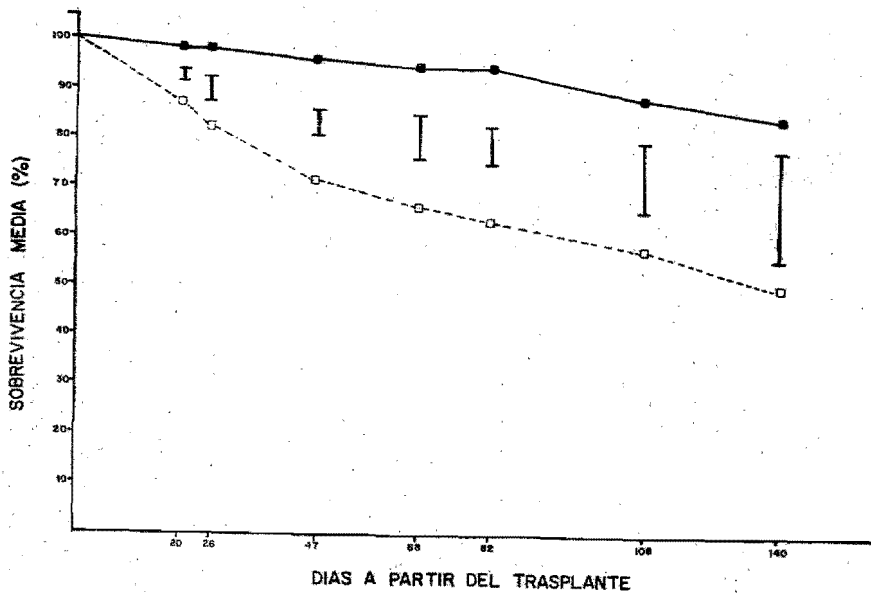


Fig. 11. Sobrevivencia de individuos de *Echinocactus platyacanthus* trasplanta dos a suelos de substrato calizo (●—●) y riolítico (□—□) en condiciones de laboratorio. Las líneas verticales indican la diferencia mínima significativa (LSD) entre los tratamientos al 95%.

5. Crecimiento.

5.1 Antecedentes y objetivos.

El crecimiento se define como el incremento irreversible en número y tamaño de células (Little y Jones, 1980). En zonas áridas, las limitaciones de agua y las adaptaciones para disminuir la transpiración provocan que el crecimiento de las plantas de estos habitats sea generalmente lento (Salisbury y Ross, 1978; Boker, 1980). En el saguaro (*Carnegiea gigantea*) por ejemplo, Hastings y Alcorn (1961) encontraron que a los 10 años de edad alcanza cuando mucho 15 cm de altura.

A lo largo del ciclo de vida de una especie, los individuos atraviesan por una serie de etapas ontogenéticas (como semillas, plántulas, individuos juveniles y plantas seniles) caracterizadas por diferir en su respuesta ante factores ambientales y, jugar distintos papeles ecológicos dentro de las poblaciones que conforman (Harper, 1977). Estos papeles ecológicos pueden ser independientes de la edad cronológica del individuo. Por ejemplo, algunas especies perennes pueden florecer en su primer año de vida bajo condiciones favorables, pero con altas densidades o junto otras especies agresivas, pueden crecer lentamente y pasar muchos años para alcanzar su edad reproductiva (Harper, 1977). Se ha encontrado que la capacidad reproductiva está más relacionada con el tamaño que con la edad (Harper y White, 1974). Por esta razón la escuela rusa considera que la edad cronológica de una planta, es en general un pobre indicador del papel ecológico de un individuo en una población, además de ser difícil de estimar en algunas especies. Y propone el empleo de "estados de vida" con bases ontogenéticas (Gatsuk *et al.*, 1980).

Con base en la actividad reproductiva, Bodenheimer (citado por Odum, 1972) distinguió tres edades ecológicas: prerreproductiva, reproductiva y postrepro-

ductiva. La longitud del período juvenil o prerreproductivo en las plantas perennes es muy variable; corto, como de un año, como en algunos arbustos; o bien largo, como de 40 años, como en la haya (Salisbury y Ross, 1978). Según Harper y White (1974), el hecho de que el período juvenil sea heredable seguramente implica una respuesta adaptativa, pues los riesgos de mortalidad están relacionados con la tardanza o precocidad de la reproducción.

Actualmente no existen estudios sobre el crecimiento de *E. platyacanthus*, sin embargo Bravo (en prensa) ha observado que con la edad: se incrementa el número de costillas, disminuye la distancia entre las aréolas y se oscurece el color de las espinas y se reduce el número de éstas. También señala que el cuerpo de las plantas juveniles presenta bandas rojizo purpúreas horizontales y, que a partir de 8 costillas comienza a florecer.

Con base en lo precedente los objetivos de este capítulo fueron: 1) conocer la forma en que varían la altura, el diámetro y el número de costillas en *E. platyacanthus* con respecto al crecimiento, 2) conocer las relaciones del crecimiento con la reproducción y 3) caracterizar los estadios de vida con base en Gatsuk *et al.* (1980).

5.2. Hipótesis.

- a) la altura, el diámetro y el número de costillas están correlacionados y aumentan con la edad.
- b) el tamaño de *E. platyacanthus* da un indicio de su actividad reproductiva.

5.3. Materiales y métodos.

Se registró la altura, el diámetro y el número de costillas en 120 individuos de diferente tamaño, con los que se realizó un análisis de correlación.

múltiple. La correlación se evaluó mediante un análisis de varianza. Se calcularon además los coeficientes de correlación simple y parcial.

Para conocer las relaciones del crecimiento con la reproducción, se registró el número de costillas y el número de frutos presentes en 110 individuos de diferente tamaño. Los resultados se sometieron a un análisis de regresión.

5.4 Resultados y discusión.

5.4.1 Alometría.

Se encontró una elevada correlación entre la altura, el diámetro y el número de costillas ($R = 0.95$, $F = 95.73$, G.L. = 117 y $p < 0.005$). El plano de mejor ajuste fué $c = 5.65 + 0.05 a + 0.50 d$, en donde c es el número de costillas, a la altura y d el diámetro. Estos resultados indican que durante el crecimiento de *E. platyacanthus* las tres variables mencionadas cambian conjuntamente, y que la relación de incremento de cada una con respecto a las otras es aproximadamente lineal.

Los coeficientes de correlación simple obtenidos fueron: $r_{ca} = 0.84$, $p < 0.001$; $r_{cd} = 0.95$, $p < 0.001$ y $r_{ad} = 0.84$, $p < 0.001$. Cuando una de las variables se mantiene constante, existe una asociación significativa entre las dos restantes ($r_{ca.d} = 0.25$, $p < 0.005$; $r_{cd.a} = 0.83$, $p < 0.005$ y $r_{ad.c} = 0.25$, $p < 0.005$). Los valores de los coeficientes de correlación simple y parcial obtenidos muestran que existe una mayor intensidad de asociación entre las costillas y el diámetro, que entre las otras posibles combinaciones de variables. Esto indica que al incrementarse las costillas en forma vertical durante el crecimiento, se tiene mayor influencia sobre el diámetro que sobre la altura.

5.4.2 Relación del número de costillas con la reproducción.

El número de frutos producidos depende de la cantidad de costillas del individuo. Y existe una relación cúbica entre estas dos variables; la ecuación ob-

tenida fué $f = -748.38 + 60.30 c - 1.59 c^2 + 0.01 c^3$ para $c \geq 27$, en donde f es el número de frutos y c , el número de costillas ($r^2 = 0.99$). Como se podrá apreciar en la Figura 12, cuando *E. platyacanthus* ha desarrollado 27 costillas, empieza a producir frutos. A diferencia de lo señalado por Bravo (en prensa), no se encontró ningún individuo de 8 costillas con capacidad reproductiva. Debido a que *E. platyacanthus* se reproduce varias veces en su vida, se trata de una especie iterópara o policárpica.

Bajo condiciones de laboratorio se encontró que individuos de *E. platyacanthus* de dos años de edad, alcanzan un promedio de 2.5 cm de altura y 5 costillas; de donde se puede deducir que el período juvenil o prerreproductivo en *E. platyacanthus* es considerablemente largo. De acuerdo con Harper (1977) cuando existe un largo período juvenil, es probable que la especie sacrifique fecundidad en las primeras etapas de su vida, porque enfoca su esfuerzo a sobrevivir en un ambiente hostil. Esto es muy probable que suceda con la biznaga. El tamaño que alcanza cuando presenta 27 costillas puede permitirle tolerar mejor las condiciones adversas de su medio y por consiguiente la reproducción puede ser más segura. La duración de la fase juvenil parece depender más del tamaño que de la edad puesto que la probabilidad de la mortalidad decrece a medida que el individuo incrementa su tamaño, en concordancia con lo que señala Cook (1979).

No existe una fase descendente o postreproductiva en *E. platyacanthus* como la encontrada en muchas especies perennes (Harper, 1977), ya que los individuos más viejos son los que producen más frutos. Boke (1980) señala que el meristemo apical de muchas cactáceas incluyendo la de interés, parece funcionar durante toda la vida de la planta.

5.4.3 Propagación vegetativa.

Individuos que han sido dañados en la región apical, desarrollan ramifica-

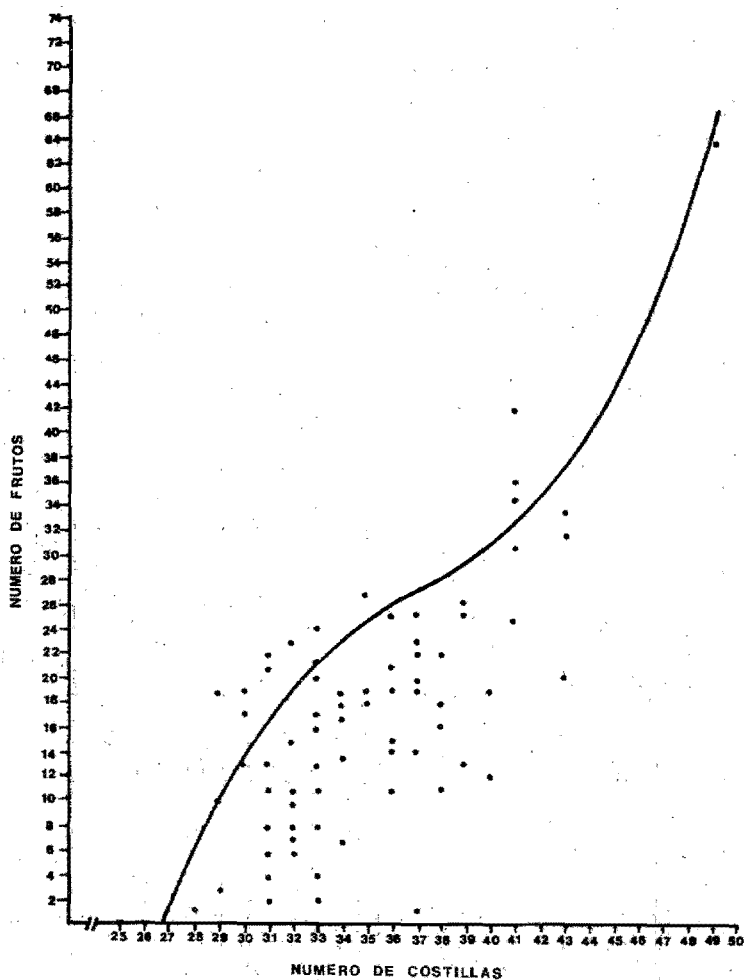


Fig. 12. Frutos producidos en relación con el número de costillas en *Echinocactus platyacanthus*. La ecuación de regresión cúbica obtenida fue:
 $f = -748.38 + 60.30c - 1.59c^2 + 0.01c^3$ para $c \geq 27$ ($r^2 = 0.99$), $n = 170$.

ciones semejantes a individuos juveniles. Estos tallos numerosos florecen aún con sólo 8 costillas, seguramente por su dependencia con el tallo principal.

Es posible que este tipo de ramificación inducida sea el mejor método de propagación artificial de este cacto, si se logra enraizar cada uno de los tallos previamente desprendidos del tallo parental. Ya que el crecimiento parece ser más rápido que el observado en individuos a través de semilla. Este tipo de propagación se ha efectuado exitosamente en *Echinocactus grusonii* (Anónimo, 1978).

También se observó propagación vegetativa en algunas biznagas que fueron cortadas a la mitad para utilizar su pulpa, tal como lo habían observado Marroquín *et al.* (1964).

5.4.4 Estados de vida.

Ocho estados de vida se distinguieron en *E. platyacanthus*. El primero corresponde al de semilla, del segundo al quinto, al período prerreproductivo, y los tres últimos al reproductivo.

1) Semilla. El fruto es una baya cubierta con indumento lanoso, con los tépalos secos adheridos y con abundantes semillas. Estas últimas maduran en 2 meses coincidiendo con el tiempo más caluroso y probable de lluvias. Las semillas miden 2.5 mm de longitud y poseen perisperma conspicuo.

2) Plántula. Presenta nutrición parcial heterotrófica de las sustancias almacenadas en la semilla y estructuras embriológicas como cotiledones, raíz primaria y tallo principal. Requieren protección de la luz solar directa. En la región apical se empieza a desarrollar el indumento lanoso. La cutícula es delgada.

3) Individuos juveniles. Ya no presentan cotiledones. Necesitan aún protección de la luz solar directa. Se desarrollan algunas aréolas con espinas.

pequeñas y frágiles. Se forman 5 costillas. Su cuerpo esta cubierto por una pruinosidad que le da una coloración grisácea.

4) Individuos inmaduros. Ya no son tan sensibles a la luz solar directa. Sus espinas son más gruesas, especialmente en la región apical. Con 5 a 15 costillas, poseen en su cuerpo bandas rojizo purpúreas horizontales. A partir de 8 costillas, la pruinosidad empieza a disminuir. Aumenta el grosor de la cutícula.

5) Plantas virginales. Presentan de 16 a 26 costillas, en cuyos bordes tienden a localizarse las bandas rojizo purpúreas. Las plantas son parecidas a las maduras.

6) Individuos jóvenes reproductivos. El indumento lanoso apical aumenta. A partir de las 27 costillas *E. platyacanthus* comienza a producir semillas. Se llegan a encontrar en individuos de 27 costillas, todavía las bandas purpúreas en los bordes de las costillas. En la región basal de los individuos se encuentran las partes viejas o muertas. En esta etapa prevalece la formación de partes nuevas sobre viejas.

7) Individuos maduros. El indumento lanoso es más abundante y la región apical lanosa adquiere forma elíptica, con una orientación Este-Oeste. Entre las 37 y 48 costillas aproximadamente se encuentran los individuos con grandes tallas y alta producción de frutos.

8) Plantas reproductivas seniles. El indumento apical va disminuyendo, así como el número de espinas. Aproximadamente desde las 48 costillas, las partes viejas o muertas prevalecen a la formación de nuevas. No se observó disminución en la producción de frutos, y son estos individuos los que presentan la máxima capacidad reproductiva.

5.4.5 Adaptaciones encontradas en *Echinocactus platyacanthus* durante su ontogenia.

Esta biznaga presenta características que le han permitido subsistir ante

frecuentes y prolongadas sequías, así como ante una luz solar intensa, típicos de su ambiente.

En la etapa de plántula y en la juvenil, *E. platyacanthus* requiere de un microhábitat mésico y que le proteja de la luz solar directa. Las especies que con mayor frecuencia le proporcionan esta protección son *Hechtia glomerata* y *Agave lecheguilla* por ser las dominantes del matorral desértico rosetófilo, tipo de vegetación en donde la cactácea se encuentra mejor representada. Por ser aquí los suelos muy pedregosos, las piedras aunque pequeñas llegan a proporcionar también esta protección. Dicho microhábitat parece ser indispensable para su subsistencia en los primeros estadios de su ciclo de vida, pues los individuos poseen espinas pequeñas y frágiles, una cutícula delgada y poco indumento lanoso apical, que los hacen todavía vulnerables. Al final de la etapa juvenil dicha protección puede ser insuficiente por el tamaño alcanzado por la biznaga. Desde entonces los individuos presentan su cuerpo pruinoso, lo cual les da una coloración grisácea. Salisbury y Ross (1978) mencionan que la coloración grisácea presente en algunas especies, refleja mucha de la radiación solar. Debido a que la pruinosidad es cera, ésta llega a disminuir la pérdida de agua y por otro lado absorbe algo de radiaciones ultravioleta (Salisbury y Ross, 1978). Las radiaciones afectan las proteínas y ácidos nucleicos (Levitt, 1972). Tal parece que *E. platyacanthus* posee además pigmentos que disminuyen los daños de dichas radiaciones. Domínguez *et al.* encontraron flavonoides en la especie de interés. Caldwell (citado por Salisbury y Ross, 1978) indica que los flavonoides ya sea incoloros o rojos son probablemente los pigmentos que mejor absorben las radiaciones ultravioleta.

Otras cactáceas que conviven con *E. platyacanthus* presentan coloración grisácea: *Ariocarpus agavoides*, *Ariocarpus retusus*, *Astrophytum myriostigma*, *Ferocactus uncinatus*, *Leuchtenbergia principis*, *Lophophora williamsii*, *Pelecypora asse*

elliformis y *Thelocactus fossulatus*.

De acuerdo con los modelos propuestos por Lewis y Nobel (1977) para *Ferocactus acanthodes*, es posible que las espinas que empiezan a tener un gran desarrollo en los individuos inmaduros de *E. platyacanthus*, tengan un gran papel en la moderación de los cambios de temperatura diurna, ya que interceptan parte de las radiaciones de onda corta durante el día. Al incrementarse también en esta etapa la cutícula, permite reducir su transpiración, y por otro lado al aumentar el número de costillas y lograr una forma redondeada, es posible que pueda almacenar más agua. Las espinas contribuyen también a disminuir la transpiración, pues disminuyen la velocidad del viento (Lewis y Nobel, 1977). La disminución de la pruinosidad parece ocurrir al desarrollarse las espinas y el indumento.

Posiblemente hasta la fase juvenil reproductiva, las estructuras necesarias de *E. platyacanthus* para poder subsistir, alcanzan una eficiencia tal que permiten a los individuos prescindir de los objetos nodrizas. Por consiguiente es probable que hasta entonces se haya sacrificado la fecundidad por enfocar toda su energía en la subsistencia, tal como lo propone Harper (1977) para aquellas especies que presentan un largo período juvenil.

6. El matorral desértico rosetófilo y una población de *Echinocactus platyacanthus*, en relación con el efecto del disturbio y la exposición.

6.1 Antecedentes y objetivos.

En la mayoría de los matorrales áridos y semiáridos el pastoreo constituye la forma más común de utilización (Slatyer, 1973). El ganado a través del consumo y pisoteo, disminuye generalmente la cobertura y la diversidad (Tueller, 1973; Slatyer, 1973). Sin embargo, algunas especies no palatables se incrementan y aumentan su productividad (Slatyer, 1973; Tueller, 1973); otras sólo se presentan bajo condiciones de pastoreo, se conocen como invasoras y el ganado muchas veces se encarga de dispersar sus semillas, como en el mezquite (*Prosopis juliflora*) en los pastizales del Sur de Estados Unidos (Buffington y Herbel, 1965).

Al eliminar el pastoreo, la comunidad no regresa a su estado original sino a uno similar a través de mucho tiempo; es decir, el pastoreo provoca cambios irreversibles en las comunidades (Slatyer, 1973). En ambientes con baja productividad como las zonas áridas, se ha observado que los estados tempranos y tardíos de una sucesión son parecidos (Denslow, 1980). Slatyer (1973) menciona que cuando existe mucho daño en el suelo, la recuperación de la comunidad depende en buena medida del factor edáfico, así como los cambios ocurridos en las especies dominantes, ya que influyen en la estructura de todo el ecosistema.

Entre los efectos que ha tenido el pastoreo sobre las poblaciones pueden citarse: muerte; debilitamiento; disminución del crecimiento, cobertura y densidad; cambio en el patrón de distribución y potencial de reproducción; disminución de la viabilidad, de la germinación y del establecimiento (Buffington y Herbel, 1965; Tueller, 1973).

En ambientes severos, factores densoindependientes como los climáticos, pueden regular las poblaciones (Odum, 1972). En algunas cactáceas, por ejemplo, es necesaria la protección de los fuertes rayos solares durante la fase de establecimiento (Humphrey, 1936; del Castillo, 1982). Por esta razón, algunas poblaciones del saguaro (*Carnegiea gigantea*) han declinado a causa del pastoreo, pues el ganado reduce la cobertura que brindaba protección a las plántulas (Niering *et al.*, 1963). Por esta razón es importante considerar a las comunidades, al estudiar las variaciones de una especie en particular (Hastings y Turner, 1965).

Echinocactus platyacanthus se encuentra mejor representado en el matorral de sértico rosetófilo, en el cual es frecuente encontrar ganado caprino. Este tipo de vegetación ha sido estudiado fisonómicamente y florísticamente y algunas de sus relaciones con el medio físico han sido analizadas someramente (Rzedowski, 1957, 1966; Marroquín *et al.*, 1964). Sin embargo, la información sobre sus atributos estructurales cuantitativos y sus variaciones con respecto a condiciones ambientales, como el pastoreo y la extracción directa de productos silvestres, es en cambio, bastante escasa. Otro factor importante poco conocido es el efecto de exposición, ya que tanto *E. platyacanthus* como el matorral rosetófilo se encuentran con mayor frecuencia sobre laderas.

El efecto de ladera, se debe a las diferentes cantidades de luz solar que recibe una pendiente de acuerdo con la orientación que posee; repercute en la temperatura y humedad de las laderas. En el hemisferio Norte, las laderas orientadas al Sur, permanecen por más tiempo expuestas al sol y por ello sus temperaturas son mayores y su humedad es menor que las de las laderas orientadas al Norte (Wilsie, 1966). Por estar esta diferencia climática topográficamente determinada, Major (1951) la denominó clima local o topográfico. Oosting (1956) señala que las diferencias climáticas entre laderas con distinta exposi-

ción son suficientes para provocar cambios notables en la vegetación. Castilla *et al.* (1979) encontraron un valor de similitud (con el índice de Sorensen) de 43.9% entre laderas con exposición Norte y Sur, pertenecientes a un mismo cerro. En las montañas del Desierto de Sonora, se encontró mayor diversidad en arbustos en las laderas orientadas al Norte (Whittaker, 1965). Holland y Steyn (1975) señalan que cualquier ventaja térmica para el crecimiento de las plantas ocasionada por la orientación, se reduce por la disminución de agua almacenada en el suelo. En cactáceas también se ha reportado diferencias en relación con la exposición, tanto en el desierto de Sonora como en el de Mohave, generalmente es en las laderas con exposición Sur donde las cactáceas son más abundantes (Yeaton y Cody, 1979).

Con base en lo anterior, el objeto de este estudio fue conocer las relaciones existentes entre la población de *E. platyacanthus* y el matorral desértico rosetófilo, ante diferentes condiciones de perturbación y de exposición.

6.2 Hipótesis.

- a) Los efectos que sufre el matorral desértico rosetófilo debidos a la perturbación, afectan la población de *E. platyacanthus*.
- b) En las laderas con exposición Sur existe una vegetación más xérica y es donde se encuentra mejor representado *E. platyacanthus*.

6.3 Materiales y métodos.

6.3.1 Descripción de la zona de estudio.

Los criterios que se emplearon para seleccionar el área de estudio fueron: 1) presentar diferentes condiciones de perturbación; una leve o imperceptible y otra más acentuada; 2) laderas orientadas hacia el Norte y hacia el Sur; 3) ser relativamente homogénea en clima, material parental, relieve y vegetación.

La zona seleccionada se encuentra al Este del rancho San Miguel del Ejido

El Carmen, Municipio de Matehuala, SLP. Se trabajó en el Cañón Del Pato (23°20'N, 100°31'W) y en el Arroyo Siete Tinajas (23°18'N, 100°30' W). Ambas localidades se encuentran en la Sierra El Azul (Figura 13), entre los Estados de San Luis Potosí y Nuevo León.

Las laderas presentan una pendiente cercana a los 30° y una altitud de 1600 m. Los suelos son litosoles eútricos, con una profundidad media de 22 cm y yacen sobre substrato calizo. El tipo de vegetación es un matorral desértico rosetófilo con algunos elementos típicos de matorral submontano, *Helietta parvifolia* y *Neopringlea integrifolia* por ejemplo. En las llanuras predomina el matorral micrófilo.

El clima de la estación Matehuala, la más cercana al área de estudio es BS₀hw"(e), con una temperatura media anual de 19.7°C y una precipitación media anual de 439.9 mm (Figura 14).

La fauna es variada, por ejemplo, rata de campo (*Neotoma* spp.), conejo (*Sylvilagus floridanus*) y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Las actividades humanas en esta zona son: la agricultura de temporal, la tala de lechuguilla (*Agave lecheguilla*) y de la palma samandoca (*Yucca carnerosana*), y la ganadería caprina. Debido a la escasez de lluvia, la primera actividad es la menos exitosa. De acuerdo con los habitantes de la región, la extracción de la fibra es una labor muy pesada y poco remunerada. Por consiguiente, aunque existen familias que se dedican a la tala, la mayoría posee ganado caprino.

El Cañón Del Pato es uno de los lugares más cercanos y accesibles para los campesinos de los ranchos El Carmen y San Miguel y por consiguiente, uno de los más usados. Por esta razón se empleó para el presente estudio como el lugar "perturbado". El Arroyo Siete Tinajas fue utilizado como el sitio "conservado", ya que resulta más alejado y menos accesible para los ranchos San Miguel y San Gabriel (Figura 13).

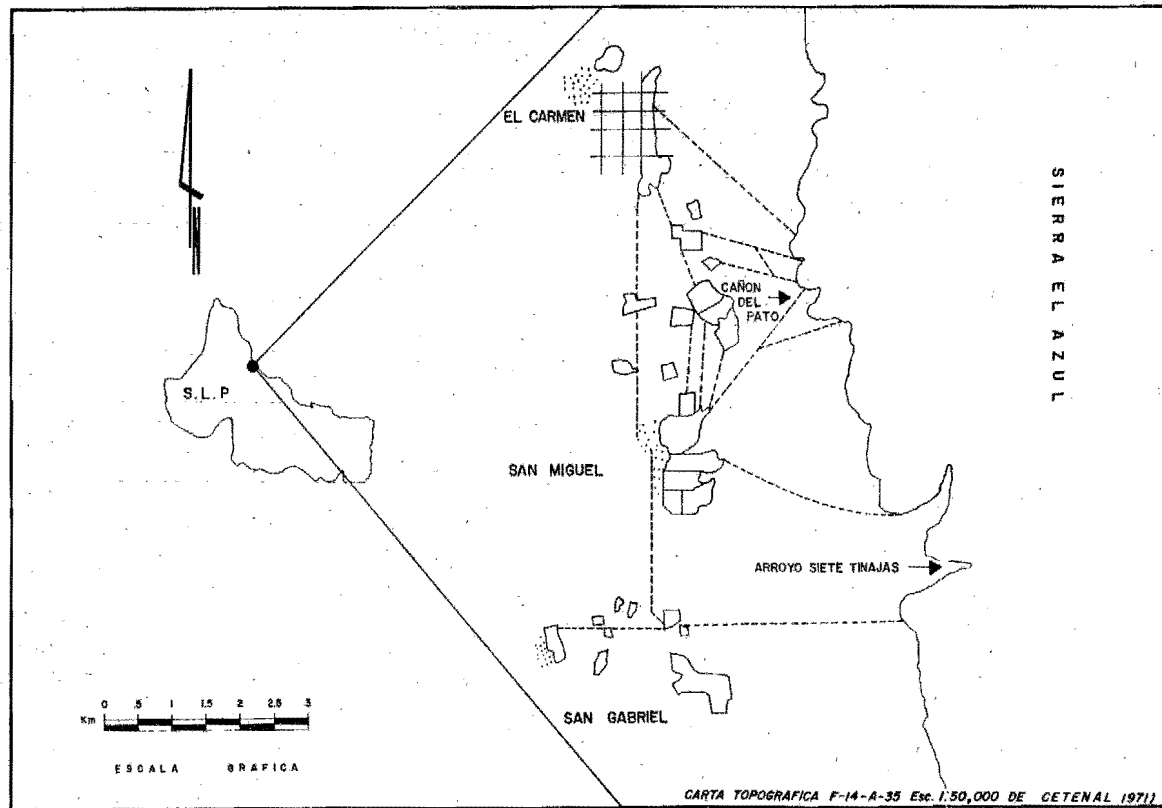


Fig. 13. Localización de la zona de estudio.

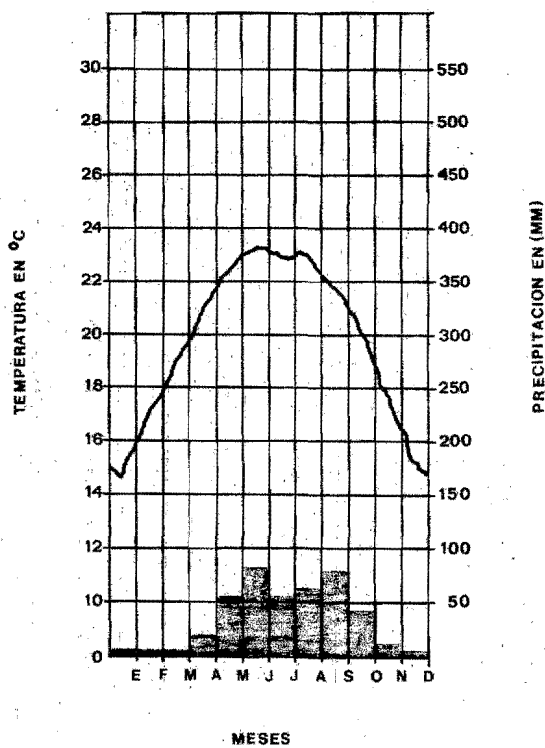


Fig. 14. Diagrama ombrotérmico de la estación Matehuala, SLP., la más cercana a la zona de estudio (Carta de Climas 14 Q-I del CETENAL, 1970).

6.3.2 Métodos para el estudio del ambiente físico.

Para evaluar el grado de utilización de las zonas, se estimó la condición de superficie del suelo mediante el método de línea de Canfield. A lo largo de las líneas utilizadas para medir vegetación se seleccionaron tres puntos al azar, en los que se tiró una línea perpendicular de 1 m de longitud; con ayuda de una moneda se decidió si ésta se colocaba arriba o abajo de la línea principal. Se midió el porcentaje de suelo desnudo, piedras, vegetación, mantillo y heces. Los datos se compararon con la prueba estadística no paramétrica de Mann-Whitney (Brower y Zar, 1977).

Con objeto de conocer las diferencias climáticas originadas por el efecto de exposición, en las laderas Norte y Sur del Arroyo Siete Tinajas se registraron por cinco días seguidos la temperatura y humedad con un higrotermógrafo Rossbach HTR-100-50. También se registró el potencial de matriz del suelo con un tensiómetro Terada 20-R.

6.3.3 Métodos de estudio para la comunidad del matorral desértico rosetófilo.

En las laderas con exposición Norte y Sur, tanto de la zona conservada (NC y SC) como de la perturbada (NP y SP), se tiraron aleatoriamente tres líneas de Canfield. La longitud de cada línea fue de 20m y fueron colocadas perpendicularmente al gradiente de la pendiente. En cada línea con una plomada se registró: las especies interceptadas; número de individuos por especie; la altura, cobertura interceptada y diámetro de la base de cada individuo. En especies amacolladas, cada macollo fue considerado como un individuo. En especies arbustivas, el diámetro basal se obtuvo al sumar los diámetros de cada uno de los tallos a nivel del suelo.

Para comparar la composición florística de las cuatro condiciones de ladera

estudiadas, se empleó el índice de similitud de Sorensen:

$$IS_s = \frac{C}{1/2(A+B)} (100),$$

en donde C es el número de especies comunes en las dos comunidades o estados, A el número total de especies en la comunidad A, y B el número total de especies en la comunidad B (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Como valor de importancia relativa se usó una estimación del volumen de las especies, considerando que la figura geométrica más parecida a la mayoría de las plantas es la del cono truncado;

$$\frac{\pi h}{12} (D^2 + Dd + d^2),$$

donde h es la altura, D la cobertura interceptada y d diámetro de la base.

Con los datos obtenidos en cada ladera, se calcularon los valores totales y por estrato, y agrupados de esta manera se sometieron a un análisis de varianza de doble clasificación con repetición (Sokal y Rohlf, 1973). Con los valores de importancia relativa se graficó una curva de dominancia para cada estación (NC, SC, NP y SP), y mediante la prueba de bondad de ajuste no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (Steel y Torrie, 1980), se compararon estas curvas con las precedidas por los modelos bastón roto de Mac Arthur, geométrico de Motomura y lognormal de Preston (Whittaker, 1975).

La diversidad ecológica del muestreo se determinó, con la fórmula de Brillouin:

$$H = \frac{1}{N} \log \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_s!},$$

en donde N es el número total de individuos y N_1, N_2, \dots, N_s es el número de individuos de cada especie (Margalef, 1974).

6.3.4 Métodos de estudio para la población de *Echinocactus platyacanthus*.

En las laderas Norte y Sur tanto del Arroyo Siete Tinajas así como del Cañon del Pato, se midieron las distancias al vecino más cercano de 30 individuos de *E. platyacanthus*. La selección de estas biznagas se efectuó con el mé

todo de Catana (1963). A cada individuo se le midió su altura y diámetro y se le contó el número de costillas. Los datos obtenidos se agruparon por pares y se compararon estadísticamente con la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras (Steel y Torrie, 1980).

6.4 Resultados y discusión.

6.4.1 Uso del suelo y clima topográfico.

Los resultados obtenidos para evaluar el grado de uso del suelo en las laderas Norte y Sur de la zona conservada y de la perturbada, se muestran en la Tabla 4. El porcentaje de piedras no mostró diferencias significativas, con lo que se puede demostrar que se trabajó en la misma posición topográfica. En la zona conservada se encontraron heces de rata y conejo, y en la perturbada, además de éstas, de chiva. El porcentaje de suelo desnudo aumentó considerablemente con el disturbio, por lo que fue significativamente diferente entre la zona conservada y la perturbada ($U= 280.5$, $p<0.01$). En el porcentaje de mantillo, ocurrió lo contrario ($U= 225.5$, $p<0.05$). En cuanto al porcentaje de vegetación, no se hallaron diferencias significativas.

La Figura 15 muestra los valores de temperatura, humedad atmosférica y potencial de matriz del suelo, en las laderas NC y SC. En la exposición Sur se encontraron los valores más altos de temperatura y los más bajos de humedad. Los datos obtenidos con los tensiómetros reconfirmaron que las laderas con exposición Sur, son más secas edáficamente que las Norte.

6.4.2 Características florísticas y estructurales del matorral desértico rosetófilo ante dos condiciones diferentes de exposición y de uso del suelo.

6.4.2.1 Comparaciones florísticas en las cuatro condiciones de ladera.

La composición florística del matorral rosetófilo encontrada para las cua-

Tabla 4. Condición de la superficie del suelo encontrada en el Arroyo Siete Tinajas (zona conservada) y Cañon del Pato (zona perturbada), en laderas con exposición Norte y Sur.

ladera	piedras (%)	heces (%)	suelo desnudo (%)	mantillo (%)	vegetación (%)
Norte conservada	43.94	2.01 *	0.44	36.48	17.13
Sur conservada	38.48	0	9.82	34.38	17.32
Norte perturbada	45.36	1.08 **	16.78	27.11	9.68
Sur perturbada	45.36	0.89 ***	26.74	7.56	19.46

* 1.67% conejo, 0.33% rata

** 0.30% chiva, 0.77% rata

*** 0.77% chiva, 0.11% conejo

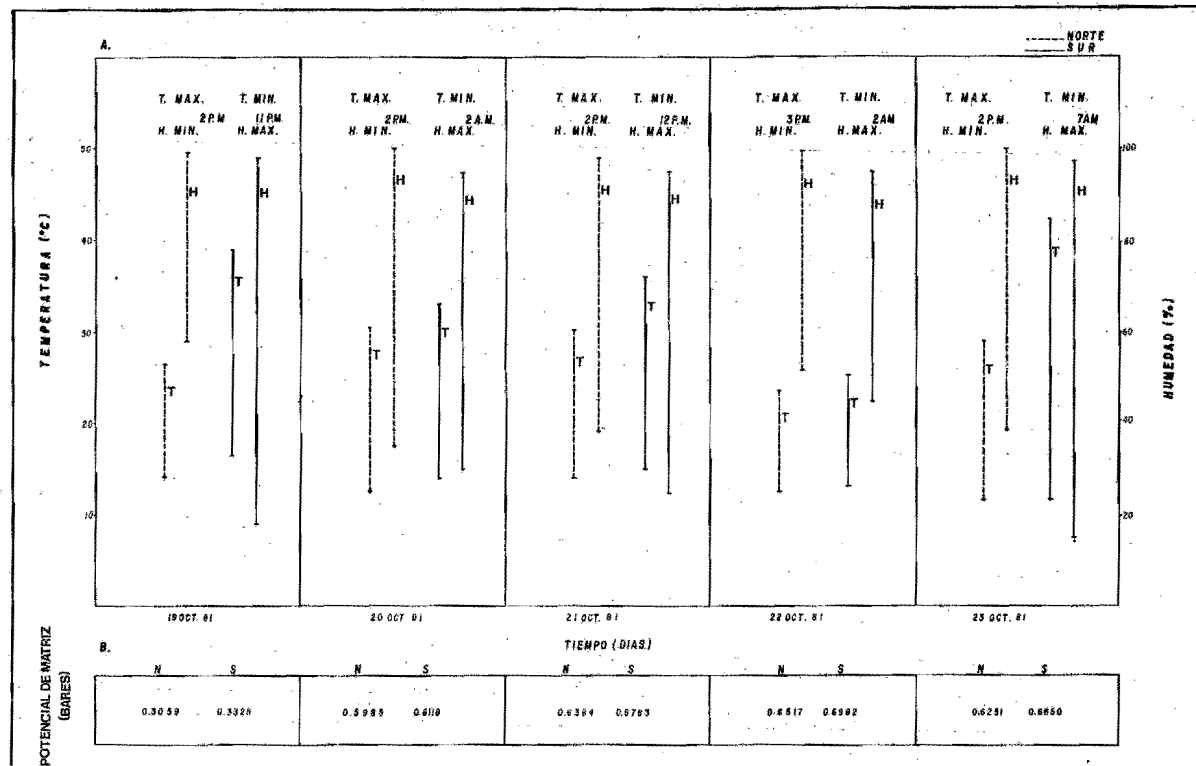


Fig. 15. Variaciones climáticas entre las laderas Norte y Sur conservadas (Arroyo Siete Tinajas, de la Sierra el Azul, SLP).
A. Amplitud de variación de temperatura (T) y humedad (H) registrados en las laderas Norte y Sur, del 19 al 23 de octubre 1981. B. Valores de potencial de matriz registrados en ambas laderas en el mismo tiempo.

tro condiciones de ladera, aparecen en la Tabla 5 junto con su valor de importancia relativo.

El índice de similitud entre los cuatro tipos de laderas, se muestran en la Figura 16. La baja similitud hallada entre las laderas NC y SC (44.44%) parece mostrar la influencia del efecto de exposición sobre la flora. A un valor muy parecido llegaron Castilla *et al.* (1979), en matorral crasicale en el Estado de Querétaro. Al añadirse el factor perturbación en las laderas Norte y Sur, la similitud fue aún menor: 37.03%. Los valores máximos de similitud se encontraron en laderas de igual exposición, mientras que el valor más bajo se halló entre las laderas NC y SP (34.28%), seguramente por tratarse de las situaciones más contrastantes.

La diversidad de especies disminuyó notablemente con la perturbación. Algunas especies incrementaron su abundancia; otras, disminuyeron o desaparecieron; y finalmente, hubo algunas que sólo se observaron en las laderas perturbadas (especies invasoras). En el primer grupo se encontró dos especies arrosietadas; la guapilla (*Hechtia glomerata*) y la lechuguilla (*Agave lecheguilla*). La primera aumentó 5 veces su valor de importancia relativo en la ladera NP y casi lo duplicó en la SP, y la segunda mostró un incremento de 1.5 en la NP y 1.2 en la SP. Rzedowski (1966) menciona que las plantas arrosietadas, al ser utilizadas sus hojas tiernas del centro de la roseta o "cogollo", se interfiere la floración y se estimula la reproducción asexual. Lo anterior probablemente sea la causa del incremento hallado en ambas especies; pues se observó que las hojas tiernas de la guapilla son proporcionadas al ganado caprino y las de la lechuguilla se extraen para obtener el "ixtle". Otra causa del incremento observado en *Agave lecheguilla* pudiera ser que es poco consumido por el ganado al igual que *Neopringlea integrifolia* (Cepeda, en preparación), especie que duplicó su valor de importancia relativo en la zona perturbada. *Calliandra eriophylla* y *Zexmenia gnaphalioides* fueron las es-

Tabla 5. Distribución y valor de importancia relativo de las especies registradas en cada condición de ladera.

especie/estrato	Norte conservada	Sur conservada	Norte perturbada	Sur perturbada
Estrato herbáceo				
<i>Aristida divaricata</i>	5.29×10^{-2}	5.76×10^{-4}		7.83×10^{-5}
<i>Castilleja lanata</i>	1.11×10^{-5}			
<i>Coldenia canescens</i>		1.26×10^{-4}		
<i>Danthonia</i> sp.	8.61×10^{-4}	7.25×10^{-3}	5.49×10^{-3}	4.06×10^{-3}
<i>Erioneuron grandiflorum</i>	2.14×10^{-2}			
<i>Mammillaria candida</i>	9.28×10^{-4}			
<i>Neolloydia conoidea</i>		3.68×10^{-5}		
<i>Selaginella pallescens</i>	1.27×10^{-3}			
<i>Thelocactus hexaedrophorus</i>		2.38×10^{-4}		
<i>Tradescantia rosynsteii</i>	7.80×10^{-6}		3.00×10^{-7}	
Estrato arbustivo inferior				
<i>Agave lecheguilla</i>	1.99×10^{-3}	1.15×10^{-2}	3.11×10^{-3}	1.43×10^{-2}
<i>Agave striata</i>	5.21×10^{-3}			
<i>Bauhinia ramosissima</i>	6.44×10^{-3}	5.73×10^{-3}		
<i>Buddleja marrubifolia</i>			1.80×10^{-4}	
<i>Bursera fagaroides</i>				8.96×10^{-4}
<i>Calliandra eriophylla</i>		1.03×10^{-5}		1.55×10^{-3}
<i>Chrysactinia pinnata</i>	1.39×10^{-4}			
<i>Dalea formosa</i>	2.55×10^{-4}		2.06×10^{-5}	
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	1.55×10^{-3}	2.78×10^{-2}	1.60×10^{-3}	5.16×10^{-3}
<i>Ephedra aspera</i>	9.25×10^{-8}			
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	8.50×10^{-2}	4.18×10^{-3}		2.41×10^{-3}
<i>Hectia glomerata</i>	3.05×10^{-4}	1.78×10^{-1}	1.64×10^{-1}	2.74×10^{-1}
<i>Heliotropium torreyi</i>	1.81×10^{-4}			
<i>Hesperaloe funifera</i>		9.59×10^{-4}		
<i>Karwinskia mollis</i>		1.64×10^{-2}		2.10×10^{-6}
<i>Krameria navae</i>		2.15×10^{-4}		
<i>Lippia graveolens</i>		6.96×10^{-4}		9.86×10^{-2}
<i>Mimosa zygophylla</i>		1.90×10^{-3}		
<i>Opuntia stenopetala</i>	1.28×10^{-2}		1.59×10^{-4}	
<i>Orthosphenia mexicana</i>			1.12×10^{-1}	
<i>Salvia ballotaeiflora</i>			2.01×10^{-3}	
<i>Zexmenia gnaphalioides</i>	2.58×10^{-4}		1.68×10^{-2}	
Estrato arbustivo superior				
<i>Acacia berlandieri</i>		2.40×10^{-3}		
<i>Acacia anisophylla</i>		6.60×10^{-2}		
<i>Bonetiella anomala</i>		4.92×10^{-1}		
<i>Cercocarpus</i> sp.				
<i>Dasyliirion acrotriche</i>	2.83×10^{-1}			
<i>Dasyliirion longissimum</i>	4.70×10^{-2}	1.52×10^{-1}	1.29×10^{-1}	
<i>Forestiera angustifolia</i>	4.57×10^{-2}			5.42×10^{-1}
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	9.11×10^{-3}	5.19×10^{-4}	4.64×10^{-2}	
<i>Helietta parvifolia</i>			5.15×10^{-1}	
<i>Neopinglea integrifolia</i>		2.87×10^{-2}	2.07×10^{-3}	5.55×10^{-2}

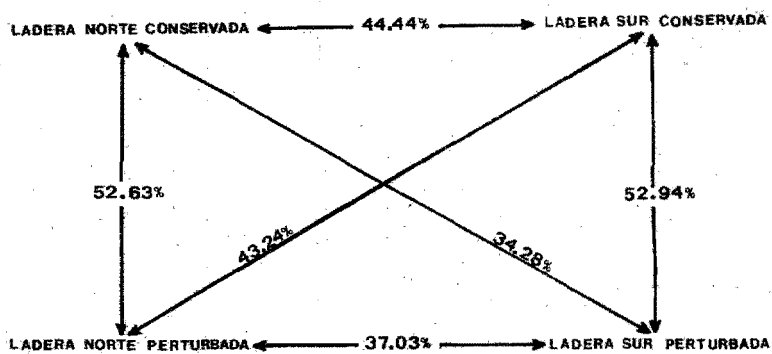


Fig. 16. Índice de similitud del matorral desértico rosetófilo, encontrado entre las cuatro condiciones de ladera.

pecies que mayor incremento tuvieron, a pesar de ser consideradas regularmente consumidas (Cepeda, en preparación).

Las especies que disminuyeron fueron:

<i>Aristida divaricata</i>	<i>Karwinskia mollis</i>
<i>Dalea formosa</i>	<i>Opuntia stenopetala</i>
<i>Dasyllirion acrotriche</i>	<i>Tradescantia rosynsteii</i>
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	

El valor de la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) disminuyó hasta la mitad del valor presentado en la zona conservada, y el del soto (*Dasyllirion acrotriche*) hasta una cuarta parte. Debido a que estas dos especies son poco consumidas por el ganado, podría pensarse que la disminución observada se deba a la extracción de cera y fibra respectivamente. La especie que más disminuyó fue la tullidora (*Karwinskia mollis*), encontrándose sólo un 0.00013 de su valor original. Quizá haya sido eliminada debido a su conocida toxicidad para el ganado. El resto de las especies disminuyeron menos que el soto, aunque sin llegar a un valor tan bajo como el de la tullidora. Es probable que aquí la disminución se haya originado por ser especies regularmente consumidas (Cepeda, en preparación; USDA, 1937; Correl y Johnston, 1979). Cabe mencionar que las gramíneas en conjunto mostraron claramente disminución en ambas laderas de la zona perturbada; la suma de sus valores de importancia relativo en la ladera NC fue de 7.51×10^{-2} , en la SC de 7.81×10^{-3} , en la NP de 5.49×10^{-3} y en la SP de 4.13×10^{-3} .

Un total de 20 especies que se registraron en la zona conservada, no se encontraron en la perturbada. Algunas quizá por ser de regular a muy consumidas como es el caso de:

<i>Acacia anisophylla</i>	<i>Coldenia canescens</i>
<i>Acacia berlandieri</i>	<i>Ephedra aspera</i>
<i>Bauhinia ramosissima</i>	<i>Heliotropium torreyi</i>
<i>Bonetiella anomala</i>	<i>Krameria navae</i>
<i>Cercocarpus</i> sp.	<i>Mimosa zygophylla</i> ,

de acuerdo con Cepeda (en preparación); USDA (1937); Correl y Johnston (1979).

Otras probablemente, porque de ellas se extrae fibra tal como ocurre en *Agave striata*, *Dasyllirion longissimum* y *Hesperaloe funifera*, ya que son poco consumidas (Cepeda, en preparación). Y finalmente, especies que quizá no pudieron soportar la perturbación:

<i>Castilleja lanata</i>	<i>Neolloydia conoidea</i>
<i>Chrysactinia pinnata</i>	<i>Selaginella palleascens</i>
<i>Erioneuron grandiflorum</i>	<i>Thelocactus hexaedrophorus</i>
<i>Mammillaria candida</i>	

Aunque estas últimas especies no son consumidas por el ganado, posiblemente resulten ser sensibles al pisoteo, ya que con excepción de *Chrysactinia pinnata*, todas son herbáceas. Las herbáceas fueron las más sensibles al disturbio, pues to que de las 10 especies registradas en la zona conservada, 7 no se encontraron en la perturbada.

Las especies que sólo se encontraron en las laderas perturbadas fueron:

<i>Buddleja marrubifolia</i>	<i>Lippia graveolens</i>
<i>Bursera fagaroides</i>	<i>Orthosphenia mexicana</i>
<i>Forestiera angustifolia</i>	<i>Salvia ballotaeflora</i>
<i>Helietta parvifolia</i>	

Buddleja marrubifolia, *Forestiera angustifolia*, *Helietta parvifolia* y *Orthosphenia mexicana*, tal vez se hallaron en la zona perturbada porque son poco consumidas por el ganado (Cepeda, en preparación). Con respecto a las restantes que son consideradas como regularmente consumidas (Cepeda, en preparación), posiblemente sean especies resistentes o bien, especies con buenas habilidades competitivas.

Con respecto al factor exposición y con base en los valores de importancia relativos obtenidos (Tabla 5), las especies que se hallaron sólo o preferentemente en las laderas orientadas al Norte fueron:

<i>Agave striata</i>	<i>Erioneuron grandiflorum</i>
<i>Aristida divaricata</i>	<i>Gochnatia hypoleuca</i>
<i>Bauhinia ramosissima</i>	<i>Helietta parvifolia</i>
<i>Buddleja marrubifolia</i>	<i>Heliotropium torreyi</i>
<i>Castilleja lanata</i>	<i>Mammillaria candida</i>
<i>Cercocarpus</i> sp.	<i>Opuntia stenopetala</i>
<i>Chrysactinia pinnata</i>	<i>Orthosphenia mexicana</i>

<i>Dalea formosa</i>	<i>Salvia ballotaeiflora</i>
<i>Dasylixion acrotriche</i>	<i>Selaginella pallescens</i>
<i>Dasylixion longissimum</i>	<i>Tradescantia rosynsteii</i>
<i>Ephedra aspera</i>	<i>Zexmenia gnaphalioides</i>

Y las especies que se encontraron preferentemente en la Sur:

<i>Acacia anisophylla</i>	<i>Forestiera angustifolia</i>
<i>Acacia berlandieri</i>	<i>Hechtia glomerata</i>
<i>Agave lecheguilla</i>	<i>Hesperaloe funifera</i>
<i>Bonetiella anomala</i>	<i>Karwinskia mollis</i>
<i>Bursera fagaroides</i>	<i>Krameria navae</i>
<i>Calliandra eriophylla</i>	<i>Lippia graveolens</i>
<i>Coldenia canescens</i>	<i>Mimosa zygophylla</i>
<i>Danthonia</i> sp.	<i>Neolloydia conoidea</i>
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	<i>Neopringlea integrifolia</i>
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	<i>Thelocactus hexaedrophorus</i>

En las laderas Nortes fueron más abundantes las gramíneas y otras especies generalmente más mésicas como *Cercocarpus* sp., *Dasylixion* spp., *Ephedra aspera*, *Cochmatia hypoleuca*, *Helietta parvifolia* y *Selaginella pallescens*. Los sotoles (*Dasylixion* spp.) fueron los que más distinguieron fisonómicamente a la ladera Norte.

Las especies más importantes de las laderas Sur fueron arborescentes y acaulares; *Agave lecheguilla*, *Hechtia glomerata*; también se observaron arbustos grandes como *Bonetiella anomala*, *Forestiera angustifolia* y *Neopringlea integrifolia*, aunque su densidad y diversidad siempre fue menor a lo encontrado en las laderas Norte. Las cactáceas también fueron abundantes en esta orientación: *Echinocactus platyacanthus*, *Neolloydia conoidea* y *Thelocactus hexaedrophorus*, al igual que *Euphorbia antisiphilitica*, especie áfila y suculenta.

Las diferencias florísticas halladas entre las laderas Norte y Sur, coinciden con lo señalado por Oosting (1956), en cuanto a que el efecto de exposición crea disimilitudes climáticas que determinan comunidades vegetales distintas.

6.4.2.2 Cambios estructurales del matorral desértico rosetófilo, obtenidos en las cuatro condiciones de ladera.

Los datos sinecológicos obtenidos en cada una de las estaciones se presen-

tan en la Tabla 6, y su análisis estadístico en la Tabla 7.

6.4.2.2.1 Valores totales. No se hallaron diferencias significativas en la diversidad de especies con el efecto de exposición; pero con el disturbio, disminuyó significativamente (Tabla 7). La cobertura fue estadísticamente mayor en la exposición Norte; pero el área basal no presentó diferencias significativas debidas al efecto de exposición (Tabla 6 y 7). El porcentaje de cobertura y el área basal no variaron estadísticamente con la perturbación (Tabla 7). Es to último coincide con los porcentajes de vegetación obtenidos en las líneas de condición de superficie del suelo, en donde tampoco se encontraron diferencias significativas con el disturbio. El volumen calculado en cada condición de ladera, no mostró diferencias estadísticas debidas al efecto de exposición ni al de uso del suelo (Tabla 7).

El hecho de no haber encontrado diferencias significativas en los valores totales de cobertura, área basal y volumen, en relación con la perturbación, tal vez pueda explicarse porque en ambientes con baja productividad como las zonas áridas, estados tempranos y tardíos de una sucesión son similares (Denslow, 1980); o bien, porque las zonas escogidas no presentaban diferencias acentuadas de uso del suelo.

Aunque en la mayoría de los valores totales no se apreció una respuesta clara ante la exposición y el disturbio, sí se observó a nivel de estrato.

6.4.2.2.2 Valores por estrato. Se distinguieron tres estratos; un herbáceo, un arbustivo inferior con especies menores de 1 m de altura y un arbustivo superior con especies de más de 1 m de altura.

A. Estrato herbáceo.

El estrato herbáceo se encontró mejor representado en las laderas expuestas al Norte, ya que en éstas se halló significativamente mayor cobertura, área basal y volumen (Tabla 6 y 7). Con la perturbación di-

Tabla 6. Resumen de las características estructurales del matorral desértico rosetófilo obtenidas en las laderas con exposición Norte y Sur, bajo situaciones conservadas y perturbadas.

		Norte conservada	Sur conservada	Norte perturbada	Sur perturbada
t o	herbáceo				
	número de especies	7	5	2	2
	cobertura lineal (%)	40.71	8.32	6.77	3.40
	cobertura relativa (%)	45.44	14.11	7.54	5.96
	área basal absoluta (cm ²)	16,444.38	2,209.69	2,416.28	1,051.96
	área basal relativa (%)	31.15	3.06	2.79	1.34
	altura media ₃ (cm)	21.35	18.78	12.50	22.63
volumen (cm ³)	929,791.05	94,576.38	103,099.92	35,329.60	
volumen relativo (%)	7.75	0.82	0.55	0.48	
r a	arbustivo inferior				
	número de especies	12	11	9	8
	cobertura lineal (%)	21.58	36.40	60.60	45.02
	cobertura relativa (%)	24.08	61.69	67.51	78.96
	área basal absoluta (cm ²)	17,507.32	62,253.97	80,412.34	74,549.84
	área basal relativa (%)	33.17	86.18	92.83	94.67
	altura media ₃ (cm)	39.31	35.91	42.43	41.93
volumen (cm ³)	1,371,885.70	2,850,724.98	5,645,499.40	2,895,971.96	
volumen relativo (%)	11.43	24.81	30.10	39.72	
e s	arbustivo superior				
	número de especies	4	6	4	2
	cobertura lineal (%)	27.32	14.28	22.39	8.57
	cobertura relativa (%)	30.49	24.20	24.94	15.05
	área basal absoluta (cm ²)	18,832.06	7,774.02	3,795.93	3,145.45
	área basal relativa (%)	35.68	10.76	4.38	3.99
	altura media ₃ (cm)	111.41	123.16	170.87	134.14
volumen (cm ³)	9,697,304.67	8,545,418.58	13,006,422.40	4,359,618.04	
volumen relativo (%)	80.82	74.37	69.35	59.80	
valores totales	número de especies	23	22	15	12
	cobertura lineal (%)	89.60	59.12	89.76	57.00
	área basal absoluta (cm ²)	52,783.79	72,237.68	86,624.55	78,747.25
	volumen total (cm ³)	11,998,981.41	11,490,720.71	18,755,024.33	7,290,920.14

Tabla 7. Valores de $F_{1,8}$ de los análisis de varianza con dos criterios de clasificación y repetición, obtenidos a partir de algunas características estructurales del matorral rosetófilo ante dos condiciones contrastantes de exposición y disturbio.

		F calculada para exposición (F_{exp})	F calculada para disturbio (F_{dis})	F calculada para interacción (F_{int})
t o	herbáceo			
	número de especies ¹			
	cobertura	85.66 ****	106.78 ****	66.86 ****
	área basal	46.95 ****	43.06 ****	31.84 ****
t r	arborescente			
	número de especies	1.33 ns	3.70 ns	0.15 ns
	cobertura ¹			
	área basal	2.95 ns	11.12 **	4.30 ns
t e	superior			
	número de especies	6.25 *	1.00 ns	4.00 ns
	cobertura	7.81 **	0.19 ns	0.54 ns
	área basal ²	3.84 ns	11.02 **	0.37 ns
t e	inferior			
	número de especies	1.31 ns	1.45 ns	0.09 ns
	cobertura	0.38 ns	7.30 *	5.45 *
	volumen			
t e	total			
	número de especies	0.60 ns	8.07 **	0.27 ns
	cobertura	14.90 ****	0.04 ns	0.03 ns
	área basal	0.23 ns	3.00 ns	1.34 ns
t e	volumen	1.65 ns	0.07 ns	1.37 ns

¹ = No se realizó el análisis de varianza por la heterogeneidad hallada en las varianzas aún con las transformaciones sugeridas por Steel y Torrie (1980); ² = transformación a raíz cuadrada para homogenizar las varianzas; * = diferencias significativas a $p < 0.05$; ** = diferencias significativas a $p < 0.025$; *** = diferencias significativas a $p < 0.01$; **** = diferencias significativas a $p < 0.005$; ns = no significativo a $p > 0.05$.

chos atributos disminuyeron, especialmente en las laderas más místicas. En la estación NC el presente estrato fué el que más contribuyó con el valor total de cobertura (45%) (Tabla 6); las especies de mayor cobertura fueron: *Erioneuron grandiflorum*, *Aristida divaricata* y *Selaginella pallescens*. La disminución de gramíneas y la ausencia de *Selaginella pallescens* en la zona perturbada (Tabla 5), parece reflejarse en las reducciones de cobertura, área basal y volumen anteriormente mencionadas. La interacción altamente significativa del efecto de exposición con el de perturbación (Tabla 7), sugiere que las laderas Norte son más sensibles al efecto de uso del suelo en el estrato herbáceo.

B. Estrato arbustivo inferior.

Este estrato contribuyó con más del 60% en la cobertura total de las laderas SC, NP y SP (Tabla 6). A partir de la SC incrementó su aportación hasta ser de 80% en la SP. Las tres especies que más contribuyeron con su cobertura en la ladera SC fueron *Hechtia glomerata*, *Agave lecheguilla* y *Karwinskia mollis*; en la NP, *Hechtia glomerata*, *Orthosphenia mexicana* y *Zexmenia gnaphalioides*; y en la SP, *Hechtia glomerata*, *Lippia graveolens* y *Agave lecheguilla*. Como podrá observarse, *Hechtia glomerata* figuró en primer lugar en dichas laderas.

El área basal aumentó estadísticamente con la perturbación en ambas exposiciones (Tabla 6 y 7). Este estrato fue también el que más contribuyó con los valores totales de área basal en las estaciones SC, NP y SP. Aunque el aporte también se incrementó de la SC a la SP, en esta ocasión la aportación fué mayor; en SC fue de 86.18%, en la NP de 92.83% y en la SP de 94.67%. Por consiguiente este estrato es el que mayor área ocupa a nivel de la superficie del suelo. Las especies que más contribuyeron con su área basal fueron: *Hechtia glomerata*, *Echinocactus platyacanthus* y *Bauhinia ramosissima* en la ladera SC; *Hechtia glomerata*, *Orthosphenia mexicana* y *Zexmenia gnaphalioides* en la NP; y *Hechtia glomerata*, *Lippia graveolens* y *Agave lecheguilla* en la SP. Nuevamente aquí destacó *Hechtia*

glomerata.

El volumen al igual que el área basal se incrementó significativamente con el disturbio (Tabla 6 y 7), lo cual sugiere que este estrato se vió favorecido en el nivel de perturbación que se trabajó. La significativa interacción de la exposición y el disturbio sobre el volumen, sugiere que las laderas Norte son más adecuadas ante el uso del suelo para el estrato arbustivo inferior. *Hectia glomerata*, especie que se incrementó con el disturbio y principal aportadora de volumen en este estrato, presentó más volumen en la estación SP. No obstante, tal parece que el mayor volumen observado en la ladera NP se deba a la importante contribución de *Orthosphenia mexicana* misma que sólo apareció en esta ladera (Tabla 5).

C. Estrato arbustivo superior.

Sólo en este estrato se observaron diferencias significativas en la diversidad florística, debidas a la exposición (Tabla 7).

Al igual que el estrato herbáceo, el arbustivo superior mostró estadísticamente mayor cobertura en las laderas orientadas al Norte (Tabla 6 y 7). Esta similitud sugiere que tanto para las herbáceas como para los grandes arbustos, las laderas con mayor humedad resultan ser más adecuadas.

A diferencia del estrato arbustivo inferior y al igual que el herbáceo, el área basal del presente estrato disminuyó significativamente con la perturbación (Tabla 7). En la estación NC este estrato fue el que más contribuyó con el valor total de área basal (35.68%) (Tabla 6). Las especies con los valores más altos fueron: *Dasyllirion acrotriche*, *Cercocarpus* sp. y *Dasyllirion longissimum*.

Con respecto a la estimación de volumen, no se detectaron diferencias significativas ni con la exposición ni con el disturbio (Tabla 7). No obstante,

este estrato fue el que más contribuyó con el valor total de volumen en las cuatro condiciones de ladera (Tabla 6 y 7). Las especies que mayor volumen aportaron fueron: en la NC *Dasylixion acrotriche*, *Cercocarpus* sp. y *Dasylixion longissimum*; en la SC, *Bonetiella anomala*, *Dasylixion acrotriche* y *Acacia anisophylla*; en la NP, *Helietta parvifolia*, *Dasylixion acrotriche* y *Gochnatia hypoleuca*; y en la SP, *Forestiera angustifolia* y *Neoponglea integrifolia*.

Es posible que la altura, que no mostró diferencias estadísticas en ningún estrato y ante ninguna situación, haya intervenido más sobre el volumen que sobre los otros atributos (cobertura y área basal).

Los valores relativos de volumen tanto del estrato herbáceo como del arbusivo superior, disminuyeron en la siguiente secuencia NC > SC > NP > SP. Por el contrario, en el estrato arbustivo inferior se incrementaron en orden inverso (Tabla 6). Aunque este último estrato no fue el principal aportador de volumen, fue el único que se vio favorecido con el xerofitismo y la perturbación. Puede decirse que los cambios estructurales observados en el matorral rosetófilo, se debieron en gran parte a las reacciones de *Hectia glomerata* y *Agave lecheguilla*. Esto coincide con Slatyer (1973), quien señala que los cambios estructurales de los organismos claves pueden afectar la estructura de todo el ecosistema.

6.4.2.2.3 Valor de importancia relativo, curvas de abundancia y fracción k de dominancia. Los valores de importancia relativa contra la secuencia de especies se graficaron en la Figura 17. Las curvas de abundancia resultantes se ajustaron a la serie geométrica de Motomura (Whittaker, 1965); $D=0.312$, $R.C.=0.337$ a $p<0.01$ para NC; $D=0.285$, $R.C.=0.337$ a $p<0.01$ para SC; $D=0.293$, $R.C.=0.404$ a $p<0.01$ para NP y $D=0.351$, $R.C.=0.449$ a $p<0.01$ para SP. Cabe aclarar que en la ladera NC no se consideró el último valor de importancia re-

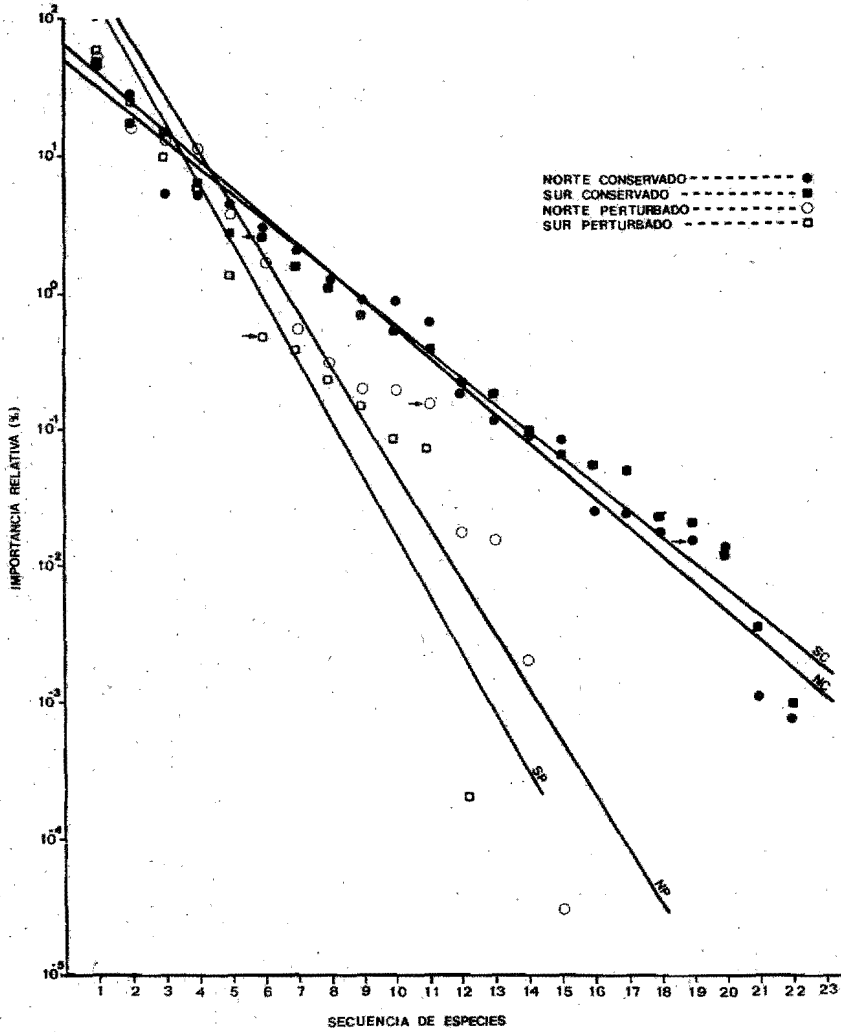


Fig. 17. Curvas de valor de importancia obtenidas en matorral desértico rosetófilo en laderas con diferente exposición y grado de disturbio. Las flechas indican la posición de *Echinocactus platyacanthus* en cada situación.

lativo, ya que al resultar tan disparado la curva de abundancia no se ajustaba a ninguna de las mencionadas por Whittaker (1965).

De acuerdo con Whittaker (1965), las curvas de la serie geométrica se encuentran en comunidades con ambientes rigurosos y pocas especies, lo cual coincide con la presente situación. Entre las hipótesis propuestas para explicar la curva geométrica, la de acaparamiento o apropiación del nicho (the niche pre-emption hypothesis) ha sido la más aceptada (Poole, 1974; May, 1975 y Whittaker, 1975). Esta hipótesis supone que la especie más dominante de la comunidad ocupa alguna fracción k de los recursos o del espacio del nicho, una segunda es capaz de ocupar una fracción similar k de lo dejado por la especie dominante, la tercer especie más importante ocupa también una fracción k similar de lo dejado por las especies más importantes y así sucesivamente. En el presente caso fué posible calcular la fracción k del espacio del nicho ocupado por las especies en cada condición de ladera. Para ésto se empleó la ecuación $k = 1 - \exp b^{-1}$ obtenida por del Castillo (1982), en donde b es la pendiente de la recta. Los valores resultantes fueron: 0.3777 en la ladera NC, 0.3562, en la SC, 0.5960 en la NP y 0.6298 en la SP. De acuerdo con los valores obtenidos, la dominancia aumentó con el deterioro. Ésto también pudo observarse en las pendientes de las rectas obtenidas en las estaciones NP y SP, ya que fueron las más pronunciadas (Figura 17). En cuanto a la exposición, en la zona conservada se obtuvo el valor más alto de k en la ladera Norte, mientras que en la zona perturbada fue en la Sur. De la misma manera, dichas disimilitudes pudieron apreciarse graficamente.

Con base en los valores de importancia relativa de cada estación (Tabla 5), las tres especies más importantes fueron:

NC
Dasyliirion acrotriche
Cercocarpus sp.
Aristida divaricata

SC
Bonetiella anomala
Hechtia glomerata
Dasyliirion acrotriche

Heliopsis parvifolia
Hechtia glomerata
Dasyllirion acrotriche

Forestiera angustifolia
Hechtia glomerata
Lippia graveolens

Estas especies representan a las tres primeras especies "acaparadoras" en cada condición de ladera. Puede observarse que en todos los casos el primer lugar fue ocupado por especies del estrato arbustivo superior y que, con excepción de la ladera NC, *Hechtia glomerata* se distinguió como segunda especie dominante. Esto coincide con lo mencionado por Denslow (1980) en cuanto a que en ambientes con baja productividad, estados tempranos y tardíos son similares y en los que las mismas especies exitosas en los primeros, lo son en los últimos.

Las primeras especies dominantes de las laderas NC y SC, fueron substituidas por especies "invasoras" en la zona perturbada, las que además ocuparon una fracción k de los recursos mayor (con base en los valores de k obtenidos). En la ladera SP en donde las condiciones fueron más desfavorables, otra especie "invasora" ocupó el tercer lugar de importancia.

Dasyllirion acrotriche que fue la primer especie dominante y la que más distinguió fisonómicamente a la ladera NC, ocupó el tercer lugar de importancia en la NP. *Cercocarpus* sp. y *Aristida divaricata* que también contribuyeron con la fisonomía de dicha ladera, parece ser no resistieron la perturbación. Aunque *Hechtia glomerata* no fué la primer especie dominante de la ladera SC, fué la que le brindó el carácter distintivo. Con la perturbación dicha especie se vió favorecida, ya que obtuvo un valor de importancia mayor y fué de las principales especies dominantes.

6.4.2.2.4 Diversidad ecológica.

La diversidad ecológica hallada en la ladera NC fué de 3.0313, en la SC de 3.1042, en la NP de 2.8190 y en la SP de 2.5334. En la zona conservada la mayor diversidad ecológica se encontró en la exposición Sur; y en la perturbada, en la Norte. Con el disturbio la diversidad ecológica disminuyó en ambas exposiciones,

lo cual concuerda con Margalef (1974) quien señala que en comunidades explotadas la diversidad es baja. La diferencia de diversidad existente entre las exposiciones Norte y Sur, se incrementó con el disturbio; en la zona conservada fue de 0.0729 y en la perturbada de 0.2856. Esto se debe a que en las laderas con exposición Sur, la disminución de la diversidad ecológica fue más acentuada que en las expuestas al Norte. El haber encontrado la menor diversidad ecológica en el ambiente más severo (SP), coincide con lo señalado por Whittaker (1965) en cuanto a que en comunidades con condiciones rigurosas, la diversidad es baja.

Las fracciones k de dominancia calculadas en la sección anterior, concuerdan con los valores de diversidad ecológica aquí obtenidos. Los valores más elevados de k se encontraron en la zona perturbada, misma en la que se observaron los valores más bajos de diversidad.

6.4.3 *Echinocactus platyacanthus* en relación con el efecto de ladera y el disturbio.

6.4.3.1 Valor de importancia relativo.

La importancia ecológica obtenida en cada estación se puede apreciar en la Figura 17. El efecto de exposición parece ser el factor que notablemente afectó el valor de importancia, puesto que se encontraron los valores más altos en las laderas orientadas al Sur. En cuanto al disturbio, no se observó una respuesta muy clara, y tal vez sea necesario incrementar el tamaño de muestra.

6.4.3.2 Distancias al vecino más cercano.

La distribución de las distancias al vecino más cercano obtenida en cada condición de ladera, se presenta en la Figura 18. Se encontraron diferencias significativas con respecto a la exposición, las cuales se incrementaron en la zona perturbada (Tabla 8). Como se podrá apreciar en la Figura 18, las distancias más grandes ocurrieron en las laderas orientadas al Norte, mientras que las

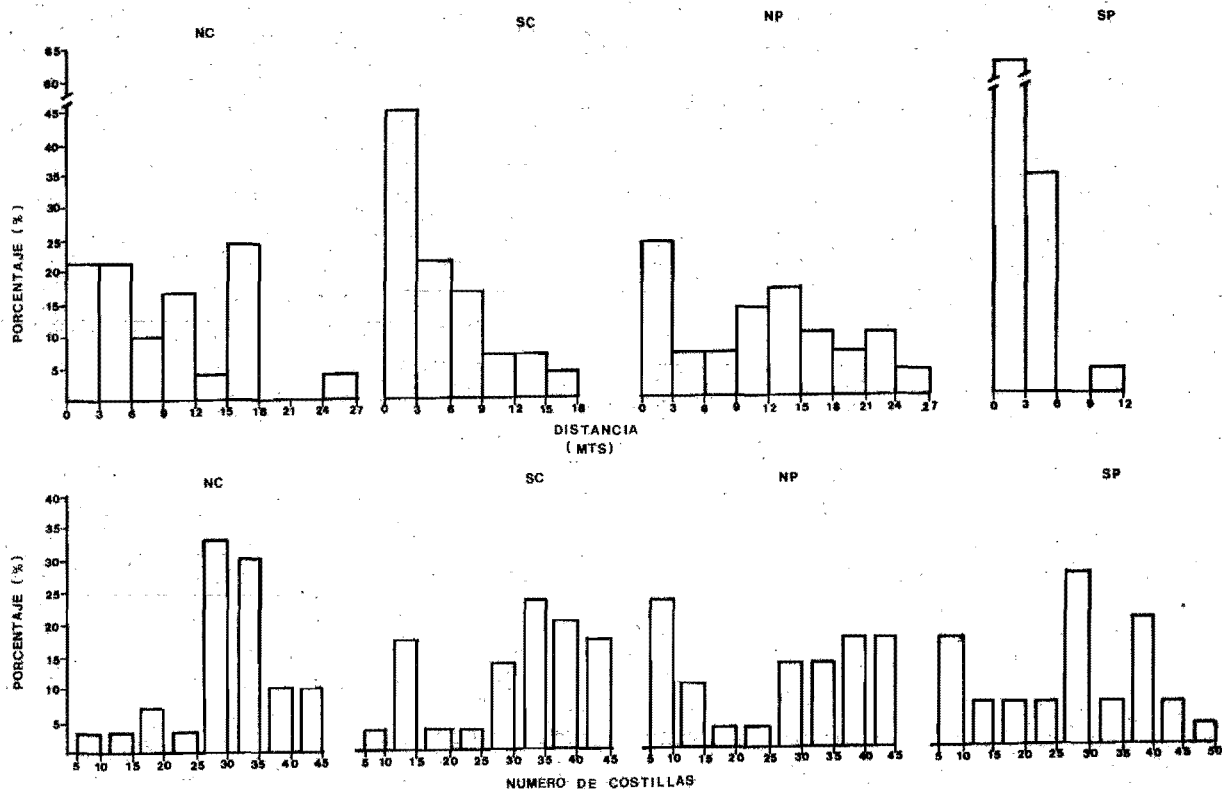


Fig. 18. Distribución de los valores de distancia al vecino más cercano y número de costillas, obtenidos de 30 individuos de *Echinocactus platyacanthus* en cada condición de ladera (NC, Norte conservada; SC, Sur conservada; NP, Norte Perturbada y, SP, Sur perturbada).

Tabla 8. Valores D obtenidos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, al comparar los atributos medidos en *Echinocactus platyacanthus* entre las cuatro condiciones de ladera.

	distancia al vecino más cercano	número de costillas	diámetro	altura
Norte conservada-Sur conservada	11/29 **	6/30 ns	9/30 ns	8/30 ns
Norte conservada-Norte perturbada	7/29 ns	8/30 ns	11/30 **	10/30 *
Sur conservada-Sur perturbada	9/29 ns	7/30 ns	10/30 *	11/30 **
Norte perturbada-Sur perturbada	19/29 ***	4/30 ns	5/30 ns	5/30 ns

*= $p < 0.05$, **= $p < 0.025$, ***= $p < 0.005$, ns= no significativo a $p > 0.05$.

más cortas se hallaron en la Sur. En la ladera NC cerca del 70% de las distancias fueron menores a 12 m, y en la SC ese mismo porcentaje se observó con distancias menores a 6 m. Las distancias encontradas en la estación NP mostraron una gran dispersión, lo cual fue contrario a lo observado en la SP, en la que cerca del 100% de las distancias se hallaron en los primeros 6 m.

Debido a que las distancias al vecino más cercano pueden dar una idea de la existencia de lugares favorables para la especie, las menores distancias observadas en la exposición Sur, sugieren que las condiciones xéricas son más adecuadas para *E. platyacanthus*. Otras cactáceas también se han encontrado mejor representadas en laderas con exposición Sur, como es el caso del saguaro (Niering *et al.*, 1963), de *Ferocactus acanthodes* y de *Echinocereus engelmannii* (Yeaton y Cody, 1979) y de *F. histrix* (del Castillo, 1982).

Las grandes distancias halladas entre los individuos de *E. platyacanthus* en las laderas con exposición Norte, pudieran indicar que resulte difícil para la especie competir con las herbáceas, las que además de ser aquí abundantes presentan un crecimiento más rápido; o bien, que el clima más frío, húmedo y la menor iluminación de las laderas orientadas al Norte, no sean muy adecuadas para *E. platyacanthus* por presentar altos requerimientos lumínicos y térmicos.

Con respecto a la perturbación, no se encontraron diferencias estadísticas al comparar las distribuciones de las distancias entre las laderas NC-NP y SC-SP (Tabla 8). Tal parece que el nivel de disturbio que se trabajó, no fue suficiente como para modificar la existencia de los lugares favorables hallados para la especie en la zona conservada.

6.4.3.3 Número de costillas, diámetro y altura.

En las Figuras 18 y 19 se muestran las distribuciones de los valores obtenidos en cada estación. No se encontraron diferencias estadísticas en el número

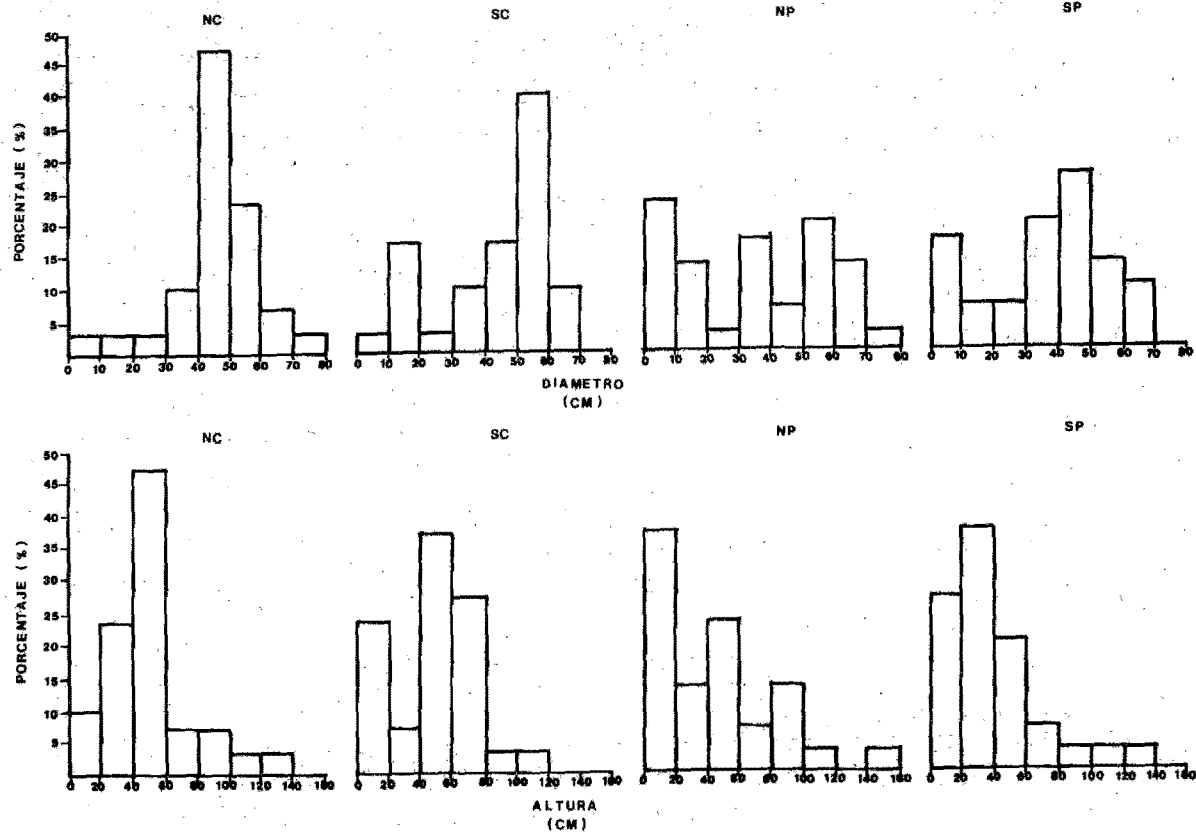


Fig. 19. Distribución de los valores de diámetro y de altura obtenidos de 30 individuos de *Echinocactus platyacanthus*, en cada condición de ladera (NC, Norte conservada; SC, Sur conservada; NP, Norte perturbada y SP, Sur perturbada).

ro de costillas, diámetro y altura con respecto a la exposición (Tabla 8). Esto sugiere que dichos atributos no son afectados por el clima topográfico.

Las distribuciones de diámetros de las laderas conservadas, fueron significativamente diferentes de las laderas perturbadas (Tabla 8). Como podrá observarse en la Figura 19, más del 50% de los diámetros registrados en las laderas conservadas fueron de 40 a 60 cm. Con el disturbio aumentó la dispersión de los diámetros, y más del 50% de éstos fueron menores a 40 cm. La distribución de alturas obtenida en las dos exposiciones de la zona conservada, también resultó ser estadísticamente diferente de la obtenida en las exposiciones correspondientes de la zona perturbada (Tabla 8). Con base en la Figura 19, en la ladera NC el 70% de las alturas se encontraron entre 20 y 60 cm, y en la SC, el 64% estuvo entre 40 y 80 cm. Las distribuciones de las alturas en las laderas perturbadas mostraron sesgo positivo, por lo que más del 70% de las alturas halladas fueron menores a 60 cm. Con respecto al número de costillas, no se encontraron diferencias significativas con respecto a la perturbación (Tabla 8).

El diámetro, número de costillas y la altura se incrementan con el crecimiento de este cacto y se hallan correlacionados significativamente entre sí (capítulo 5). Con base en lo anterior, las distribuciones de diámetro y altura observadas en la zona conservada muestran un bajo porcentaje de individuos jóvenes. Debido a que la curva de sobrevivencia de *E. platyacanthus* es concava, la baja proporción de individuos jóvenes sugiere que la población está declinando en las laderas conservadas.

Las distribuciones de diámetros y alturas obtenidas en la zona perturbada, muestran incremento de biznagas pequeñas y disminución de biznagas grandes. La reducción de individuos grandes posiblemente se deba a que en esta zona son empleados como forraje en condiciones de extrema sequía. Dicha reducción ocasiona

aminoramiento de individuos reproductores, ya que precisamente cuando la especie ha alcanzado un tamaño considerable que es alrededor de las 27 costillas, inicia su actividad reproductiva. Con base en la distribución del número de costillas hallada en cada estación (Figura 18), el porcentaje de individuos reproductores encontrados en la ladera NC fué de 83.3%, en la NP de 60.6 %, en la SC de 73.6% y en la SP de 64.3%. Esto coincide con Tueller (1973) quién señala que uno de los efectos del pastoreo sobre las poblaciones, es la reducción de la producción de semillas. En cuanto al incremento de individuos jóvenes hallado en esta zona (perturbada), probablemente se relacione con el notable aumento de cobertura observado en el estrato arbustivo inferior. Ya que para el establecimiento, la biznaga requiere de lugares mésicos que le brinden protección de la luz solar directa, requerimientos que también han sido hallados en *Ferocactus wislizenii* (Humphrey, 1936), *Carnegiea gigantea* (Niering et al., 1963) y *F. histrix* (del Castillo, 1982).

7. Etnobotánica.

7.1 Antecedentes y objetivo.

La etnobotánica según Hernández (1976), es el campo científico que estudia las interrelaciones que se establecen entre el hombre y las plantas, a través del tiempo y en diferentes ambientes. Bye (1979) señala que actualmente, botánicos, antropólogos y geógrafos ven en la utilización de las plantas el mayor componente de la etnobotánica.

Como se mencionó en el capítulo 1, no se sabe con seguridad si *E. platyacanthus* fue empleado en la época prehispánica. No obstante, se conoce con certeza su utilización después de la llegada de los españoles. El parénquima de esta especie ha sido empleado después de la conquista hispana como forraje de emergencia y en la elaboración del dulce de biznaga o "acitrón" (Diguët, 1928; Bravo, 1937; Rzedowski, 1957; Marroquín *et al.*, 1964; Hernández, 1981). En 1957 Rzedowski observa que esta cactácea se emplea como planta de ornato. Últimamente se ha reportado que el indumento lanoso que posee, se usa como relleno (González, 1972; Hernández, 1981) y en la cría de conejos, y que sus frutos llamados "borreguitos" por su sabor dulce, son consumidos por la gente (Hernández, 1981).

Debido a que la etnobotánica tiene que ser eminentemente regionalista por variar según el grupo cultural (Barrera, 1976), y debido a la carencia de información detallada sobre la forma de uso en general de *E. platyacanthus*, la finalidad que se tuvo en el presente capítulo fue conocer las relaciones existentes entre los pobladores de la zona árida potosina y la biznaga de interés.

7.2 Hipótesis.

Echinocactus platyacanthus es un importante recurso para la gente del campo en la zona árida de San Luis Potosí.

7.3 Materiales y métodos.

Los recorridos efectuados por el Estado de San Luis Potosí para conocer la distribución geográfica y ecológica de la especie (capítulo 2), también se utilizaron para conocer las relaciones entre el hombre y *E. platyacanthus*. En todas las localidades fué posible realizar entrevistas para reunir información sobre las partes de la biznaga empleadas y la forma de utilizarlas. También se indagó sobre la frecuencia de su empleo. Generalmente las entrevistas se hicieron en el campo a pastores, pero otras veces fue necesario ir al poblado más cercano. Los mercados más próximos a las localidades fueron visitados.

7.4 Resultados y discusión.

7.4.1 Nombres vernáculos.

Los nombres comunes con los que se conoce a *E. platyacanthus* en esta región son: "biznaga burra", "biznaga caballona" y "biznaga de lana". Las dos primeras denominaciones se le atribuyen por su tamaño y la última, por la gran cantidad de indumento lanoso que posee.

7.4.2 Flores y frutos.

En zonas pastoreadas como Estancia del Arenal y Villa de Arista, se observó que el ganado caprino llega a consumir directamente las flores y frutos tiernos de *E. platyacanthus*. Parece ser que cuando dichas estructuras son proporcionadas por los pastores, se llega a dañar el meristemo apical y puede provocar la formación de nuevos tallos. Es posible que tanto el consumo de flores y frutos como el daño al meristemo, repercutan en una disminución de las probabilidades de establecimiento de *E. platyacanthus* en estas zonas.

7.4.3 Indumento lanoso.

La gran cantidad de indumento lanoso que posee *E. platyacanthus*, es empleado principalmente como relleno. No obstante en lugares como Charco Cercado se

prefiere otro material para rellenar, pues se indicó que es difícil su extracción. Según los informantes, la lana de la biznaga es más fina que la del borrego ya que no se apelmaza. En ciertas localidades como en Salitrillos, fué empleada para hacer colchas y chalecos. Para ésto era necesario sacar las espigas que traía la lana, lavarla para quitarle las impurezas y luego darle un baño con agua de carbonato para suavizarla. Posteriormente se peinaba con varas de membrillo. En algunos lugares como en Santa Teresa, la lana se llega a emplear en los nacimientos navideños. En poblados cercanos a la Sierra el Azul, se mencionó que la lana se llegó a usar como cama para la cría de conejos.

Para la gente del campo la venta del indumento lanoso representa una pequeña fuente de ingresos. Dicha actividad se realiza con poca frecuencia ya que se requiere de mucho tiempo para llenar un costal, el cual es poco remunerado pues la lana se vende por kilo y el material es de muy baja densidad. A fines de 1979 se les pagaba en las jarcierfas 3 pesos por kilo.

Conviene señalar que debido a que la lana es extraída con cuchillo, muchas veces se daña la región meristemática y se estimula la formación de nuevos tallos.

7.4.4 Tallo.

7.4.4.1 Dulce de biznaga.

El empleo del parénquima de *E. platyacanthus* para preparar el dulce de biznaga ocurre tanto a nivel comercial como a nivel doméstico. No obstante, la producción en ambos casos es baja ya que de acuerdo con los informantes, al ser consumido el dulce deja gabazo y presenta "arenitas". Por esta razón se prefiere elaborar el dulce con el parénquima de otra especie de la región que tiene mejor consistencia; *Ferocactus histrix*. Esto fue tan evidente que en localidades como Villa de Arista en donde abunda *E. platyacanthus*, se prefiere recorrer una mayor distancia para conseguir la otra biznaga. Debido a que *E. platyacanthus* crece

sobre suelos calizos, es probable que las "arenitas" encontradas en su parénquima sean cristales insolubles de oxalato y carbonato de calcio. Salisbury y Ross (1978) señalan que el calcio en las plantas se haya en gran medida en la forma de los cristales mencionados en vacuolas centrales, posiblemente para mantener fuera del citoplasma a los oxalatos tóxicos.

La venta del dulce hecho con la especie de interés se efectúa con mayor frecuencia en las casas donde se prepara que en los mercados, tal como ocurre en Matehuala. En dichas casas se elaboran además otros dulces como el calabazote, chilacayote, jamoncillo de leche, cocada, camote y coco chamuscado. Los fabricantes mencionaron que la materia prima es vendida por gente de los ranchos aledaños que traen los tallos limpios de espinas. Y que para elaborar el dulce sólo se usa el "corazón". Los pedazos se "tajan" del tamaño deseado y se ponen en agua por 3 horas, después se sancochan por 15 minutos, y luego se colocan en agua fría por poco tiempo. De ahí se ponen a hervir con azúcar refinada hasta que el almibar se aclare, y se dejan reposar toda la noche. Al día siguiente se les añade más azúcar y se ponen a hervir hasta que la mezcla este espumosa, después se hace el "pamiz" que consiste en raspar con una cuchara el interior del recipiente, para que se les haga costra y no queden pegajosos. Por último éstos se colocan en el bastidor. En algunas localidades sólo se utiliza la mitad superior de la biznaga para hacer el dulce, ya que se menciona que la inferior es más arenosa. En otras localidades como Charco Cercado, se dice que deben emplear se biznagas jóvenes porque al crecer se les forman las "arenitas".

El precio de este dulce a fines de diciembre de 1979, fué de un peso por tres pedazos chicos de aproximadamente 7 cm de longitud por dos de espesor y anchura. Además de consumirse el dulce solo, se supo que en la ciudad de San Luis Potosí se emplea eventualmente para relleno de tamales. Según los informantes la elaboración del dulce de biznaga a nivel doméstico se ha reducido en los últi-

mos años.

Otras cactáceas que se utilizan también para hacer dulce de biznaga son: *Ferocactus acanthodes* (Clarke, 1977), *F. haematacanthus* (Elizondo, 1979) y *F. bis-trix* (del Castillo, 1982).

7.4.4.2 Queso de conserva.

Sólo se tuvo noticias de su elaboración en Tanquesito, Municipio de San Luis Potosí. Según se informó, en los últimos años ya no se ha hecho este queso por la escasez de "magueyes verdes" que se necesitan para su elaboración. De acuerdo con los campesinos, para preparar dicho queso el parénquima de la biznaga se molía y exprimía en tela tejida de ixtle. Luego se ponía a cocer con miel de maguey hasta ponerse espeso, y entonces se formaban los quesos.

7.4.4.3 Forraje.

Se encontró que uno de los usos más importantes que se le da a esta biznaga es el de servir como forraje en condiciones de sequía, lo cual es frecuente en estas zonas. Se suministra principalmente al ganado caprino ya que cuando es comida por el ganado vacuno, éste se "entripa". Las biznagas son partidas a la mitad y el tejido interno es rápidamente consumido. En algunas ocasiones se llegó a observar retoños en la parte externa de las biznagas partidas, la cual no es consumida por el ganado. Según los campesinos informantes al ser proporcionada esta especie también como fuente de agua para el ganado, se permite un recorrido más amplio en busca de forraje durante el pastoreo.

Existe una gran desproporción entre el tiempo en que tarda en crecer *E. platyacanthus* y el tiempo en que es rápidamente destruida, tanto para proporcionársela al ganado como para elaborar el dulce de biznaga. Por consiguiente es necesario racionalizar su utilización y buscar técnicas adecuadas para su pro-

pagación más eficiente.

7.4.4.4 Ornato.

Según la gente del campo esta biznaga se usa también como "curia". Con base en los registros de la Delegación Forestal de San Luis Potosí, con este motivo se han extraído legalmente algunas toneladas de *E. platyacanthus* de la región de Guadalucazar, San Juan Sin Agua y Nuñez, en la década de 1970. No obstante en algunas localidades como Estancia del Arenal, *E. platyacanthus* se ha extraído de manera continua e ilegal pero con fines desconocidos, pues la biznaga en ese lugar se molía y se transportaba hacia los Estados Unidos. Wurmsted y Demarest (1981) denuncian que muchas de las cactáceas que llegan a los mercados de Estados Unidos, de Japón y de Europa, son llevadas por contrabando a la frontera Norte de México por campesinos que las han extraído de los Estados de Hidalgo y San Luis Potosí, y que como consecuencia, la familia de las cactáceas es de las que se encuentran en mayor peligro de extinción.

7.4.4.5 Síntesis química de hormonas.

Domínguez *et al.* (1970) encontraron en *E. platyacanthus* uno de los esteroides más conocidos y abundantes de las angiospermas: β -sitosterol. Salisbury y Ross (1978) mencionan que los esteroides son empleados para la síntesis química de ciertas hormonas animales, tal como la hormona progesterona. Por lo tanto esta especie podría merecer atención como materia prima para la síntesis de dichas hormonas.

8. Conclusiones.

- 8.1 *Echinocactus platyacanthus* es endémico de México. Se distribuye entre los paralelos 18° y 25°N y los meridianos 97° y 102°W, con una dirección NNW-SSE. Presenta una notable disyunción en las serranías del Eje Volcánico Transversal. En el Altiplano Potosino esta biznaga se encuentra entre 1300 y 2350 m de altitud, generalmente sobre laderas. Crece generalmente sobre suelos de origen calizo y con climas BS. Se halló mejor representada en el matorral desértico rosetófilo. Las localidades visitadas presentaron desde moderada a severa perturbación, pues además de agostaderos para cabras contienen diversas especies objeto de extracción.
- 8.2 La floración y fructificación ocurrieron en los meses más calientes y probables de lluvia. Se observaron tres períodos de floración: finales de abril y principios de junio y de julio. La fructificación del primer período fue la más abundante. La flor atrae a coleópteros de los géneros *Tri-chochrous* y *Colopterus* y abejas de tamaño mediano. Los frutos son secos, maduran en dos meses cuando sus numerosas semillas cambian de color pardo pálido a rojo oscuro, y son consumidos por aves y roedores.
- 8.3 La semilla de *E. platyacanthus* mide 2.5 mm de longitud, posee embrión periférico, perisperma conspicuo y testa reticulada. Los requerimientos para que estas semillas germinen son: suficiente humedad e iluminación y temperaturas estivales. La germinación es epigea y rápida. La mayoría de las semillas recién cosechadas germinaron del tercer y medio día al sexto a 25°C. El porcentaje de germinación disminuye con el tiempo de almacenamiento artificial. Las plantas pequeñas requieren de protección de la luz solar directa. Bajo condiciones de laboratorio y sobre suelos riolíticos,

pueden germinar, sobrevivir y aún crecer los individuos de *E. platyacanthus*. Sin embargo, la acumulación de agua y biomasa es menor en este sustrato que en el calizo. La fase de plántula es más sensible a la naturaleza del sustrato.

- 8.4 El diámetro, el número de costillas y la altura de *E. platyacanthus* se encuentran altamente correlacionados y aumentan con la edad. El periodo juvenil o prerreproductivo es largo, ya que hasta que alcanza un tamaño considerable y desarrolla las estructuras necesarias que le permitan tolerar las condiciones adversas de su medio, que es alrededor de las 27 costillas, inicia su actividad reproductiva. La producción de frutos se incrementa con el número de costillas y no existe una fase postreproductiva. Sólo cuando el meristemo apical es dañado, se desarrollan nuevos tallos.
- 8.5 El matorral desértico rosetófilo es afectado por la exposición y el disturbio. Los sotoles y especies mesófitas le confieren la fisonomía a las laderas orientadas al Norte, y plantas arrosietadas acaules como la guapilla, la lechuguilla y otras especies xerófitas distinguen fisonómicamente a las expuestas al Sur. La diversidad florística disminuyó con la perturbación. La estructura de este matorral mostró cambios más claros ante la exposición y la perturbación, a nivel de estrato que con los valores totales. El estrato herbáceo fue el más sensible a la orientación y al disturbio; disminuyó con la perturbación y, al igual que el estrato arbustivo superior, estuvo mejor representado en las laderas más húmedas. Por el contrario, el estrato arbustivo inferior se incrementó con la perturbación y fue más abundante en las laderas más xéricas. El estrato arbustivo superior fue el principal aportador de volumen en las cuatro estaciones. Las curvas de do-

minancia obtenidas en cada condición de ladera, se ajustaron al modelo geométrico de Motomura. *Hechtia glomerata* se distinguió como una de las especies más importantes en todas las estaciones. La diversidad ecológica disminuyó con el disturbio. Los valores de importancia relativa más altos de *E. platyacanthus* se obtuvieron en las laderas expuestas al Sur, en donde, además, se encontraron las distancias más pequeñas entre los individuos. Se registró un mayor porcentaje de biznagas jóvenes en la zona perturbada.

- 8.6 Las flores, frutos tiernos y el tallo de *E. platyacanthus*, son empleados como forraje de emergencia para el ganado caprino. El indumento lanoso tiene poco uso actualmente. Con el parénquima se hace dulce de biznaga pero es poco consumido por las "arenitas" que presenta. Esta cactácea es usada como planta de ornato.

9. Resumen.

El conocimiento básico de las relaciones entre las plantas silvestres y su ambiente, constituye el fundamento para su utilización racional. Debido a la poca información que existe sobre *E. platyacanthus*, especie de extensa distribución geográfica y de importancia económica, el objetivo de este trabajo fue contribuir al conocimiento de su ecología. Para lograrlo se abordaron los siguientes aspectos: a) distribución geográfica y ecológica, b) fenología reproductiva, c) germinación y establecimiento, d) crecimiento, e) relaciones del efecto de la dera y perturbación en el matorral desértico rosetófilo y en la población de *E. platyacanthus* y f) etnobotánica.

De acuerdo con la recopilación bibliográfica, *E. platyacanthus* es endémico de México, se distribuye entre los paralelos 18° y 25°N y los meridianos 97° y 102°W, tiene una dirección NNW-SSE y presenta una notable disyunción en el Eje Volcánico Transversal. Se efectuaron recorridos por el Estado de San Luis Potosí y lugares aledaños para recabar información sobre su distribución ecológica, la cual se comparó o completó con la bibliografía. Se reconocieron 20 localidades. En estas se encontró la biznaga entre 1300 y 2350 m de altitud; principalmente sobre laderas calizas, climas BS y en matorral desértico rosetófilo. Se identificaron 117 especies de plantas que conviven con *E. platyacanthus*. Las localidades visitadas presentaron de moderada a severa perturbación.

La fenología reproductiva de la especie se estudió marcando varios individuos en el campo, que fueron visitados periódicamente durante año y medio. Se colectaron y observaron visitantes florales. La floración y fructificación ocurrieron en los meses más calientes y probables de lluvias. Se observaron tres periodos de floración: a finales de abril y a principios de junio y de julio. La fructificación del primer periodo fue la más abundante. La maduración del

fruto ocurre en dos meses. Las numerosas semillas que presenta el fruto, sugiere que en la fase de establecimiento, *E. platyacanthus* presenta una selección tipo r. Los frutos son consumidos por aves y roedores. Coleópteros de los géneros *Trichochrous* y *Coleopterus* visitan la flor del cacto, pero por su comportamiento se cree tengan poca importancia en su polinización.

Se describió la semilla de *E. platyacanthus*; se calculó el porcentaje germinativo; se evaluó el efecto de la luz solar directa en biznagas jóvenes y el efecto del suelo calizo y del riolítico en la germinación y el establecimiento. La semilla mide 2.5 mm de longitud y presenta características como testa reticulada y perisperma conspicuo que pueden contribuir con una rápida germinación y establecimiento. La mayoría de las semillas germinan del tercer y medio día al sexto con suficiente humedad e iluminación y temperaturas estivales. La rapidez de este proceso puede ser de gran importancia para el establecimiento de la especie. La viabilidad es elevada (92%) y disminuye al ser almacenadas. Individuos jóvenes de *E. platyacanthus* requieren de objetos nodrizas que los protejan de la exposición directa, por ser letal en esta fase de su vida. Bajo condiciones de laboratorio, pueden germinar, sobrevivir y aún crecer individuos de *E. platyacanthus* en suelo riolítico. Lo que sugiere que el factor edáfico no es el único responsable de la exclusión de la biznaga en dichos suelos. No obstante la naturaleza del suelo riolítico provocó menor crecimiento y almacenamiento de agua en los individuos, en comparación con los que se desarrollaron en suelos calizos. La fase de plántula resultó ser la más sensible a la naturaleza del sustrato.

Se encontró una elevada correlación entre los valores de diámetro, altura y número de costillas medidos en 120 individuos de diferente tamaño, por lo que puede decirse que durante el crecimiento de *E. platyacanthus* dichas variables cambian conjuntamente. Con base en observaciones de individuos en el campo y en el laboratorio, y con la medición del número de frutos y número de costillas efectuada

en 110 individuos de diferente tamaño, se encontró que: a) *E. platyacanthus* presenta un largo período prerreproductivo y sólo cuando los individuos tienen alrededor de 27 costillas, adquieren la capacidad reproductiva; b) la producción de frutos se incrementa con el número de costillas y no existe una fase postrreproductiva.

Se compararon dos zonas de matorral desértico rosetófilo con distinto grado de perturbación y que contenían laderas expuestas al Norte y al Sur. Se registró la temperatura, humedad y potencial de matriz en ambas exposiciones, y se evaluó la condición de superficie del suelo en la zona conservada y en la perturbada. Se encontró que las laderas con exposición Sur son más cálidas y secas y poseen mayor cantidad de especies xerófitas, en comparación con las laderas orientadas al Norte. El porcentaje de suelo desnudo se incrementó con el disturbio y el porcentaje de mantillo disminuyó. La similitud florística hallada entre las laderas Norte y Sur, se redujo con la perturbación. La estructura de la vegetación se midió con el método de Canfield. El porcentaje de cobertura total se mostró inalterable ante el disturbio, pero se encontró significativamente mayor en las laderas expuestas al Norte. Aunque en la mayoría de los valores totales no se apreció una respuesta clara ante la exposición y el disturbio, sí se observó a nivel de estrato. El herbáceo fue el más sensible a ambos factores. Dicho estrato junto con el arbustivo superior se encontraron mejor representados en las laderas más mésicas, a diferencia del estrato arbustivo inferior. Con la perturbación el estrato herbáceo disminuyó y el arbustivo inferior se vió favorecido. La estimación de volumen se empleó como el valor de importancia relativo. Las curvas de dominancia obtenidas se ajustaron al modelo geométrico de Motomura. La diversidad ecológica disminuyó con la perturbación. Para el estudio de la población de

Echinocactus platyacanthus, en cada estación se midieron las distancias al vecino más cercano de 30 individuos, los que fueron seleccionados con el método de Cata-na. A estas biznagas se les midió el diámetro, la altura y el número de costillas. *E. platyacanthus* se encontró mejor representado en las laderas más xéricas, ya que ahí obtuvo los valores más altos de importancia y fué donde se encontraron las distancias más pequeñas entre los individuos. En los sitios perturbados se halló mayor proporción de biznagas jóvenes, lo que pudiera relacionarse con el notable incremento de cobertura del estrato arbustivo inferior.

Finalmente se obtuvo información sobre el empleo de *E. platyacanthus*, para lo cual se aprovecharon los recorridos efectuados por el Estado de San Luis Potosí, mencionados anteriormente. En cada localidad se realizaron entrevistas generalmente a pastores y se visitaron los mercados. Las flores, frutos tiernos y el tallo son usados como forraje en época de sequía. El indumento lanoso se llega a emplear como relleno, se usaba para hacer colchas y como cama para la cría de conejos. La gente del campo llega a vender poco este indumento por ser difícil su extracción y ser poco remunerado. El parénquima de este cacto se emplea para hacer dulce de biznaga, no obstante debido a las "arenitas" que presenta se prefiere el dulce elaborado con otra especie. Hace algunos años se usaba junto con miel de maguey para hacer queso de conserva. Hoy en día se utiliza con mayor frecuencia como forraje de emergencia y como planta ornamental.

10. Literatura citada.

- Aguirre R., J.R. 1979. Contribución al esclarecimiento de Centro Regional de Salinas, SLP. Avances en la Enseñanza y la Investigación. 1977-1978. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Anónimo. 1975. Munsell soil color charts. Soil Test Inc. USA.
- Anónimo. 1978. Cacti and succulents. Lane Publishing. Menlo Park, California, USA.
- Backeberg, C. 1974. Cactus lexicon. Third edition. Blandford Press. London Great Britain.
- Barrera, A. 1976. La etnobotánica. En: A. Barrera (ed.). La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México.
- Beltrán, E. 1964. Las zonas áridas de México, su presente y su futuro. En: E. Beltrán (ed). Las zonas áridas del Centro y Noreste de México, y el aprovechamiento de sus recursos. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F.
- Bhatnagar, S.P. & B.H. Jhori. 1972. Development of angiosperms seeds. In: T.T. Kozlowski (ed.). Seed biology. V.1. Academic Press. New York, USA.
- Bidwell, R.G.S. 1974. Plant physiology. Mcmillan. New York, USA.
- Billings, W.D. 1968. Las plantas y el ecosistema. Herrero. México, D.F.
- Boke, N.H. 1980. Developmental morphology and anatomy in Cactaceae. Bioscience 30 (9): 605-610.
- Bracamontes, R.M. 1978. Notas sobre la barranca de Tolantongo. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 23(2): 42-46.
- Bravo H., H. 1937. Las cactáceas de México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- _____. 1960. Una gira por la zona de la lechuguilla. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 5(2): 27-34.
- _____. 1978. Las cactáceas de México. Segunda edición. V.1 Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- _____. en prensa. Las cactáceas de México. Segunda edición. V.2 Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Britton, N.L. & J.N. Rose. 1937. The cactaceae. Second edition. V.1,2,3,4. Dover Edition (1963). New York, USA.
- Brower, J.E. & J.H. Zar. 1977. Field and laboratory methods of general ecology. Wm. C. Brown. Dubuque, Iowa, USA.
- Brown, J.H., O.J. Reichman & D.W. Davidson. 1979. Granivory in desert ecosystems. Annual Review of Ecology and Systematics 10: 201-227.
- Brum, G.D. 1973. Ecology of the saguaro (*Carnegiea gigantea*): phenology and establishment in marginal populations. Madroño 22: 195-204.
- Buffington, L.C. & C.H. Herbel. 1965. Vegetational changes on a semidesert grassland range. Ecological Monographs 35: 139-164.
- Buol, J.M., F.D. Hole & R.J. McCracken. 1973. Soil genesis and classification. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA.
- Buxbaum, F. 1958. The phylogenetic division of the subfamily Cereoideae, Cactaceae. Madroño 14(6): 177-216.
- Bye, R.A. Jr. 1979. An ethnobotanical collection from San Luis Potosí: Dr. Edward Palmer's first mayor mexican collection. Economic Botany 33(2): 135-162.
- Castilla H., M., R.F. del Castillo S., D. Tejero D., S. Trujillo A. & R. Velázquez A. 1979. Composición y estructura de una comunidad vegetal en una

- zona semiárida de Querétaro. *Cáctaceas y Suculentas Mexicanas* 14(3): 51-61.
- Catana, A.J. 1963. The wandering quarter method of estimating population density. *Ecology* 44(2): 349-360.
- Cepeda de M., M.L. En preparación. Principales especies consumidas por el ganado caprino en los agostaderos arbustivos del Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.
- Clarke, Ch.B. 1977. Edible and useful plants of California. California Natural History Guides 41. USA.
- Cloudsley-Thompson, J.L. 1977. Man and the biology of arid zones. Edward Arnold. London, Great Britain.
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 1979. Programa de desarrollo agropecuario y forestal. México, D.F.
- Contreras A., A. 1955. Definición de las zonas áridas y su delimitación en el territorio mexicano. En: Mesa redonda sobre problemas de las zonas áridas de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F.
- Cook, R.E. 1979. Patterns of juvenile mortality and recruitment in plants. In: O. T. Solbrig, S. Jain, G.B. Jhonson & P.H. Raven (eds.). Topics in plant population biology. Columbia University Press. New York, USA.
- Correll, D.S. & M.C. Johnston. 1979. Manual of vascular plants of Texas. University of Texas. Austin, Texas, USA.
- Curtis, L.F., J.C. Doornkamp & K.J. Gregory. 1965. The description of relief in field studies of the soils. *Journal Soil Science* 16(1): 16-30.
- Daubenmire, R.F. 1974. Plants and environment. Third edition. Wiley. New York, USA.
- Del Castillo S., R.F. 1982. Estudio ecológico de *Ferocactus histrix* (DC.) Lindsay. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Delgado S., A. & M. Sousa S. 1977. Biología floral del género *Cassia* en la región de los Tuxtlas, Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 37: 5-45.
- Denslow, J.S. 1980. Patterns of plant species diversity-succession under different disturbance regimes. *Oecologia* 46: 18-21.
- Diguet, L. 1928. Les cactacées utiles du Mexique. Archives d' Histoire Naturelle IV. Societe Nationale d' Acclimatation de France, Paris.
- Domínguez X., A., P. Rojas, M. Gutierrez, N. Armenta & G. de Lara. 1969. Estudio químico preliminar de 31 cactáceas. *Revista de la Sociedad Química Mexicana* 8(1): 8-12.
- Domínguez X.A., S. Escarria & C. Perez. 1970. Chemical studies of cacti V. Constituents of the *Coryphantha palmeri* Britton-Rose and *Echinocactus grandis* Rose. *Planta Medica* 18(4): 315-331.
- Elizondo E., J.L. 1979. Contribución al conocimiento florístico ecológico y utilización de las cactáceas del Municipio de Mina; Nuevo León, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.
- Etherington, J.R. 1975. Environment and plant ecology. Wiley. London, Great Britain.
- Fittkau, H.W. 1963. Cactáceas y suculentas de Colón. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 8(2): 39-47.

- Fitzpatrick, E.A. 1974. An introduction to soil science. Oliver & Boyd Ed. Edinburgh, Great Britain.
- Flores-Vindas, E.M. 1973. Algo sobre anatomía y morfología de semillas de cactáceas. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Frankie, G.W., H.G. Baker & P.A. Opler. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the low lands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62: 881-919.
- García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación de Koeppen. Segunda edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Gatsuk, L.E., O.V. Smirnova, L.I. Vorontzova, L.B. Zaigolnova & L.A. Zhukova. 1980. Age stages of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology* 68: 675-696.
- Gold, D.B. & E. Matuda. 1956. Las cactáceas de Tehuacán. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 1(4): 68-72.
- _____. & H. Sánchez-Mejorada. 1962. Excursión de Tecamachalco a Aculzingo. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 7(4): 96-99.
- _____. 1964. Las cactáceas de Aguascalientes. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 9(4): 95-96.
- _____. 1967. Las cactáceas del estado de Guanajuato. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 12(2): 33-35.
- _____. 1970a. Las cactáceas del estado de Oaxaca. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 15(1): 19-24.
- _____. 1970b. Las cactáceas de Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 15(4): 84-86.
- González Q., L. 1968. Tipos de vegetación del Valle del Mesquital, Hidalgo. *Paleoecología 2*. Departamento de Prehistoria. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F.
- _____. 1969. Morfología polínica: la flora del Valle del Mesquital, Hidalgo. *Paleoecología 3*. Departamento de Prehistoria. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F.
- _____. 1972. Las cactáceas subfósiles de Tehuacán, Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 17(1): 3-15.
- Grant, V. & K.A. Grant. 1979a. Pollination of *Echinocereus fasciculatus* and *Ferocactus wislizenii*. *Plant Systematic and Evolution* 132: 85-96.
- _____. & _____. 1979b. Pollination of *Opuntia lintheimeri* and related species. *Plant Systematics and Evolution* 132: 313-320.
- _____. & _____. 1979c. Pollination of *Opuntia basilaris* and *O. littora* *Less.* *Plant Systematics and Evolution* 132: 321-325.
- Harper, J.L., P.H. Lovell & K.G. Moore. 1970. The shapes and sizes of seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1: 327-356.
- _____. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press. London, Great Britain.
- _____. & R.A. Benton. 1966. The behaviour of seeds in soil. II. The germination of seeds on the surface of water supplying substrate. *Journal of Ecology* 54: 151-166.
- _____. & J. White. 1974. The demography of plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 419-463.
- Hastings, J.R. & S.M. Atcorn. 1961. Physical determinations of growth and age in the giant cactus. *Journal of Arizona Academic Science* 2: 32-39.
- _____. & R.M. Turner. 1965. *The changing mile; an ecological study of vegetation change with time in lower mile of an arid and semiarid region*. University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA.

- Hernández, F. 1959. Historia natural de Nueva España. V.I Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Hernández X., E. 1976. El concepto de etnobotánica. En: A. Barrera (ed.). La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México.
- Hernández V., R.E.M. 1981. Cactáceas de Doctor Arroyo, Nuevo León, México. Su utilización y notas ecológicas. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.
- Holland, P.G. & D.G. Steyn. 1975. Vegetational responses to latitudinal variations in slope angle and aspect. *Journal of Biogeography* 2: 179-183.
- Humphrey, R.R. 1936. Growth habits of barrel cacti. *Madroño* 3: 348-352.
- Kormondy, E.L. 1976. Concepts of ecology. Second edition. Prentice-Hall Biological Series. New Jersey, USA.
- Larcher, W. 1977. Ecofisiología vegetal. Omega. Barcelona, España.
- Lewis, D.A. & P.S. Nobel. 1977. Thermal energy exchange model and water loss of a barrel cactus, *Ferocactus acanthodes*. *Plant Physiology* 60: 609-616.
- Little, R.J. & C.E. Jones. 1980. A dictionary of botany. Van Nostrand Reinhold. New York, USA.
- López R., E. 1976. Carta geológica de la República Mexicana. Cuarta edición. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stress. Academic Press. USA.
- Major, J. 1951. A functional, factorial approach to plant ecology. *Ecology* 32: 392-412.
- May, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity In: M.L. Cody & J.M. Diamond (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University. Cambridge, Massachusetts, USA.
- Margalef, R. 1974. Ecología. Omega. Barcelona, España.
- Marroquín, J.S., G. Borja, R. Velázquez & J.A. de la Cruz. 1964. Estudio ecológico edafológico de las zonas áridas del Norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Publicación especial 2. México, D.F.
- Martin, J.M., P.R. Chapman & H.A. Auger. 1971. Cacti and their cultivation. Charles Scribner's Sons. New York, USA.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Medina, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Serie de Biología, Monografía 16. Organización de los Estados Americanos.
- Meyer, B.S., D.B. Anderson, R.H. Bohning & D.G. Fratianne. 1973. Introduction to plant physiology. Second edition. Van Nostrand. New York, USA.
- Meyrán, J. 1955. Barranca de Tolimán. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 1(2): 31-6
- _____ & G.G. de Meyrán. 1958. Excursión a Tecozautla. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 3(1): 13-16.
- _____ . 1973. Guía botánica de cactáceas y otras suculentas del Valle de Tehuacán. Publicación de difusión cultural 1. Sociedad Mexicana de Cactología. México, D.F.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg. 1974. Aims and methods in vegetation ecology. Wiley. New York, USA.
- Niering, W.A., R.H. Whittaker & C.H. Lowe. 1963. The saguaro: a population in relation to environment. *Science* 142: 15-23.
- Nobel, P.S. 1978. Surface temperatures of cacti, influences of environmental and morphological factors. *Ecology* 59(5): 986-996.
- Odum, E. 1972. Ecología. Segunda edición. Interamericana. México.

- Oosting, H.J. 1956. The study of plant communities. Second edition. Freeman. San Francisco, California, USA.
- Ortiz-Villanueva, B. 1977. Edafología. Segunda edición. Patena. Chapingo, México.
- Otero, F. 1970. Excursión a la barranca de Tolimán. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 15(2): 42-45.
- Paez, R. 1888. Los nopales y las tunas. El Estandarte 5(382): 7. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- Pinkava, D.J., L.A. McGill & T. Reeves. 1977. Chromosome numbers in some cacti of Western North America III. Bulletin of the Torrey Botanical Club 104(2): 105-110.
- Pollock, B.M. & E.E. Ross. 1972. Seed and seedling vigor. In: T.T. Kozlowski (ed). Seed biology. V.1 Academic Press, New York, USA.
- Poole, R.M. 1974. An introduction to quantitative ecology. McGraw Hill. Tokyo, Japan.
- Raisz, E. 1964. Landforms of México, physiographic provinces. Second edition. Geography Branch of the Office of Naval Research. Cambridge, Massachusetts, USA.
- Robelo, C.A. sin fecha. Diccionario de aztequismos o sea jardín de las raíces aztecas. Tercera edición. Fuente Cultural. México.
- Rodríguez Z., O. 1981. Fenología reproductiva y aporte de frutos y semillas en dos nopales del Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.
- Roldán, P.A. & D.L. Trueba. 1978. Factores ecológicos y sociales de la desertificación. En: F. Medellín (ed.). La desertificación en México. Instituto de Investigaciones desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Rorison, I.H. 1960a. Some experimental aspects of the calcicole-calcifuge problem I. The effect of competition and mineral nutrition upon seedling growth in the field. Journal of Ecology 48: 585-599.
- _____ 1960b. The calcicole-calcifuge problem II. The effect of mineral nutrition on seedling growth in solution cultures. Journal of Ecology 48: 679-688.
- _____ 1967. A seedling bioassay of some soils in the Sheffield area. Journal of Ecology 55: 725-741.
- Russell, E.J. 1974. Soil conditions and plant growth. Tenth edition. Longman. London, Great Britain.
- Rzedowski, J. 1955. Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí II. Estudio de diferencias florísticas y ecológicas condicionadas por ciertos tipos de substrato geológico. Ciencia (México) 15: 141-158.
- _____ 1957. Vegetación de las partes áridas de los Estados de San Luis Potosí y Zacatecas. Revista Mexicana de Historia Natural 18: 49-101.
- _____ 1964. Botánica económica. En: E. Beltrán (ed.). Las zonas áridas del Centro y Noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F.
- _____ 1966. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Acta Científica Potosina 5: 5-291.
- _____ 1973. Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. In: A. Graham (ed.). Vegetation history of Northern Latin America. Elsevier Scientific Company. Amsterdam, Netherland.
- _____ 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F.

- Salisbury, E.J. 1920. The significance of the calcicolous habitat. *Journal of Ecology* 8: 202-215.
- Salisbury, F.B. & C.W. Ross. 1978. *Plant physiology*. Second edition. Wadsworth Publishing. Belmont, California, USA.
- Sánchez-Mejorada, H. 1964. Buscando crasuláceas. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 12(2): 33-35.
- _____. 1978. Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la Barranca de Metztlilán. Sociedad Mexicana de Cactología. Publicación especial 2. México, D.F.
- Signoret P., J. 1970. Datos sobre algunas características del mezquital y su aprovechamiento en el Valle del Mezquital. En: Mezquites y Huizaches, algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F.
- Slatyer, R.O. 1973. Structure and functioning of Australian arid shrublands. In: D.W. Hyder (ed.). *Arid shrublands. Proceedings of the third workshop of the United States / Australia Range Land Panel* 66-73.
- Smith, C.C. 1980. The coevolution of plants and seed predators. In: L.E. Gilbert & P.H. Raven (eds.). *Coevolution of Animals and plants*. Rev. Ed. Texas University. Austin, Texas, USA.
- Snow, D.W. 1965. A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in tropical forest. *Oikos* 15(2): 274-281.
- Solbrig, O.T. 1980. Demography and natural selection. In O.T. Solbrig (ed.). *Demography and evolution in plant populations*. Blackwell. Oxford, Great Britain.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1973. *Introduction to biostatistics*. Freeman. San Francisco, California, USA.
- Standley, P.C. 1920-1926. Trees and shrubs of México. *Contributions from the United States National Herbarium* 23: 1-1721.
- Stebbins, G.L. 1974. *Flowering plants; evolution above species level*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, USA.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie. 1980. *Principles and procedures of statistics*. Second edition. McGraw-Hill. Tokyo, Japan.
- Steenbergh, W.E. & C.H. Lowe. 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at Saguaro National Monument, Arizona. *Ecology* 50: 825-834.
- Tueller, P.T. 1973. Secondary succession disclimax, and range condition standards in desert shrub vegetation. In: D.N. Hyder (ed.). *Arid shrublands. Proceedings of the third workshop of the United States / Australia Range Land Panel* 57-65.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1937. *Range plant handbook*. Forest Service. PB 168-589. Washington, DC. Reproduced by National Technical Information Service. US Department of Commerce. Springfield Va. 22151.
- _____. 1978. *Collecting, processing and germinating seeds of western wild land plants*. Science and Education Administration. Agricultural Reviews and Manuals 3: 1-38.
- Velázquez C., R. 1962. Aspectos ecológicos, distribución y abundancia de *Opuntia streptacantha* y *O. leucotricha* en la región árida de Zacatecas y San Luis Potosí. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Walton, K. 1969. *The arid zones*. Hutchinson. London, Great Britain.

- Watt, K.E.F. 1968. Ecology and resource management. McGraw-Hill. New York, USA.
- Weedin, J.F. & A.M. Powell. 1978. Chromosome numbers in Chihuahuan Desert Cactaceae. Trans Pecos, Texas. American Journal of Botany 65(5): 531-537.
- Wentworth, T.R. 1981. Vegetation on limestone and granite in the Mule Mountains, Arizona. Ecology 62(2): 469-482.
- Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250-260.
- _____. 1975. Communities and ecosystems. Second edition. MacMillan. New York, USA.
- Wilsie, C.P. 1966. Cultivos: aclimatación y distribución. Acribia. Zaragoza, España.
- Wurmsted, R.C. & M. Demarest. 1981. Prickly but imperiled species. Time number 13.
- Yeaton, R.I. & M.N. Cody. 1979. The distribution of cacti along environmental gradients in the Sonoran and Mohave deserts. Journal of Ecology 67: 529-541.
- Zimmer, K. 1977. Sur bedeutung des lichts fur die keimung von kakteen samen. Deutscher Gartenbau 31(19): 780-781.

APENDICE 1

Caracterización de los sitios de distribución de *Echinocactus platyacanthus*, encontrados en las rutas exploratorias por el estado de San Luis Potosí.

No.	Localidad	Abundancia	Altitud msnm	Posición topográfica	Pendiente %	Sustrato	Suelo	Vegetación	Fórmula*	Clima T.P.A. ¹	P.P.A. ²	Perturbación
1	± 3 km SW Cerro de Sn Pedro, Cerro de Sn Pedro	regular	2,110	ladera	> 20	Calizo	litosol éutrico	MDR	BS ₁ kw"(e)	17.0°	294.6	moderada
2	± 10 km W Guadalucazar, Guadalucazar	regular	1,450	ladera	> 20	Calizo	litosol éutrico	MDR MS ME	BSohw" (x')(e)	20.6	356.0	elevada
3	± 10 km SW Pozos de Acuña, Guadalucazar	regular	1,180	llanura y ladera	8 - 20	Calizo	litosol éutrico	ME	BS ₁ kw"(e)	18.0	500.0	elevada
4	± 2 km Núñez-Huizache, Guadalucazar	escasa	1,500	llanura	< 8	aluvial	litosol éutrico	MDR MS	BSohw" (x')(e)	20.6	356.0	elevada
5	Carretera Huizache-Guadalupe desviación La Pólvora ± 7 km, Guadalucazar	regular	1,400	lomerío	< 8	calizo	litosol éutrico	MM	BSohw" (x')(e)	20.6	356.0	elevada
6	Desviación SLP-Villa de Arista, km 20 y 23, Villa de Hgo.	alta	1,650	ladera	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR	BS ₁ kw"(e)	17.7	478.0	elevada
7	Rincón de Leijas, SLP	regular	1,700	ladera	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR	BS ₁ kw"(e)	17.7	478.0	elevada
8	± 3 km S Estancia del Arenal, Amealco	alta	2,000	ladera	> 20	calizo-lutita	litosol éutrico	MDR	BSokw" (i')g	17.6	402.7	elevada

Continuación Apéndice 1.

No.	Localidad	Abundancia	Altitud msnm	Posición topográfica	Pendiente %	Sustrato	Suelo	Vegeta ción	Fórmula*	Clima T.P.A. ¹	P.P.A. ²	Perturba ción
9	± 3 km NE Sn José del Grito Moctezuma	escasa	1,900	ladera	> 20	calizo-lutita	litosol éutrico	MDR	BSohw(e)g	18.0	406.3	elevada
10	Desviación Moctezuma-Sta Rita, ± 5 km Moctezuma	regular	1,850	ladera	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR ME	BWhw" (1')g	18.9	325.8	elevada
11	± 10 km NW Charcas-Charcas	escasa	2,350	ladera	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR	BSokw"(i')g	17.3	384.7	elevada
12	Camino Charcas-Matehuala ± 3 km antes de la Joya, Guadalupe	regular	2,100	ladera	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR	BSokw" (i')g	17.3	384.7	elevada
13	E de Jarillas, Guadalupe	regular	2,100	ladera	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR	BSokw"(e)g	17.3	384.7	moderada
14	W Guadalupe, Guadalupe	regular	1,700	laderas	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR MM	BSohw"(e)	19.7	439.9	elevada
15	E Sn. Miguel, Matehuala	regular	1,700	laderas y abanicos aluviales	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR MM MS	BSohw"(e)	19.7	439.9	poca
16	Potrero Sta. Ana, Matehuala	escasa	1,500	laderas	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR MS	BSohw"(e)	19.7	439.9	elevada
17	Sta. Cruz de Carreteras, Catorce	regular	2,100	laderas	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR MM	BSohx'(e)	18.2	269.9	elevada
18	± 2 km NE Tan que Dolores, Catorce	regular	2,000	laderas	> 20	calizo	litosol éutrico	MDR MM	BSohx'(e)	18.2	269.9	elevada

Continuación Apéndice 1.

No.	Localidad	Abundancia	Altitud msnm	Posición topográfica	Pendiente %	Substrato	Suelo	Vegetación	Fórmula*	Clima T.P.A. ¹	P.P.A. ²	Perturbación
19	+ 10 km Cardenas-Rfo Verde, Cardenas	escaza	1,300	laderas	> 20	calizo	litosol éutrico	ME	BS ₁ hw ^h (w) (i ¹)g	21.0	608.3	elevada
20	+ 4 km antes puente Peña Blanca, carretera Pinal de Amoles-Peña Miller, Toluimán, Qro.	alta	1,300	laderas	>20	calizo	litosol éutrico	MDR	BS ₁ hw ^h (w) (e)g	21.9	509.5	poca

Simbología empleada

Para vegetación:

MDR= matorral desértico rosetófilo
 MS= matorral submontano
 ME= matorral extradesértico
 MM= matorral micrófilo

Para clima:

*= clasificación climática de Koeppen modificada por García (1964)
¹ = temperatura promedio anual
² = precipitación promedio anual

APENDICE 2

Lista de especies colectadas en los recorridos efectuados por el Estado de San Luis Potosí y Norte de Querétaro, en donde fue hallado *Echinocactus platyacanthus*.

División Bryophyta

MUSCI

POTIACEAE

Pleurochete sp.

"musgo"

División Pteridophyta

LYCOPODINAE

SELAGINELLACEAE

Selaginella pallescens (Presl.) Spring

"flor de peña"

FILICINAE

POLYPODIACEAE

Notholaena aurea (Poir.) Desv.
Notholaena Aschenborniana Klotzsch
Notholaena candida (Mart. & Gal.) Hook

División Spermatophyta

GYMNOSPERMAE

CUPRESSACEAE

Juniperus monosperma (Engelm.) Sarg.

EPHEDRACEAE

Ephedra aspera Engelm.
Ephedra antisyphilitica C.A. Mey.

ANGIOSPERMAE-
 MONOCOTYLEDONAE

AGAVACEAE

Agave lecheguilla Torr.
Agave striata Zucc.
Dasyllirion acrotriche (Schiede) Zucc.

"espadín" y "lecheguilla"
 "guapilla lisa"
 "sotol"

Dasyllirion longissimum Lem.
Hesperaloe funifera (Koch) Trel.
Yucca carnerosana (Trel.) McKelvey.
Yucca filifera Chabaud.

"soto cadillo"
 "samandoque"
 "palma samandoca"
 "palma china"

BROMELIACEAE

Hechtia glomerata Zucc.
Tillandsia usneoides (L.) L.

"guapilla china"

COMMELINACEAE

Tradescantia rosynsteii Matuda

"cebollina"

GRAMINEAE

Aristida divaricata Willd.
Danthonia sp.
Erioneuron grandiflorum (Vasey) Tateoka
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.

"zacate de aparejo"

ANGIOSPERMAE-
DICOTYLEDONAE

ANACARDIACEAE

Bonetiella anomala (Johnst.) Rzedowski

"roñiento"

ASCLEPIADACEAE

Trichosacme lanata Zucc.

"tañambacate"

BERBERIDACEAE

Berberis trifoliolata Moric.

"agrito"

BORAGINACEAE

Coldenia canescens D.C.
Heliotropium torreyi I.M. Johnst.

BURSERACEAE

Bursera fagaroides Engelm.

CACTACEAE

Ariocarpus agavoides (Castañ.) And.
Ariocarpus retusus Scheidw.
Astrophytum myriostigma Lem.
Coryphantha echinoidea (Quehl.) Br. & R.
Coryphantha radians (D.C.) Br. & R.
Coryphantha voghterriana Weed. & Böd.
Echinocereus pectinatus (Scheidw.) Eng.
Echinocereus pentalophus (D.C.) Rümpl.
Echinocactus platyacanthus Lk. & O.
Echinopossulocactus af. *dichroacanthus* (Martius) Br. & R.

"chaute"
 "venadilla"

"biznaga burra, caballona o de lana"

<i>Ferocactus pringlei</i> (Coult.) Br. & R.	"biznaga colorada"
<i>Ferocactus uncinatus</i> (Gal.) Br. & R.	
<i>Leuchtenbergia principis</i> Hook.	
<i>Lophophora williamsii</i> (Lem.) Coult.	
<i>Mammillaria candida</i> Scheidw.	
<i>Mammillaria formosa</i> Gal.	
<i>Mammillaria magnimamma</i> Haw.	
<i>Mammillaria scetigera</i> B&D & Tieg.	
<i>Neolloydia conoidea</i> (D.C.) Br. & R.	
<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.	
<i>Opuntia kleiniae</i> DC.	"tasajillo"
<i>Opuntia leucotricha</i> DC.	
<i>Opuntia microdasys</i> (Lehm.) Pfeiff.	
<i>Opuntia rastrera</i> Web.	
<i>Opuntia stenopetala</i> Eng.	"nopal serrano" y "mazuia"
<i>Opuntia tunicata</i> (Lehmann) Lk. & O.	
<i>Thelocactus bicolor</i> (Gal.) Br. & R.	
<i>Thelocactus fossulatus</i> (Scheidw.) Br. & R.	
<i>Thelocactus hexaedrophorus</i> (Lem.) Br. & R.	
<i>Turbinicarpus</i> sp.	

CELASTRACEAE

<i>Orthosphenia mexicana</i> Standl.	"cola de zorra"
--------------------------------------	-----------------

COMPOSITAE

<i>Ageratum corymbosum</i> Zucc.	
<i>Brickellia veronicaefolia</i> (H.B.K.) Gray	
<i>Chrysactinia mexicana</i> A. Gray	"hierba de San Nicolás"
<i>Chrysactinia pinnata</i> S. Wats.	
<i>Dyssodia setifolia</i> (Lag.) Robins	"cenizillo"
<i>Erigeron</i> sp.	
<i>Eupatorium</i> sp.	
<i>Flourensia cernua</i> DC.	"hojasén"
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC) A. Gray	"ocotillo"
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	
<i>Parthenium incanum</i> H.B.K.	"cenizo falso"
<i>Zexmenia gnaphalioides</i> A. Gray	
<i>Zinnia acerosa</i> (DC.) A. Gray	

CONVOLVULACEAE

Ipomoea sp.

CRASSULACEAE

Echeveria sp.

Sedum sp.

EUPHORBIACEAE

Euphorbia antisiphilitica Zucc.

Cnidoscolus sp.

Jatropha dioica Cerv.

"candelilla"

"maña mujer"

FOUQUIERIACEAE

Fouquieria splendens Engelm.

"gabia"

KOEBERLINACEAE

Koeberlinia spinosa Zucc.

KRAMERIACEAE

Krameria cytisoides Cav.
Krameria navae Rzedowski

"chayotillo"
 "ramoncillo"

LABIATAE

Salvia ballotaeiflora Benth.

LEGUMINOSAE

Acacia anisophylla S. Wats
Acacia berlandieri Benth.
Acacia constricta Gray.
Acacia crassifolia A. Gray
Bauhinia ramosissima Benth, ex Hemsl.
Calliandra eriophylla Benth.
Dalea formosa Torr.

"huajillo"
 "huizache"
 "huajillillo"
 "charrasquillillo"

Dalea sp.
Eysenhardtia parvifolia T.S. Brandeg
Mimosa zygophylla Gray
Pithecollobium elasticophyllum A. Gray
Prosopis laevigata (H.&B. ex Willd) M.C. Johnst.
Sophora secundiflora (Ortega) Lag.

"charrasquillo"
 "mezquite"
 "patol"

LOGANIACEAE

Buddleja marruffiiifolia Benth.

"cenizo loco"

OLEACEAE

Fraxinus gregii Gray.
Forestiera angustifolia Torr.
Menodora coulteri A. Gray
Menodora scoparia Engelm.

PORTULACACEAE

Talinopsis frutescens A. Gray

"agrito"

RHAMNACEAE

Colubrina ehrenbergii Schlecht
Condalia warnockii M.C. Johnst.
Karwinskia mollis Schlecht

"capulin" o "tullidora"

ROSACEAE

Lindleyella mespiloides (H.B.K.) Rydb.
Cercocarpus sp.

"conchita"

RUTACEAE

Amyris monophylla T.S. Brandeg.
Helietta parvifolia (A. Gray) Benth

"zapote"
 "samagüil"

SAPINDACEAE

Neopringlea integrifolia (Hemsl.) S. Wats.

"palo blanco"

SAXIFRAGACEAE

Fendlera linearis Rehder

SCROFULARIACEAE

Leucophyllum frutescens (Berl.) Johnst.*Castilleja lanata* Gray

"cenizo"

SIMAROUBACEAE

Castela texana (Torr. & Gray) Rose.

"junco blanco"

VERBENACEAE

Lippia graveolens H.B.K."hierba de San Nicolás"
y "oragano"

ZYGOPHYLLACEAE

Larrea tridentata (DC.) Cov.

"gobernadora"

ULMACEAE

Celtis pallida Torr.

"granjeno"

Los nombres comunes corresponden a los empleados por los campesinos de la región.