1994-1998 D Código: 089562457

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

ESTUDIO AUTOECOLÓGICO DE LA "BIZNAGA" [*Ferocactus histrix* (DC) Lindsay (Cactaceae)] EN LA REGIÓN DE LOS LLANOS DE OJUELOS, JALISCO-ZACATECAS.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

VERÓNICA ELENA ESCOBAR SANTOS

Las Agujas, Zapopan, Jalisco. Junio del 2000.

"Nada en biología tiene sentido
excepto a la luz de la evolución"

T. Dobzhansky

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISION DE CIENCIAS BIOLOGICAS Y AMBIENTALES

C. VERONICA ELENA ESCOBAR SANTOS
P R E S E N T E.

Manifestamos a Usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de TESIS " **ESTUDIO AUTOECOLOGICO DE LA "BIZNAGA" Ferocactus histrix (DC) Lindsay (CACTACEAE) EN LA REGION DE LOS LLANOS DE OJUELOS, JAL*ZAC** " para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicho trabajo al **M.C. FRANCISCO MARTIN HUERTA MARTINEZ.**

A T E N T A M E N T E
" PIENSA Y TRABAJA "

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL., ENERO 13 DE 1998

M. EN C. ARTURO OROZCO BAROCIO
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

COMITE DE TITULACION

LICENCIATURA EN BIOLOGIA

M. EN C. JOSE LUIS NAVARRETE HEREDIA
SECRETARIO DEL COMITE DE TITULACION

c.c.p. M.C. FCO. MARTIN HUERTA MARTINEZ ..- Director del trabajo.
c.c.p El expediente del alumno.

AOB/JLNH/memn*

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., México, C.P. 45110.Tel y Fax (91-3) 6820230

DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TITULACIÓN
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

PRESENTE

Por este conducto me dirijo a usted atentamente para saludarlo y al mismo tiempo hacer de su conocimiento que habiendo revisado el trabajo de tesis realizado por la pasante **VERÓNICA ELENA ESCOBAR SANTOS** con **Código: 089562457** y cuyo título es: **ESTUDIO AUTOECOLÓGICO DE LA "BIZNAGA" [*Ferocactus histrix* (DC) Lindsay (Cactaceae)] EN LA REGIÓN DE LOS LLANOS DE OJUELOS, JALISCO-ZACATECAS**, consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y en su caso programación de fecha de exámenes de tesis y profesional.

Sin más por el momento nos despedimos agradeciendo de antemano sus finas atenciones y quedando como sus seguros servidores.

ATENTAMENTE
Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco. 22 de mayo de 2000.

M.C. Francisco Martín Huerta Martínez
Director de la Tesis.

SINODALES:

Dr. José Antonio Vázquez García _____ Fecha: 8/ jun /2000

Dra. Mónica Elizabeth Riojas López _____ Fecha: 22/may/2000

Biol. Hilda Julieta Arreóla Nava _____ Fecha: 10/mar/2000

Dedico este trabajo a mi madre Martha por haber aguantado con cariño todos los embates de un biólogo en la familia y por todo su apoyo incondicional.

A mis amores Citlalli y Raúl por estar ahí.

A Morel y Mary por ayudarnos mutuamente siempre.

A mis Abuelos por todos sus cuidados.

A toda mi familia

AGRADECIMIENTOS

Doy las gracias a todas las personas que contribuyeron de una u otra forma a la realización de este trabajo.

Al M.en C. Francisco Martín Huerta Martínez, director de la tesis, por su asesoría permanente, por todas las sugerencias para la elaboración de este trabajo y por todo el conocimiento que de ti aprendí... gracias maestro.

Al M.en C. Miguel Cházaro Basañez por la bibliografía proporcionada y por sus consejos tan acertados.

A mis sinodales quienes con su conocimiento y valiosa ayuda académica, mejoraron de manera sustanciosa este trabajo, al Dr. José Antonio Vázquez García, a la Dra. Mónica Elizabeth Riojas López y a la Biol. Hilda Julieta Arreola Nava.

Al Dr. Rafael F. Del Castillo quien de cierta forma fue una guía para realizar este trabajo y por la información proporcionada.

Al M.en C. Sergio Guerrero Vázquez por la determinación de las especies de mamíferos y por todas las "porras" que me diste.

Al M.en C. Alejandro Muñoz Urias por la revisión al escrito y tu constante ayuda.

Al Biol. Hugo Fierros López por la determinación de las especies de abejas y al Biol. Miguel Angel Vázquez por la determinación de la especie de hormiga.

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara por el apoyo económico a través del acuerdo: 97/SA-CIP/DE/4.3/5°.

Al M.en C. Eduardo Juárez por su ayuda en la impresión final del trabajo.

A Martín, Gaby y Martha por su ayuda en los muestreos de campo.

A los profesores del Departamento de Ecología

A mis amigos: Lucha, Gaby, Araceli, Daniz y Juan Pablo por habernos hecho la vida más facil.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

ANTECEDENTES 3
- Trabajos previos entorno a la especie 3
- Asociación de cactáceas con otras especies 5
  - Procesos de facilitación 5
    - Modificación de los recursos 6
    - Modificación del sustrato 8
    - Protección contra herbívoros 8
- Interacciones planta/animal 9
  - Mecanismos de polinización 11
  - Dispersión de semillas 12
- Taxonomía 17

OBJETIVOS 20

ÁREA DE ESTUDIO 21

MATERIALES Y METODOS 26
- Estudio poblacional 26
- Estudio de las condiciones ambientales 27
- Estudio de las especies vegetales y animales asociadas 27

RESULTADOS 30
- Patrones sobre densidad poblacional y su relación con las condiciones físicas del hábitat y espaciamiento 30
- Estructura de la población por distribución de tamaños 35
- Estudio de las especies vegetales asociadas 37
- Estudio de las especies animales asociadas 42
- Pruebas de germinación de semillas de *F. histrix* 44

DISCUSIÓN 48

CONCLUSIONES 56

LITERATURA CITADA 57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Datos climáticos de la Región de Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	23
2	Distribución de tamaños (diámetro), con su correspondiente edad ecológica en una población silvestre de *F. histrix* en los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	35
3	Condiciones bajo las que se establece *F. histrix* en una población silvestre en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	37
4	Tabla de contingencia utilizada para derivar la probabilidad conjunta entre una especie arbustiva y *F. histrix*.	37
5	Principales arbustos encontrados en hábitat de *F. histrix* en la zona de estudio bajo la condición 2.	39
6	Principales especies de abejas visitadoras a flores de *F. histrix*.	42
7	Principales especies de insectos visitadores de la planta de *F. histrix*	42

ÍNDICE DE FIGURAS

No.		Página
1	Aspecto general de *F. histrix* a) planta, b) flor, c) fruto y d) semilla.	19
2	Ubicación geográfica del área de estudio.	22
3	Diagrama que representa la tendencia de las normales climáticas en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas	24
4	Diagrama de dispersión que muestra la relación entre densidad poblacional de *F. histrix* y profundidad del suelo en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	31
5	Diagrama de dispersión que muestra la relación entre densidad poblacional de *F. histrix* y porcentaje de rocas en el suelo en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	32
6	Diagrama de dispersión que muestra la relación entre densidad poblacional de *F. histrix* y grado de inclinación de la pendiente en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	33
7	Patrón de distribución espacial de una población silvestre de *F. histrix* en la región de Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	34
8	Distribución de tamaños en la población de *F. histrix* de la región de Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas con base en el diámetro.	36
9	Porcentaje de individuos de *F. histrix* creciendo bajo diferentes condiciones en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	40
10	Porcentaje de individuos de *F. histrix* que crece asociado a diferentes especies nativas de Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	41
11	Principales especies polinizadoras de *F. histrix* en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.	46
12	Porcentaje de germinación de semillas de *F. histrix* bajo diferentes tratamientos	47

INTRODUCCIÓN

Las cactáceas constituyen una familia de origen americano y se encuentran distribuidas desde Canadá hasta la Patagonia: prevalecen en ambientes secos y muy secos, pero algunos géneros se desarrollan en ambientes húmedos (Sánchez-Mejorada 1982). Las podemos encontrar en altitudes que van desde el litoral hasta los 4000 m (Riha y Subik 1991).

Ferocactus histrix (DC) Lindsay, conocida como "biznaga", es una especie endémica de México; por lo general se encuentra en zonas semiáridas del centro de México, habita generalmente sobre cantiles y escombros de talud en el altiplano Mexicano y en regiones adyacentes de la Sierra Madre Oriental y de la Sierra Madre Occidental. Su abundancia disminuye con los disturbios humanos y su distribución presenta poco traslape con otras especies de *Ferocactus*. Además, esta especie es de considerable importancia económica y ecológica (Del Castillo 1983).

De las 950 especies vegetales listadas en el Diario Oficial de la Federación (1994), bajo algún tipo de categoría de riesgo, 257 especies pertenecen a la familia Cactaceae, (27%). Quizá esto se deba a que son muy codiciadas principalmente como plantas ornamentales y a que las poblaciones naturales son sobreexplotadas, lo cual disminuye drásticamente su densidad (Huerta-Martínez 1995). Sin embargo, esta cifra podría aumentar considerablemente, ya que la información proporcionada por esta fuente dista mucho de estar completa (Vázquez-García en preparación).

Si bien, *F. histrix* no se encuentra en ninguna de las categorías consideradas por el Diario Oficial de la Federación, es muy probable que a la fecha las poblaciones hayan sido perturbadas considerablemente, ya que prevalece en hábitats con alta fragilidad ecológica

(Huerta-Martínez com. pers.). Estos hábitats no son aptos para la agricultura debido a la alta pedregosidad, capa de suelo delgada o ausente y clima extremoso; sin embargo, éstos son utilizados con fines pecuarios ya que los destinan al pastoreo de cabras y borregos. Para tal efecto, los pobladores de la región seleccionan por lo general individuos adultos de *F. histrix* y los parten por mitad para que las cabras los puedan aprovechar como alimento. Además, los individuos de esta especie son saqueados de su hábitat para ser vendidos como plantas ornamentales al borde de la carretera. Esto, como consecuencia, puede ocasionar a futuro que las poblaciones silvestres de *F. histrix* se vean afectadas hasta ponerlas en riesgo.

La importancia de realizar este estudio se sustenta en la necesidad de obtener información acerca del estado actual de conservación de las poblaciones silvestres dada su importancia ecológica y económica. Además, de información sobre sus relaciones con las condiciones ambientales bióticas y abióticas que puedan servir de base para proponer estrategias de uso y conservación de la especie.

ANTECEDENTES

Trabajos Previos en Torno a la Especie

Las cactáceas de tallos globosos eran llamados en náhuatl *comitl*. que significa olla, o *huitznahuac* que significa rodeado de espinas. término del cual deriva el actual nombre de biznaga. Sánchez-Mejorada (1982), puntualiza que se tienen registros de frutos comestibles del género *Ferocactus* que fueron usados por los indígenas.

F. histrix tiene una amplia distribución en los cerros de la Altiplanicie central, en los estados de Puebla, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Durango, Zacatecas, y San Luis Potosí extendiéndose hasta Jalisco (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada 1991). García-Ruíz y Nava-Velázquez (1996), presentan un nuevo registro de *F. histrix* para el estado de Michoacán, en la localidad de la Barranca La Gloria en el municipio de Jiquilpan.

La bibliografía consultada en torno a *F. histrix* nos indica que Del Castillo es quien más ha trabajado con esta especie. En uno de sus trabajos (1983), estudió la distribución geográfica y el hábitat de esta especie; señala que altitudinalmente la podemos encontrar entre los 1200 y 2600 m y en lugares con climas BS (secos esteparios según García 1988). Se localiza frecuentemente en terrenos cerriles y montañosos. Esta "biznaga" por lo general habita terrenos pedregosos y escarpados con pendientes mayores de 20°, su abundancia decrece al disminuir la pedregosidad hacia el pie de monte y en las cimas.

Del Castillo (1988), realizó un trabajo acerca de los nectarios extraflorales en cactáceas en donde describe en especial los nectarios de *F. histrix*, ahí estableció que la mayor actividad de estas estructuras se presentó desde el inicio de la floración hasta el fin de la fructificación. Las hormigas liban las secreciones de estos nectarios y también

consumen los frutos y de esta forma contribuyen a la dispersión de las semillas. El mismo autor (1988b), estudió la fenología y remoción de semillas en *F. histrix* y encontró que la mayor actividad reproductiva sucedió entre enero y junio. La floración se inició a principios de febrero y terminó a mediados de junio, es decir duró cerca de 20 semanas y como consecuencia del desarrollo secuencial de las yemas florales, el período de producción de frutos se presentó desde comienzos del mes de marzo hasta principios de julio.

Del Castillo y Trujillo (1991), realizaron un trabajo entorno a la etnobotánica de *Ferocactus histrix* y *Echinocactus platyacanthus* (Rose) Bravo, en las regiones semiáridas del centro de México. Mencionan que en los tiempos precolombinos fueron cactos sagrados que se usaban para sacrificios, como alimento y medicina. Actualmente, estas plantas se emplean con fines medicinales y ornamentales, para la industria confitera y como fuente de alimento y agua para cabras. La importancia de estas especies se incrementa en condiciones de mayor aridez y con lo inadecuado del terreno para la agricultura y ganadería.

Del Castillo (1994), realizó un trabajo sobre polinización y algunos aspectos de la biología floral de la especie; describió las flores como: diurnas, campanuladas, amarillas, y con franjas rojas en los tépalos exteriores. En los primeros días de abierta la flor, la mayor parte del polen es liberado, los lóbulos del estigma están en posición erecta y probablemente no sean receptivos, como visitadores florales se encuentran hormigas, escarabajos y abejas.

Del Castillo y Trujillo (1997). realizaron un estudio sobre la naturaleza calcífuga y calcícola en cactáceas. en la cual compararon la germinación de semillas y el establecimiento de plántulas de *Echinocactus platyacanthus* y *Ferocactus histrix*. consignaron que comparten la misma forma de crecimiento pero *F. histrix* crece en hábitat silíceos y *E. platyacanthus* en hábitat calcáreos.

Asociación de Cactáceas con Otras Especies Vegetales

Procesos de facilitación (nodrizaje)

El punto de vista acerca de que la interferencia de una especie hacia otra(s) es el factor más importante en determinar la estructura, dinámica y productividad de las comunidades ha prevalecido en las últimas 5 décadas. Algunos autores (Connell 1983; Schoener 1983; Fowler 1986; Aarssen y Epp 1990; Goldberg y Barton 1992; entre otros) han reunido evidencias empíricas importantes que se basan en las relaciones de competencia como una fuerza directriz en la regulación de la dinámica de las comunidades. Sin embargo, en las últimas décadas, se ha reunido también información concerniente a la participación de las interacciones positivas o procesos de facilitación como fenómenos que afectan la distribución de las plantas, la diversidad y su reproducción (Hunter y Aarssen 1988; DeAngelis, *et al.* 1986). Algunas evidencias sobre este proceso pueden resumirse en la presencia de patrones espaciales.

Phillips (1909), fue el primero en dilucidar estos patrones espaciales, encontró que las plántulas de *Pinus monophylla* Torr. & Fremont in Fremont se encontraban predominantemente bajo el dosel de *Artemisia tridentata* Nutt. y raramente en lugares abiertos. Por su parte, Compton (1929), consignó fuertes interacciones positivas entre

arbustos del desierto del Karoo y argumentó que las especies excepcionalmente tolerantes al estrés proveen de condiciones más favorables a especies menos tolerantes. En algunos casos las asociaciones son altamente específicas Por ejemplo, McAuliffe (1988), encontró que en el Desierto de Sonora las plántulas de *Cercidium microphyllum* (Torr.) Rose & L.M. Johnston crecen preferentemente bajo dosel de *Ambrosia* sp.

Los procesos de facilitación se pueden presentar a través de diferentes mecanismos, como por ejemplo:

1.- Modificación de los recursos:

a) Luz y temperatura. A pesar de que la temperatura no es un recurso, en este trabajo se incluye vinculada con la luz, debido a que ambos son una función de la radiación total y ambas con frecuencia son incorporadas en estudios sobre el efecto de la sombra. La sombra proporcionada por los doseles de plantas grandes pueden proteger de temperaturas extremas a plántulas y plantas pequeñas, reducen la pérdida de agua y la fotoinhibición durante el cierre estomático, pero esto se lleva acabo mediante el costo de reducir energía para la fotosíntesis (Nobel 1984). La dependencia de muchas especies de cactáceas de una planta nodriza (benefactora) puede deberse a la ineficiente disipación de calor de las plántulas con cocientes bajos entre superficie y volumen así como a la exposición de estas plántulas a temperaturas excepcionalmente altas en el suelo del desierto (Nobel 1984; Callaway 1995).

b) Humedad del suelo. Generalmente las especies compiten por el agua en el suelo, sin embargo, existen ejemplos de interacciones de facilitación en los cuales la disponibilidad de agua para una especie sólo es lograda mediante la presencia de otra especie. En las praderas

del Gran Cañón, en Norteamérica, *Artemisia tridentata* transporta agua de las profundidades del suelo (con condiciones más húmedas), hacia la superficie seca del suelo, este proceso sucede durante la noche mediante el fenómeno conocido como "ascenso hidráulico" (Richards y Caldwell 1987).

c) Nutrientes en el suelo. Algunos investigadores (Charley y West 1975; Ackerman 1979; Hutto *et al.* 1986; Virginia 1986; Richards y Caldwell 1987; Cruz-Rodríguez 1996; Dean *et al.* 1999), han registrado niveles superiores de nutrientes en el suelo directamente bajo el dosel de especies perennes que en áreas fuera del dosel. El enriquecimiento del suelo bajo el dosel ocurre como resultado del "bombeo de nutrientes", en el cual las perennes enraizadas profundamente toman los nutrientes poco disponibles en el suelo y lo hacen llegar a las especies enraizadas superficialmente, depositándolos en la superficie del suelo mediante la caída de hojarasca. Alternativamente, los doseles de perennes atrapan partículas de materia orgánica que eventualmente son depositados en la base de la planta, se forman así las llamadas "islas de fertilidad" (García-Moya y McKell 1970). El enriquecimiento del suelo puede incluso ocurrir indirectamente vía fijación de nitrógeno.

d) Oxigenación del suelo. El oxígeno en el suelo con frecuencia limita el crecimiento de las plantas en los suelos inundables. Para remediar la limitación de oxígeno en sus raíces, muchas plantas emergentes de los suelos inundados, transportan pasivamente el oxígeno de las hojas a sus raíces a través del tejido llamado aerénquima. En algunos casos, el oxígeno sale de las raíces sumergidas y oxida sustancias tóxicas y nutrientes en la rizosfera al tiempo que oxigena los sedimentos de los pantanos o marismas (Howes *et al.* 1981).

2. Modificación del sustrato

Los doseles de las plantas perennes pueden facilitar el establecimiento de otras especies alterando las características físicas del sustrato. Estas características con frecuencia están relacionadas con una mayor capacidad de almacenamiento de agua, mayor contenido estacional de agua y cambio en la composición de especies. En los bosques de encino de California, la depositación de hojarasca y la penetración de raíces conducen a un desarrollo del suelo con volumen menor, lo que presumiblemente incrementa la capacidad de almacenamiento del agua (Harmon *et al.* 1986). *Atriplex torreyi* (S. Watson) S. Watson aparentemente acumula grandes cantidades de arena en la base de su tronco, lo cual provee un hábitat favorable para *A. confertifolia* (Torr. & Fremont) S. Watson y *Haplopappus acradenius* S.F. Blake. Los restos de plantas no descompuestos por completo, pueden facilitar el establecimiento de otras especies al proveer sustratos favorables (Harmon *et al.* 1986).

3. Protección contra herbívoros

Una de las instancias de facilitación interplantas más claramente documentadas es la protección que algunas especies proporcionan a otras contra los mecanismos de herbivoría. En los pastizales Ingleses, *Trifolium fragiferum* L., es altamente apacentado por conejos cuando crece solo; sin embargo cuando crece entremezclado con *T. repens* Dore, es ignorado. En la mayoría de los casos, el benefactor aparentemente abriga o protege físicamente al beneficiario de los herbívoros. Un fenómeno similar es llamado "asociación de resistencia" (Root 1972).

Algunos autores advierten la necesidad de que algunas especies de zonas áridas (cactáceas, por lo general) necesitan de la presencia de una nodriza que facilite el establecimiento de las plántulas. Esta nodriza altera de manera sustancial las condiciones del ambiente físico, por ejemplo: mantienen las temperaturas del suelo más bajas, reducen la desecación (Mc Auliffe 1984; Franco y Nobel 1988; Valiente-Banuet y Ezcurra 1991), o reducen el riesgo de depredación bajo el dosel de la planta nodriza (Jaksic y Fuentes 1980; McAuliffe 1986). La importancia de las interacciones bióticas, y particularmente de la competencia, en la estructura y la dinámica de las comunidades vegetales de zonas áridas es todavía un tema controversial. Barbour (1981), puntualizó la importancia de las relaciones positivas en la estructuración de estas comunidades. Los casos mejor documentados, revisados por Valiente Banuet (1991), se refieren al efecto de la planta nodriza que favorece el establecimiento de especies; en particular, por ejemplo, en el Desierto de Sonora, las plántulas de *Larrea tridentata* (Sesse & Moc. Ex DC.) Coville se establecen preferentemente bajo el dosel de arbustos de *Ambrosia dumosa* W.W. Payne, de igual manera, las plántulas de *Carnegiea gigantea* Britton & Rose se establecen principalmente bajo *Cercidium microphyllum* (Flores-Martínez *et al.* 1994). En el Valle de Tehuacán, han sido observadas asociaciones particulares de tres cactáceas globosas (*Mammillaria collina* J.A. Purpus, *M. casoi* Bravo y *Coryphanta pallida*) así como de dos cactáceas columnares gigantes (*Neobuxbaumia tetetzo* (F.A.C. Weber ex K. Schum) Backeb y *Cephalocereus hoppendstedtii* K. Schum in Engl. & Prantl; (Valiente-Banuet *et al.* 1991b).

Interacciones planta-animal

En ecosistemas actuales existe una amplia gama de interrelaciones entre plantas y animales. Muchas de éstas están directamente relacionadas con la alimentación, y es claro que muchos de los resultados de esta forma de vida herbívora, es benefico tanto para las plantas como para los animales, y que deben ser el resultado de la coevolución (Scott y Taylor 1983). La mayoría de las partes vegetales, incluyendo tanto material vivo como muerto pueden ser consumidos. La mayoría de las especies de insectos fitófagos utilizan más de una especie vegetal como hospedante. Consecuentemente, el número de interacciones planta/animal debe ser mayor que el número de animales más el número de plantas (Gilbert 1979). De acuerdo con Scott y Taylor (1983), las interacciones encontradas desde el Carbonífero Alto entre plantas y animales no sólo se restringen a herbivoría, las plantas pueden ser beneficiadas por los animales mediante la dispersión de esporas, polinización y dispersión de semillas. Es claro entonces, que las relaciones entre plantas y animales no sólo se presentan desde el punto de vista trófico. Brown *et al.* (1972), señalan que las relaciones entre *Opuntia bigelovii* Engelm. y *Neotoma lepida* son directas en cuanto a su densidad de población; es decir, que conforme aumenta la densidad de población de *O. bigelovii*, aumenta la densidad de población de *N. lepida*. Por su parte, Chew y Whitford (1992), señalan que existe un efecto positivo entre *Larrea tridentata* (DC) Coville y la "rata canguro" (*Dypodomis spectabilis*); tal efecto positivo se debe a que *D. spectabilis* construye o establece sus madrigueras en la zona de influencia de *L. tridentata*, al tiempo que altera de manera sustancial las características físicas y químicas del suelo. Particularmente aumenta la concentración de nitrógeno, la profundidad y la humedad del suelo, lo que favorece el establecimiento de nuevos individuos de *L. tridentata*.

Mecanismos de polinización.

A pesar de la gran importancia que representa el fenómeno de la polinización es uno de los aspectos menos conocidos en cactáceas. Los estudios que se han realizado sobre este aspecto se enfocan principalmente a algunas especies del género *Opuntia* y sobre algunas cactáceas columnares del norte de México y el valle de Tehuacán (Del Castillo, 1994). Faria y Carvalho (1996), señalan que en plantas que tienen abundantes recursos florales principalmente en la noche, los visitadores diurnos tienden a ser poco importantes como polinizadores a pesar de que son más comúnmente registradas como visitadores. Se ha comparado la eficiencia de la polinización nocturna *vs* diurna de estas plantas y los resultados mostraron que los visitadores diurnos y nocturnos son igualmente eficientes (Faria y Carvalho 1996).

Fleming y Sosa (1994), resaltan que los polinizadores pueden influenciar el éxito reproductivo de las plantas al determinar el porcentaje de semillas asentadas, por lo que se influencia el tamaño genéticamente efectivo (número de individuos que se entrecruzan) e incide en el éxito reproductivo de las plantas a través de la función femenina y masculina. Consideran polinizadores legítimos a aquellos organismos que extraen néctar o polen de las flores si depositan polen en estigmas receptivos conespecíficos, aun si son verdaderos podrían no ser eficientes si consumen o pierden más polen del que necesitan o si depositan la mayoría del polen en flores heteroespecíficas. Finalmente, la efectividad de los polinizadores puede ser cuantificada si se calcula su contribución proporcional a la producción de semillas o a las plántulas establecidas comparada con otros visitadores.

La correspondencia morfológica de flores polinizadas por animales con sus polinizadores ha sido descrita en términos de un síndrome de polinización. Se ha puesto algo de atención al hecho de que las características de comportamiento de los polinizadores tienen una estrecha relación con algunas características ecológicas de las plantas, tal como la distribución espacial y el comportamiento de floración de las plantas individuales (Takakazu,1986). Los síndromes de polinización son las manifestaciones evolutivas más obvias en interacciones entre plantas y sus polinizadores e incluyen varias características asociadas a la producción de néctar, sus componentes y otras recompensas florales ya que algunas flores no proporcionan néctar a sus visitantes pero proporcionan polen, aceites o fragancias precursoras de feromonas sexuales.

Las flores y las inflorescencias cuando son vistas desde la perspectiva de la planta visitada es una señal de localización del recurso. En algunas especies las inflorescencias son la unidad de atracción y se puede incluir flores viejas. Una vez que la planta presenta diferencias de color de sus flores permite al polinizador discriminar entre flores viejas que no contienen néctar y flores jóvenes que sí contienen néctar. Los patrones en la secreción de néctar afectan directamente el comportamiento forrajeador de los polinizadores ya que estos pueden proveer algunas cantidades mínimas de néctar que contienen tipos particulares de azúcar y otros componentes, polen o algún otro tipo de recompensa.

Dispersión de semillas.

Kerley (1991), consigna que las semillas de las plantas son un elemento clave en los ecosistemas desérticos, tanto porque influencian la distribución y sobrevivencia de las

plantas, como por ser la principal fuente de alimento para animales granívoros (principalmente hormigas, aves y roedores). Señala que los roedores son el grupo taxonómico de animales granívoros más importante en los desiertos de Norteamérica e Israel, donde este grupo es taxonómicamente diverso y abundante. Sin embargo, apunta que para el Desierto del Karoo, las hormigas (*Messor* sp.), fueron los agentes removedores más importantes, seguidas de los vertebrados nocturnos y posteriormente los diurnos.

Una gran variedad de animales incluyen en su dieta frutos, sin embargo, relativamente pocas especies dependen en su mayoría o por completo de los frutos como elementos de toda su dieta. De este modo, el conjunto potencial de agentes dispersores varía ampliamente en el grado de su influencia evolutiva sobre los frutos. La dispersión de las semillas es realizada por dos clases distintas de agentes que difieren en grado y forma en su dependencia de los frutos (Granados-Sánchez 1991). A saber son: 1) aquellos que complementan sus suministros de carbohidratos, lípidos y proteínas de los frutos; estos están restringidos a áreas tropicales y se denominan "frugívoros especialistas"; y 2) aquellos que utilizan los frutos como un recurso primario de carbohidratos y agua, estos son llamados "oportunistas" en cuanto a la explotación de los frutos. Herrera (1987), consigna que en el Mediterráneo, las semillas que son dispersadas principalmente por vertebrados son aquellas de frutos carnosos.

Bustamante *et al.* (1992), plantean que son tres atributos que deben ser estudiados en los frugívoros con el fin de evaluar los presumibles efectos favorables: 1) *legitimidad de dispersión*. Esto es, la ocurrencia de semillas aparentemente no dañadas en las heces; 2) *eficiencia de dispersión*, es decir, su capacidad para depositar semillas en sitios seguros, lo

cual es altamente probable que resulte en germinación y sobrevivencia y; 3) *efectividad de la dispersión*. la proporción de plántulas incorporadas a la población en la cual un agente dispersor particular es responsable de la diseminación.

Una gran proporción de plantas en la mayoría de las comunidades son dispersadas por animales, en bosques tropicales, por lo menos el 50% y con frecuencia el 75% o más de las especies de árboles producen frutos carnosos adaptados para la dispersión por consumo de aves o mamíferos. En bosques tropicales riparios, una incierta pero claramente gran proporción de frutos, son dispersados por peces (Howe y Smallwood, 1982). La proporción de árboles que son dispersados por vertebrados es de igual manera alto en comunidades templadas (Howe y Smallwood, 1982). La presencia de adaptaciones para la dispersión por animales no sólo es exclusiva de hábitats húmedos, de hecho, comunidades con pocas adaptaciones para la dispersión por animales son raras (Howe y Smallwood, 1982). Los desiertos del viejo mundo están subrepresentados en el fenómeno de la dispersión por animales. De 1560 plantas en el Mediterráneo y regiones semidesérticas de Israel, sólo el 5% tiene adaptaciones para la dispersión por animales. De 604 plantas en un desierto verdadero de Israel, 3% son dispersadas por animales. Las plantas dispersadas por viento son relativamente comunes en número y proporción en hábitat secos, y especies dispersadas por animales ganan importancia en hábitat húmedos (Howe y Smallwood, 1982).

Bajo la denominación de "calidad" se incluye por ejemplo, la seguridad de que la planta sea visitada, la probabilidad de que una semilla sea ingerida y depositada intacta en un estado en el cual realmente pueda germinar y que el agente dispersor encuentre el tamaño adecuado de semilla que pueda llevar.

Dispersión y estrategias de reproducción. Si una planta tiene una estrategia de reproducción basada en muchas semillas pequeñas, no podrá afrontar el alto costo por propágulo de calidad de dispersión por cada una de sus muchas semillas y tendrá que colonizar con la más baja calidad, pero con una dispersión menos costosa dada por los animales oportunistas y por los agentes inanimados tales como el agua o viento. Se espera entonces, que aquellas plantas que dispersan sus semillas mediante animales oportunistas o agentes inanimados, y así, recibir una dispersión relativamente de baja calidad, deberán tener una estrategia reproductiva "selección r", basada en la producción de semillas pequeñas y en gran número. Aquellas plantas que incrementan la calidad de dispersión de sus semillas por coevolucionar con los frugívoros especializados, deberán tener estrategia reproductiva "selección k", basada en producción de pocas semillas y de mayor tamaño (González-Espìnoza y Quintana-Ascencio citados en Granados-Sánchez 1991).

Se considera que la capacidad de dispersión de las semillas es una adaptación que incrementa la probabilidad de sobrevivencia de la progenie debido a:

1. La posibilidad de escapar a determinados factores de mortalidad.
2. La probabilidad de colonizar hábitats perturbados.
3. La probabilidad de ser llevadas a microhábitats específicos favorables para el establecimiento.

Howe y Smallwood (1982), plantearon tres hipótesis, las cuales no son excluyentes entre sí: la del "escape", la de la "colonización" y la de "dispersión dirigida". La primera hace énfasis en la importancia de agentes de mortalidad densodependientes y la distancia; la segunda, plantea la heterogeneidad e impredictibilidad del hábitat; y finalmente la tercera se

refiere a la necesidad de asegurar que la descendencia se ubique en sitios específicos con características favorables para el establecimiento.

Janzen (1984), apunta que entre los principales dispersores de semillas en la etapa de postdispersión, se encuentran los vertebrados, parte de estas semillas es mera depredación y parte es el costo por ser dispersadas. Entre los removedores de semillas o agentes dispersores, muchos de ellos matan o eliminan la posibilidad de germinación de las semillas cuando estas son desbaratadas en su tracto digestivo, o son defecadas en un lugar no propicio, otras son deliberadamente acarreadas para ser consumidas después pero sobreviven por errores de los que las enterraron. Las semillas deben ser "diseñadas" para ser atractivas sólo a aquellas especies que trabajando en común, generen la mayor calidad de sombra de semillas para el árbol progenitor. Los dispersores animales generan diferentes sombras de semillas con relación a como lo hace el viento, tienden a generar lugares sin semillas y otros con una gran concentración, sobre todo donde duermen, descansan o donde hay una gran concentración de animales, y por lo general contienen semillas más pesadas que aquellas que son dispersadas por el viento.

El supuesto principal de la hipótesis de la colonización es que los hábitats cambian espacial y temporalmente, y se presentan como un mosaico de parches. La ventaja principal de la dispersión de la progenie es, cuanto mayor sea la amplitud de la distribución de los propágulos mayor será la posibilidad de que la progenie encuentre zonas o parches favorables para un establecimiento exitoso. Esto se relaciona con lo que por definición es llamado "sitio seguro" por Harper *et al.* (1965), para describir las condiciones particulares en la superficie del suelo que determinan la germinación de semillas y para el

establecimiento de plántulas, incluyendo la microtopografía, disponibilidad de agua, profundidad del mantillo, claros en la cubierta vegetal y en los ambientes desérticos, protección contra la desecación.

Al igual que la hipótesis anterior, la hipótesis de la dispersión dirigida está fuertemente relacionada con el concepto de sitio seguro, y a diferencia de aquellos, la llegada a los sitios seguros ocurre aleatoriamente y supone que los atributos de las semillas están relacionados con su movimiento, forma, tamaño, apéndices, etc. y asegura que la dispersión dirige a las diásporas hacia tales sitios (Granados-Sánchez 1991). Varios trabajos han mostrado que en sitios hacia donde los dispersores llevan las semillas (debajo del dosel de arbustos, montículos de hormigueros), coinciden por ser micrositios en los cuales se incrementan las tasas de germinación, crecimiento, sobrevivencia y producción de semillas de las especies dispersadas (Vargas 1982).

Taxonomía

Ferocactus histrix (DC) Lindsay.

Neótipo: Ilustración a partir de Sessé y Mociño. s.n. (G). *Echinocactus histrix* DC 1828; *Echinocactus coulteri* Don 1834; *Echinocactus oxypterus* Zucc. 1837; *E. electracanthus* Lemaire 1838; *Echinofossulocactus oxypterus* Laurence 1841; *Ferocactus melocactiformis* Britton y Rose 1922; *Ferocactus histrix* Lindsay 1955 (Bravo y Sánchez-Mejorada 1991).

Planta simple; *Tallo* globoso hasta ampliamente subovoide, de 50 a 100 cm de altura y diámetro, ápice tomentoso y poco aplanado; *costillas* 20 a 38, rectas agudas, de 2 a 3 cm de altura, poco tuberculadas; *aréolas* de 2 a 3 cm distantes entre sí, ovales, de 2 cm

de longitud, cuando jóvenes con tomento amarillento, después grisáceo, provistas también de algunas glándulas: *espinas* gruesas, amarillas en su totalidad o con tinte rojizo hacia la base, a veces con el tiempo de color castaño; *espinas radiales* 8 ó más, ligeramente curvas, más cortas que la central, radiadas; *espina central* 1, hasta de 9 cm de longitud, recta o ligeramente curva, anulada, a veces aplanada lateralmente, a menudo de sección triangular o poligonal; *espinas glanduliferas* de 3 mm de longitud, activas en las aréolas con flores, persistentes después; *flores* campanuladas, de 3.5 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro, amarillas; *pericarpelo* con escamas amarillas, ciliadas y rojizas, con el margen amarillo; segmentos exteriores del perianto de 1.5 cm de longitud y de 4 mm de anchura, con el margen aserrado, amarillos con la franja media roja; segmentos interiores del perianto linear-oblongos, agudos, aserrados, extendidos, amarillos; *estambres* numerosos; con filamentos de color verde amarillento claro; *anteras* pequeñas amarillas; *estilo* de 15 mm de longitud; *lóbulos* del estigma 16, lineares, verdes; *fruto* cortamente elipsoide, de unos 2 cm de diámetro, blanco, de paredes delgadas, traslúcidas, delicuescente, comestible; *semillas* pequeñas, de 1mm de longitud, de color castaño obscuro. (Fig. 1)

F. histrix pertenece a la subtribu Cactinae, de la tribu Cacteae, subfamilia Cactoide, familia Cactaceae, clase magnoliopsidae, división magnoliopsida (Cronquist 1988).

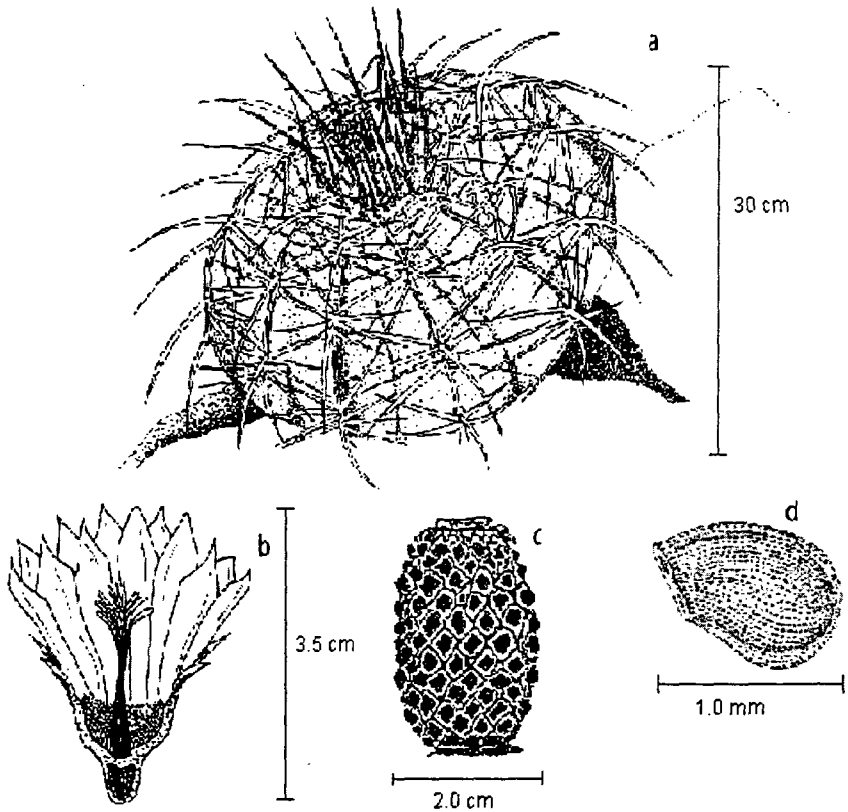

Figura 1. Aspecto general de *Ferocactus histrix* a) planta, b) flor, c) fruto y d) semilla.

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS
BIBLIOTECA CENTRAL

OBJETIVOS

1.- Determinar la distribución espacial y de tamaños en los individuos de la población de *Ferocactus histrix* en la región de los Llanos de Ojuelos.

2.- Conocer las principales condiciones físicas del hábitat, relacionadas con la distribución y abundancia de *Ferocactus histrix* en la zona de estudio.

3.- Identificar las principales especies vegetales y animales nativas que presenten algún tipo de asociación con *Ferocactus histrix*.

Area de Estudio

"Los Llanos de Ojuelos pertenecen a la provincia de La Mesa Central. Estos se ubican en el noreste del estado de Jalisco se localiza entre las coordenadas 21° 45' a 22° 00' Norte y 101° 30' a 101° 45' Oeste". Comprende una porción pequeña de la entidad. que cubre totalmente el municipio de Ojuelos y parte de los de Encarnación de Diaz y Lagos de Moreno. Los sistemas de topoformas más representativos son: llanuras de piso rocoso cubiertas por suelos someros de aluvión y salpicadas de pequeñas charcas, mesetas con cañadas que se encuentran entre las llanuras, sierras bajas, lomeríos derivados de la erosión de mesetas similares a las mencionadas, laderas rectas. La elevación es de 2300 y 2250 m s.n.m., respectivamente. Las rocas son principalmente de origen volcánico, ricas en sílice (SPP., 1981). (Fig. 2).

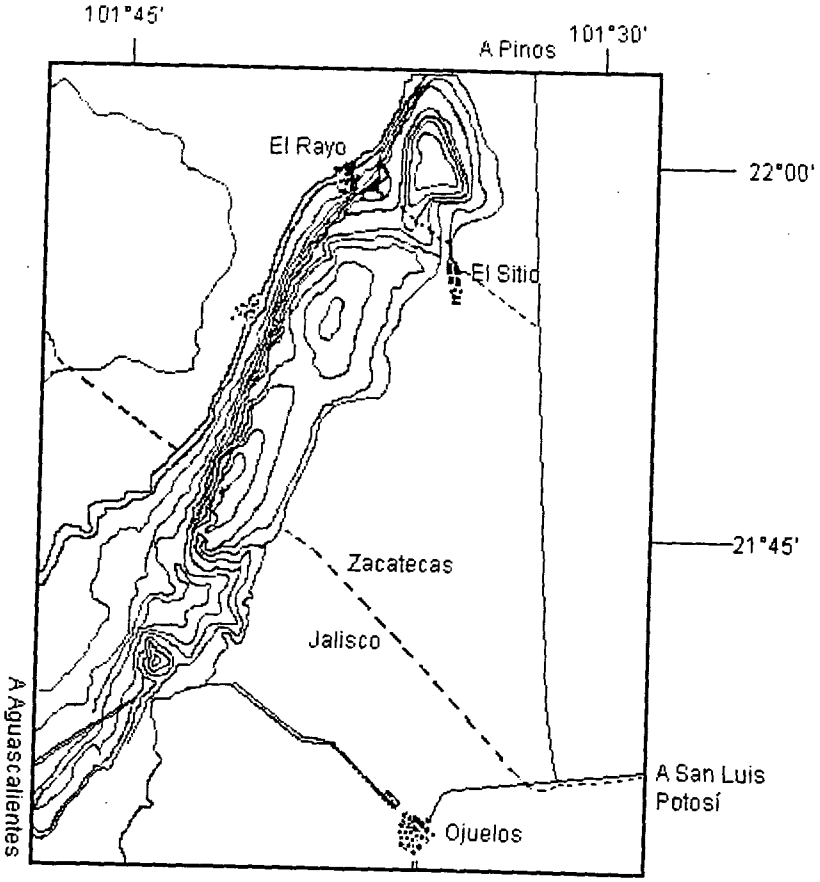

Fig. 2 Ubicación geográfica del área de estudio

Suelos. Domina el Feozem háplico, caracterizado por una capa superficial obscura y suave. rica en materia orgánica y nutrientes. Le sigue el Xerosol háplico, con una capa superficial de color claro, muy pobre en humus, y debajo de ella una capa rica en arcilla; y el Litosol, suelo con una profundidad menor de 10 cm, limitado por roca tepetate o caliche, y en menor proporción existen el Planosol eutrico y Feozem lúvico (SPP, 1981).

Descripción del clima. De acuerdo a García (1978), predomina el clima BS1kw (e) g. (seco estepario), en el cual la evaporación excede a la precipitación por lo que ésta no es suficiente para alimentar corrientes permanentes. La temperatura media anual es de 16.6° C, la temperatura del mes más frío (enero) es de 12° C, mientras que la temperatura del mes más caliente 20.7° C. La oscilación térmica es de 8.6° C. La precipitación media anual 542.2 mm; el mes más lluvioso es julio con 109.1 mm, y el mes más seco es marzo con 7.7 mm; la lluvia invernal es de 6.3% Se registra un índice de Lang (cociente que resulta de dividir la precipitación total anual en mm, entre la temperatura media anual en °C), no mayor de 32.5.(Cuadro 1 y Fig. 3).

Cuadro 1. Datos climáticos de la región de los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual	P/T	% P inv.	Osc.
Temp.	12.1	13.6	16.4	18.7	20.7	20.1	18.9	18.9	18.0	16.3	13.9	12.3	16.6	32.5	6.3	8.6
P.P.	14.8	11.7	7.7	15.7	39.6	91.0	109.1	98.6	88.3	36.3	15.7	13.7	542.2			

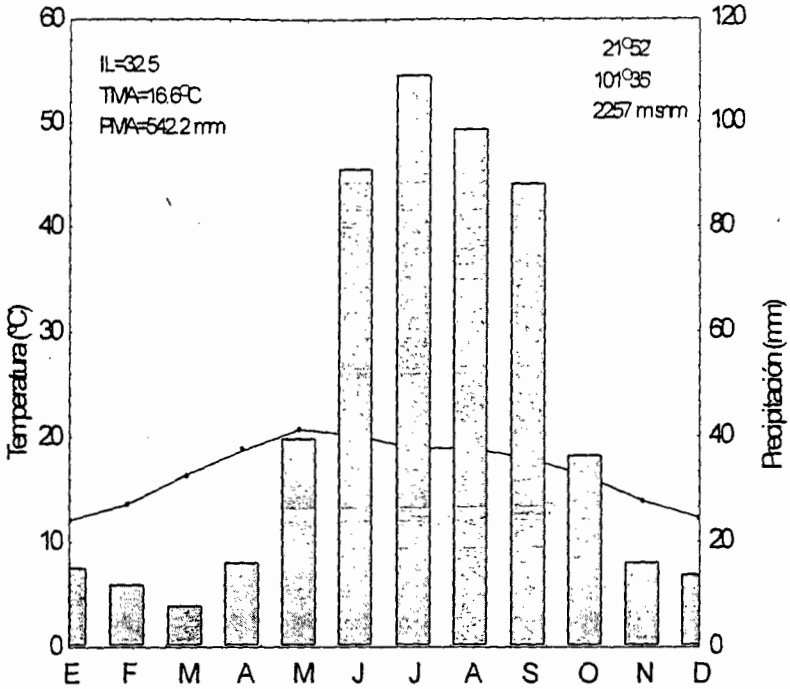

Fig. 3. Diagrama que representa la tendencia de las normales climáticas en los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

Vegetación y fauna. Existe una predominancia de matorral xerófilo (*sensu* Rzedowski, 1978), la altura promedio de sus elementos es de 2.5 m, siendo las especies dominantes en el estrato superior: *Opuntia streptacantha* Lem., *O. xoconostle, O. leucotricha* F.A.C. Weber ex K. Schum ("nopal"), *Acacia* sp. ("huizache blanco" y "negro"), *Forestiera* sp. ("acibuche"), *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey in McKelvey, *Y. filifera* Chabaud, *Y. decipiens* Trel. ("palma" o "izote"); en el estrato medio: *Opuntia robusta* Wendl, *O. cantabrigensis* Lynch. ("nopal"), *Acacia* sp. ("huizache blanco" y "negro") y *Dodonaea viscosa* Herter entre otros; y

en el estrato inferior: *Bouteloua* sp. ("pasto navajita") *y Muhlenbergia* sp., *Acacia* sp., ("gatuño"), y otras formas de crecimiento como *Stenocactus dichroacanthus, var. violaciflorus* (Quehl) Bravo, *Coryphanta cornifera* (DC.) Lem. ("biznagas"), *Opuntia rastrera* F.A.C. Weber ("nopal"), *Jatropha dioica* (Hook.) McVaugh ("sangre de grado"), *Trixis angustifolia* A. Gray, *Haplopapus venetus* S.F. Blake ("escobilla"), *Asclepias linearis* Scheele. Por otro lado es común encontrar en este tipo de vegetación algunos mamíferos pequeños como *Dipodomys ordii* Woodhouse, *D. phillipsi* Gray ("rata canguro"), *Peromyscus gratus* Merriam ("ratón"), *Spermophilus* sp. Cuvier ("ardillón"), *Sylvilagus* sp. Gray ("conejo"), *Pappogeomys* sp. Merriam; otro tipo de animales comunes son: *Urocyon cinereoargenteus* Schreber ("zorra"), *Cnemidophorus* sp. Wagler ("lagartija rallada"), *Sceloporus* sp. Wiegmann ("lagartija escamosa"), *Phrynosoma* sp. Wiegmann ("camaleón"), y *Crotalus* sp. Linnaeus ("serpiente de cascabel"), entre otros (SPP,1981).

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio Poblacional

Se eligieron al azar 30 parcelas de 300 m^2 (30 x 10 m) cada una. en sitios con vegetación nativa que corresponde con el matorral xerófilo de acuerdo con Rzedowki (1978), con poca perturbación y ubicadas entre los 2200 m s.n.m.. En estas parcelas se contabilizaron los individuos de *F. histrix* contenidos en ellas y a cada uno se le midió el diámetro y altura; se registró la etapa de desarrollo fenológico en que se encontraba cada individuo de la siguiente manera: a) presencia de botones florales o ausencia de éstos; b) presencia de flores o ausencia de éstas y; c) presencia de frutos o ausencia de éstos. Se determinó la densidad poblacional, tanto densidad media por parcela como estimada por ha, así como el patrón de distribución espacial de acuerdo a la razón de la varianza y la media (Odum,1972; Begon, Harper y Townsend, 1995). Debido a que no existe un método propuesto y probado para estimar la edad de los individuos de la especie, los datos de las mediciones se agruparon por categorías de distintas clases de tamaños, con los que se formaron tablas de distribución de frecuencias para determinar la estructura de tamaños de la población. Otro tipo de agrupamiento se hizo con base en las observaciones arriba mencionadas del desarrollo fenológico de la especie, en la medida en que se trata de la población. Hay tres edades ecológicas que han sido catalogadas por Bodenheimer (citado en Odum, 1972), como: a) edad pre-reproductiva, b) edad reproductiva y c) edad post-reproductiva. La duración relativa de estas edades en proporción con el tiempo de vida varía mucho de un organismo a otro. Cabe señalar que no existe edad post reproductiva ya que todas las biznagas son reproductivamente activas hasta su muerte, que puede ser causada por daño o enfermedad (Arreola com. pers.).

Estudio de las Condiciones Ambientales

Para el estudio de las condiciones físicas del hábitat de cada parcela se obtuvieron datos de: a) profundidad del suelo como sigue: 1= Suelo escaso o nulo con una profundidad de 0-5 cm; 2= Suelo delgado con una profundidad de 5-10 cm, y 3= Suelo grueso con una profundidad mayor a 10 cm; b) grado de pedregosidad se registró conforme a las categorías propuestas por Cuanalo (1990), con algunas modificaciones como sigue: 1= pedregosidad baja (menos del 10%); 2= pedregosidad media (del 10 al 50%) y 3= pedregosidad alta (más del 50%); y c) pendiente, la cual se registró en grados con la utilización de un clinómetro. Finalmente con los datos obtenidos de profundidad del suelo, pedregosidad y pendiente se realizaron pruebas de correlación con la densidad para determinar la posible relación entre estos factores abióticos que permitan o faciliten el establecimiento de *F. histrix.*

Estudio de las Especies Vegetales y Animales Asociadas

Se registró la condición en que crecen los individuos de *F. histrix,* de la siguiente manera:

1=Si crece en lugar abierto (desprovisto de vegetación).

2=Si crece asociada a un arbusto (bajo su dosel), se registró la especie a que pertenece.

3=Si crece entre rocas o grietas de éstas.

Se realizó un muestreo mediante 325 parcelas de 2x2 m ($4m^2$) elegidas aleatoriamente para obtener datos de presencia/ausencia de la especie en estudio y de las otras especies abundantes en la zona. Se colectó un ejemplar como respaldo, el cuál se

depositó en la colección viva del Jardín Botánico del Departamento de Botánica y Zoología del CUCBA bajo el número 95, las especies vegetales acompañantes fueron determinadas por el M. en C. Miguel Cházaro Basáñez. Con estos datos se elaboró una tabla de contingencia y se estimó el índice de asociación de la siguiente manera (Pielou, 1977; Krebs.1985):

		Especie	*Arbustiva*	
		Presente	Ausente	Total
Ferocactus histrix	Presente	a	b	m
	Ausente	c	d	n
	Total	r	s	N

Donde :

a= No. de observaciones en que tanto un arbusto como la especie de interés están presentes

b= No. de observaciones en que *F. histrix* están presentes y los arbustos ausentes

c= No. de observaciones en que *F. histrix* ausente y algún arbusto presente

d= No. de observaciones en que tanto *F. histrix* como los arbustos están ausentes

m= No. de observaciones en que *F. histrix* esta presente

n= No. de observaciones en que *F. histrix* esta ausente

r= No. de observaciones en que este presente algún arbusto

s= No. de observaciones en que están ausentes los arbustos

N= No. total de observaciones realizadas

El índice de asociación se estimó como sigue:

$$V = \frac{ad - bc}{\sqrt{mnrs}}$$

Donde:

V= Indice que indica la intensidad de la asociación (valores de –1 a 1). Mientras que los restantes corresponden con los significados arriba mencionados.

Para el estudio de las especies animales asociadas. se determinaron aquellas que actúan como polinizadoras. mediante observaciones directas y colecta de visitadores durante la época de floración. La colecta de los visitadores se realizó cuando éstos se encontraban en las flores de individuos de *F. histrix* (Del Castillo, 1994). Los testigos se depositaron en la colección del Centro de Estudios de Zoología, del Departamento de Botánica y Zoología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (C.U.C.B.A.), para su posterior determinación con ayuda de los especialistas. De los visitadores se registró; hora de visita, actividad realizada, tiempo empleado por visita, (Huerta-Martínez 1995b).

Para estudiar la dispersión y depredación de las semillas se realizó una colecta de excretas de las especies de mamíferos pequeños y medianos (para tal fin se contó con la participación del personal del Centro de Estudios Zoología del Departamento de Botánica y Zoología del C.U.C.B.A.) Se puso especial énfasis en las semillas de *Ferocactus histrix* que aparecieron en las excretas. Éstas se sometieron a pruebas de germinación en cajas de petri como sigue:

Se extrajeron las semillas de las excretas y se colocaron en varios lotes etiquetados con el nombre de la especie de mamíferos de la que proviene y se puso un número similar de lotes control. Esto es, aquellas que se extrajeron directamente de frutos previamente colectados, se cuidó de que no les faltara humedad y se revisaron a diario para conocer el porcentaje de germinación hasta que la curva se hizo asintótica. Lo anterior con el fin de determinar si las especies actuáron como dispersoras o como depredadoras. Con base en las pruebas de germinación se determinó si son legítimas, de acuerdo con lo planteado por Fleming y Sosa (1994).

RESULTADOS

Patrones sobre densidad poblacional y su relación con las condiciones físicas del hábitat y espaciamiento:

En total se midieron y contaron 592 individuos de *F. histrix,* la densidad máxima fue de hasta 2,167 individuos/ha (65 individuos/cuadrante), mientras que la densidad media fue de 731.94 individuos/ha (21.95 individuos/cuadrante) y la mínima llegó a ser de 67 individuos/ha (2 individuos/cuadrante). Estos valores de densidad varían con las condiciones del hábitat, los más altos se obtuvieron en parcelas con la categoría 1 (suelo escaso) y los valores mínimos en parcelas donde la profundidad del suelo es mayor (categoría 3); de lo que se deduce que existe una relación inversa ($r = 0.70$ $p>95\%$), entre la densidad poblacional y la profundidad del suelo (Fig. 4). En lo que se refiere al grado de pedregosidad, los valores más altos en densidad ocurren el parcelas con la categoría 3 (entre 80-100%), mientras que los valores mínimos se presentaron en parcelas con pedregosidad baja (1-10%, categoría 1), por lo que se refleja una relación positiva ($r = 0.86$ $p>95\%$), entre el grado de pedregosidad y la densidad (Fig. 5). En lo que se refiere a la inclinación de la pendiente se encontró que las máximas densidades se presentaron en sitios con pendientes de 20° o mayores, mientras que las mínimas en sitios prácticamente planos, lo que refleja una relación positiva ($r = 0.91$ $p>95\%$), entre inclinación de la pendiente y densidad (Fig. 6).

Debido a estas características del hábitat y a los requerimientos ecológicos de la especie, esta tiene distribución espacial amontonada en la zona de estudio, de acuerdo a la razón de $V/m= 19.37$ (Fig. 7). En la figura 7 se puede apreciar que la curva se inclina a la izquierda, lo cual nos indica que existe un número relativamente grande de cuadrantes con

muy pocos individuos y al mismo tiempo que existe también un número de cuadrantes relativamente grande con muchos individuos.

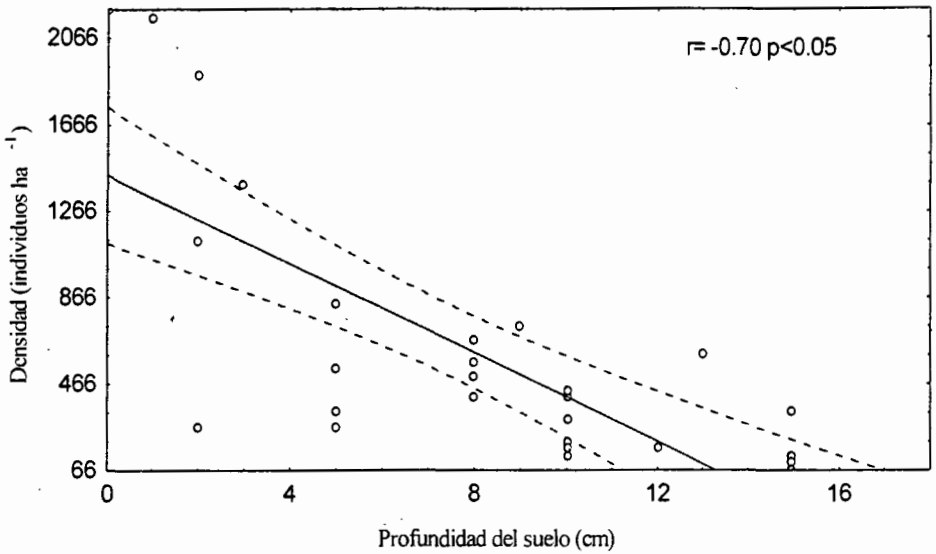

Fig. 4. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre densidad de población de *F. histrix* y profundidad del suelo en los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas..

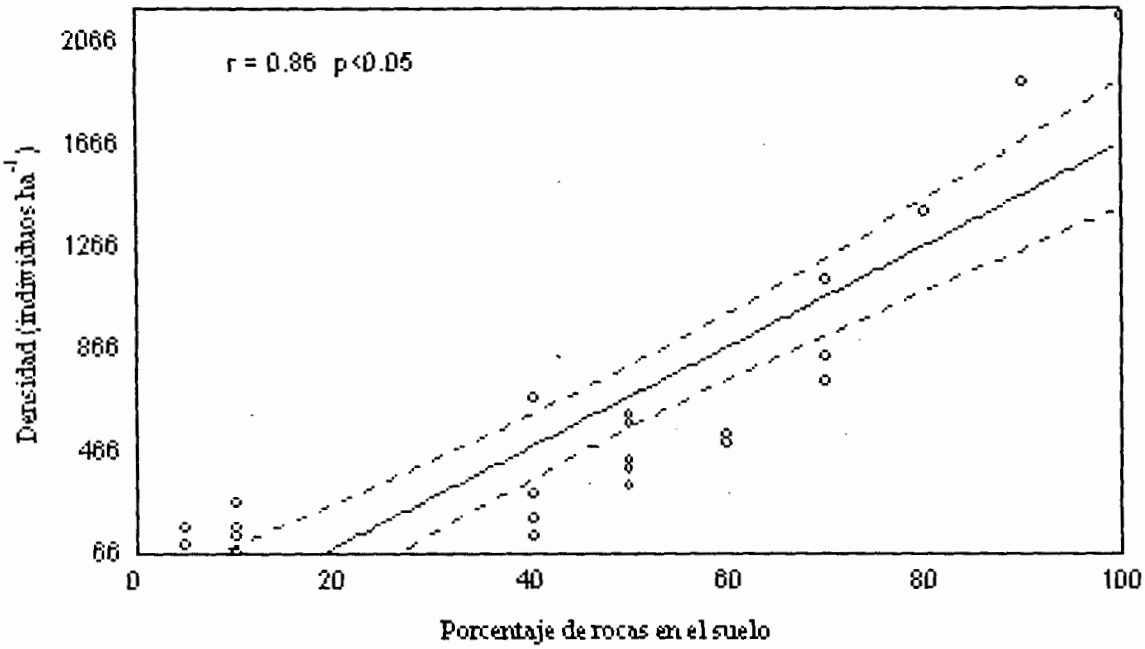

Fig. 5. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre densidad de población de F. histrix y porcentaje de rocas en el suelo en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

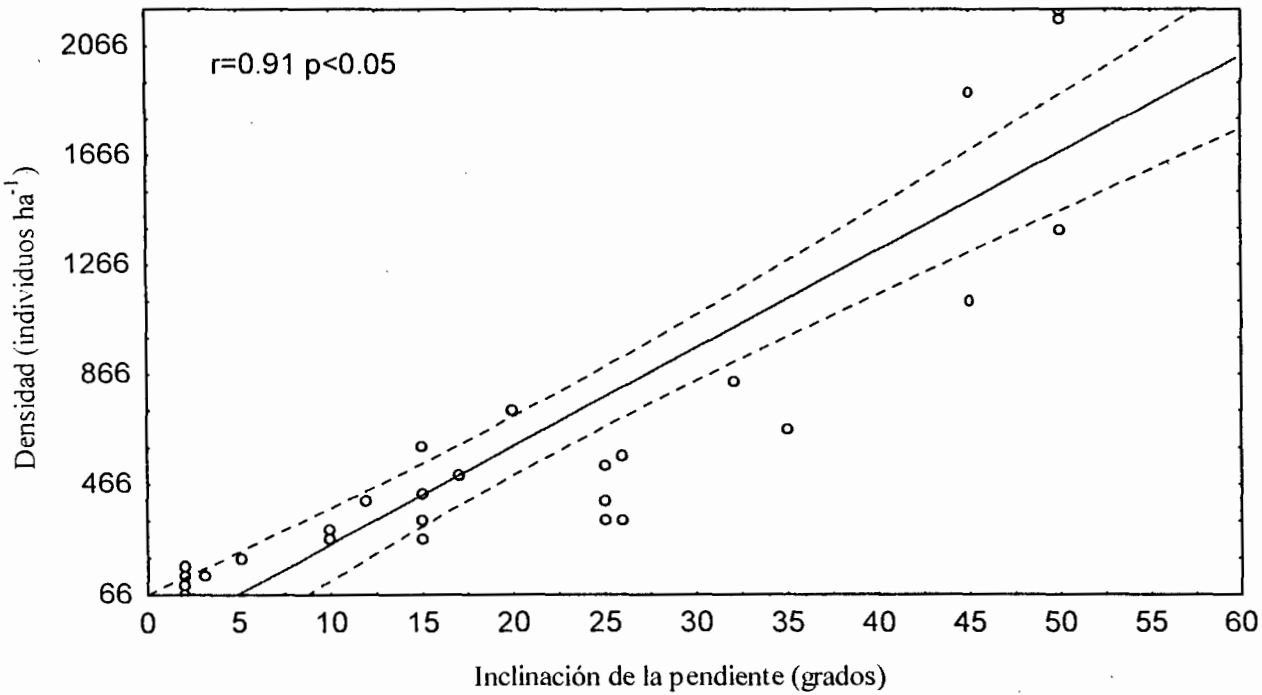

Fig. 6. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre densidad de población de F. histrix e inclinación de la pendiente en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

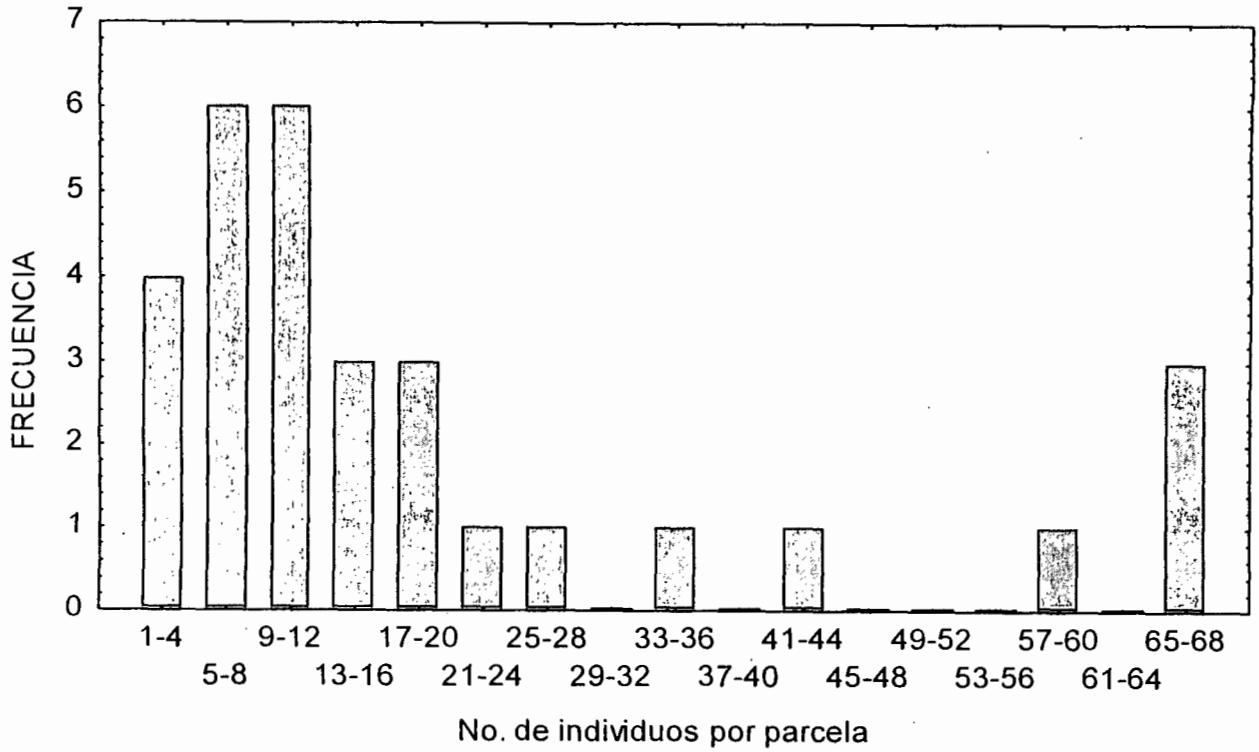

Fig. 7 Patrón de distribución espacial de una población silvestre de *Ferocactus histrix* en la región de Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

Estructura de la Población por Distribución de Tamaños

Para las poblaciones silvestres de *Ferocactus histrix* presentes en la zona de estudio el diámetro menor que se registró fue de 0.03 m. así como de altura; por otro lado, el diámetro mayor registrado fue de 0.49 m, mientras que de altura fue de 0.62 m. La clase de tamaño en diámetro que mayor número de individuos agrupó fue de 0.20-0.29 m (235 individuos). El menor número de individuos para las clases de diámetro se obtuvieron en 0.40-0.49 m (7 individuos) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de tamaños (diámetros), con su correspondiente edad ecológica en una población silvestre de *F. histrix* en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas

Clase de tamaño(m)	Frecuencia	Porcentaje	Edades ecológicas
0.03-0.09	60	10.62	Edad
0.10-0.19*	218	36.43	Pre-reproductiva
0.20-0.29	235	39.27	Edad
0.30-0.39	67	12.33	Reproductiva
0.40-0.49	7	1.32	

* La edad pre-reproductiva se registró hasta el diámetro de 0.15

De los datos anteriores se deduce que las poblaciones se consideran estables por su alta proporción de individuos en la clase de tamaño media en diámetro (de acuerdo con Odum, 1972), representados por individuos de 0.10 a 0.29 m (Fig. 8).

Al realizar los agrupamientos por edades ecológicas (edad pre-reproductiva y reproductiva), se destaca que la edad o tamaño pre-reproductivos son hasta 0.14 m en diámetro, aunque cabe señalar que se observaron dos individuos más pequeños en diámetro (0.10 y 0.13 m) con presencia de botones florales, lo cual se considera como eventos raros

o fortuitos dentro de la población, ya que representan menos del 1% (0.33%), de nuestra población total muestreada. A partir de 0.15 y hasta el máximo diámetro que se registra (0.49 m), los individuos de estas poblaciones se encuentran en edad reproductiva.

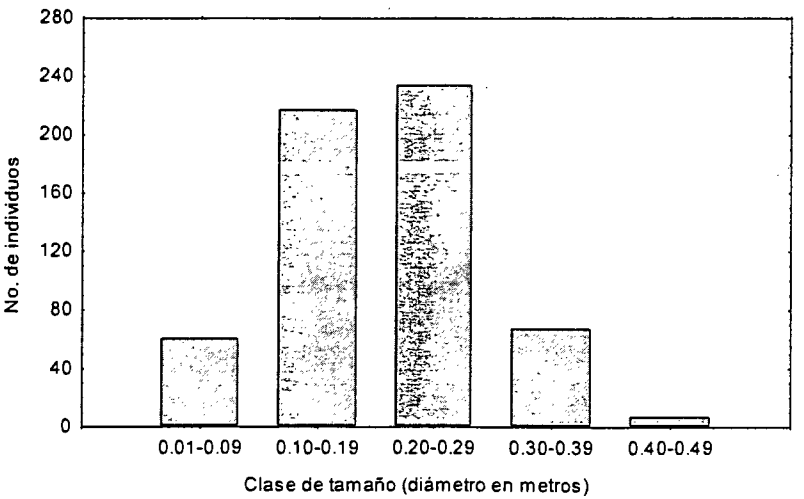

Fig. 8. Distribución de tamaños en la población de *Ferocactus histrix* de la región de Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas con base en diámetro.

Estudio de las Especies Vegetales Asociadas a *Ferocactus histrix*

Se reconoce la necesidad que *F. histrix* tiene por una condición de nodrizaje, de los registros que se hicieron de la especie, observamos que el 49% de los individuos crece asociado fuertemente con rocas o en grietas de éstas, el 39% se encuentra asociado a doseles de otras especies vegetales nativas de la zona, el 12% restante crece en sitios desprovistos de vegetación (Cuadro 3 y Figura 9).

Cuadro 3. Condiciones bajo las que se establece *Ferocactus histrix* en una población silvestre en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

CONDICION	No. INDIVIDUOS	PORCENTAJE
1	70	12
2	230	39
3	292	49

El análisis realizado para estimar la intensidad de asociación entre *F. histrix* y una especie cualquiera de arbusto (Pielou 1977; Krebs 1985), nos muestra que la asociación entre *F. histrix* y los arbustos es fuerte y positiva más no perfecta (V= 0.78), lo que corrobora las observaciones anteriores (Cuadro 4.).

Cuadro 4. Tabla de contingencia utilizada para estimar el índice de asociación entre una especie arbustiva y *F. histrix*.

		Especie	*arbustiva*	
		Presente	Ausente	Total
Ferocactus histrix	Presente	200	20	220
	Ausente	12	93	105
	Total	212	113	325

De donde se obtiene que:

$$V = \frac{(200)(93) - (20)(12)}{\sqrt{(220)(105)(212)(113)}}$$

$$V = \frac{18600 - 240}{\sqrt{553383600}} \qquad V = \frac{18360}{23524.1}$$

$$V = 0.7804$$

Dentro de la condición 2, se observaron preferencias con respecto a los doseles de ciertas especies vegetales, de las que se pueden destacar a: *Jatropha dioica* (40 %), *Trixis angustifolia* (17 %), *Opuntia xoconostle* (13 %), y con el propio *F. histrix* (10 %), entre otras (Cuadro 5 y Figura 10).

Cuadro 5. Principales arbustos encontrados en hábitat de *Ferocactus histrix* en la zona de estudio. bajo la condición 2

ESPECIE	NO. INDIVIDUOS
Jatropha dioica	85
Trixis angustifolia	40
Opuntia xoconostle	30
Ferocactus histrix	23
Senecio praecox	18
Opuntia leucotricha	9
Notholaena aurea	9
Bouteloua gracilis	3
Opuntia robusta	3
Dodonaea viscosa	2
Acacia schaffneri	3
Agave schildigera	3
S. praecox / T. angustifolia	1
J. dioica / T. angustifolia	1

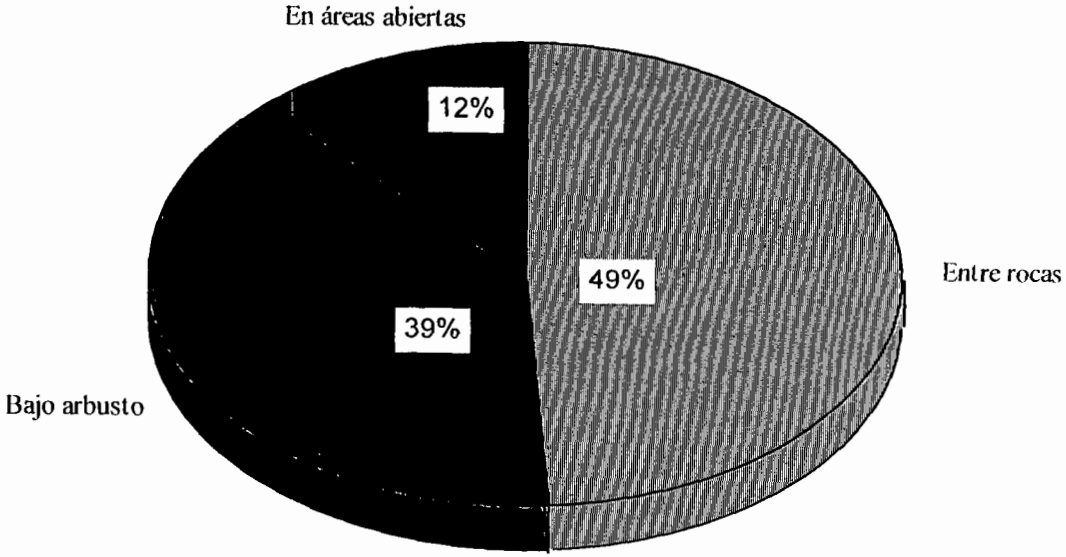

Fig. 9. Porcentaje de individuos de *F. histrix* creciendo bajo diferentes condiciones en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

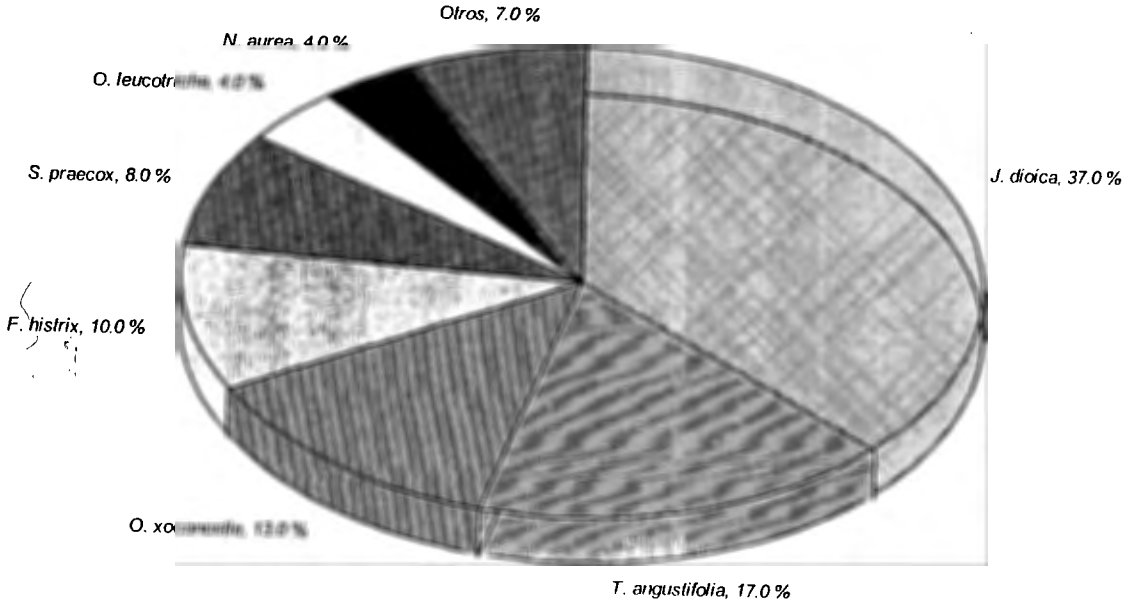

Fig. 10. Porcentaje de individuos de *F. histrix* que crece asociado a diferentes especies nativas de Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

Estudio de las Especies Animales Asociadas a *F. histrix*

En lo que respecta a los principales visitadores tanto de flores como de plantas de *F. histrix* se colectaron en total 6 especies de insectos. Los visitadores de flores fueron cuatro especies de abejas (Cuadro 6). así como la presencia de hormigas y escarabajos visitadores de la planta (Cuadro 7).

Cuadro 6. Principales especies de abejas visitadoras de flores de *F. histrix*

No. especie	Especies de abejas
1	*Apis mellifera*
2	*Ashmeadiella* sp.
3	*Dialictus* sp.
4	*Perdita bicolor*

Cuadro 7. Principales especies de insectos visitadoras de la planta de *F. histrix*.

No. especie	Especies visitadoras
1	*Forelius* sp.
2	Coleóptero

Apis mellifera se observó como visitante de las flores de *F. histrix* sólo en la época inicial de floración con un promedio de visitas de dos flores por planta y un tiempo gastado de hasta 10 segundos en promedio por visita, quizá las visitas de *A. mellifera* se restringen durante este periodo (febrero), porque son sólo tres las especies vegetales que se encuentran en floración; sin embargo, durante marzo, inicia la floración de otras especies como *Dasylirion* sp., *Opuntia robusta* y *Senecio praecox;* en esta época, sólo se registraron

visitas ocasionales de *A. mellifera* a flores de *F. histrix*, por lo que se deduce que bajó su legitimidad como visitador de ésta especie. Tanto *Ashmeadiella* sp. como *Dialictus* sp. se mantuvieron en actividad durante toda la época de floración con visitas regulares a través de todo el tiempo de la antesis (desde la apertura hasta el cierre de la flor), donde se observó que estas especies se introducían a la región de la base de los estambres y permanecían allí 25 y 20 segundos en promedio respectivamente, lo que hace pensar que iban en busca de néctar. Por su parte, *Perdita bicolor* es una especie que de igual manera se mantuvo en actividad durante todo el periodo de floración. Esta especie visitó en promedio tres flores por planta, no se introducía a la base de los estambres como las anteriores, pero si realizaba su actividad en la región de las anteras, esta especie permanecía en su actividad hasta 50 segundos en promedio por flor, por tanto se considera que es el polinizador más importante de la especie, máxime cuando se trata de una especie oligoléctica en cactáceas (Fig. 11).

Se encontró también una relación mutualista fuerte entre las hormigas del género *Forelius* sp., con *F. histrix*. Esta hormiga prácticamente vive en la zona de crecimiento apical de la cactácea, de ésta logra obtener su alimento de los nectarios extraflorales y algunas veces de los frutos maduros que en ocasiones llegan a ser tan turgentes que revientan derramando una sustancia azucarada. Cabe mencionar que esta hormiga no desarrolla actividad dentro de la flor, por lo que se puede descartar como polinizadora. De igual manera, de los frutos sólo consume la sustancia azucarada y no presenta preferencia por las semillas por lo que su papel como dispersora o depredadora de semillas no se observó.

En cuanto a lo que se refiere a escarabajos no fue posible determinar a nivel de especie el material colectado por diversas razones fuera del alcance; así que, sólo fue posible conocer la familia a la que pertenecen.

Se observaron miembros de la familia Scarabidae, los cuales no realizan función alguna como polinizadores, ya que más bien su actividad consiste en consumir tanto el polen como los estambres y en ocasiones la corola. Debido a lo anterior estos escarabajos son considerados como especies depredadoras de polen principalmente.

Pruebas de Germinación de Semillas de *Ferocactus histrix*

Las semillas extraídas de las excretas de diferentes especies de mamíferos medianos y pequeños, colectadas en la zona de estudio, mostraron respuestas diferentes cuando se sometieron a pruebas de germinación (Fig. 12).

En el tratamiento testigo se observó que la germinación de las semillas en promedio comenzó el día 8 del experimento y la germinación total promedio fue del 98% en los días 12 y 13 (al final del experimento). La germinación de las semillas extraídas de las excretas de *Lepus* sp. presentaron respuestas diferentes con respecto al testigo. En éstas se observó que la germinación inicia el día 3 del experimento y la germinación total promedio fue de 99%, lo cual ocurrió el día 9 después de establecido el experimento.

Así mismo se observó que la respuesta de germinación de las semillas que fueron extraídas de las excretas de *Sylvilagus* sp. inició el día 4 del experimento, y alcanzó su mayor porcentaje promedio los días 12 y 13 con un 99% de germinación.

El tratamiento que mostró la respuesta más semejante a la del testigo fueron las semillas extraídas de las excretas de *Tamias* sp. (Guerrero y Cervantes en preparación), en este tratamiento la germinación comenzó el día 5 del experimento y alcanzó su mayor porcentaje promedio de germinación el día 11 del experimento con un 98%.

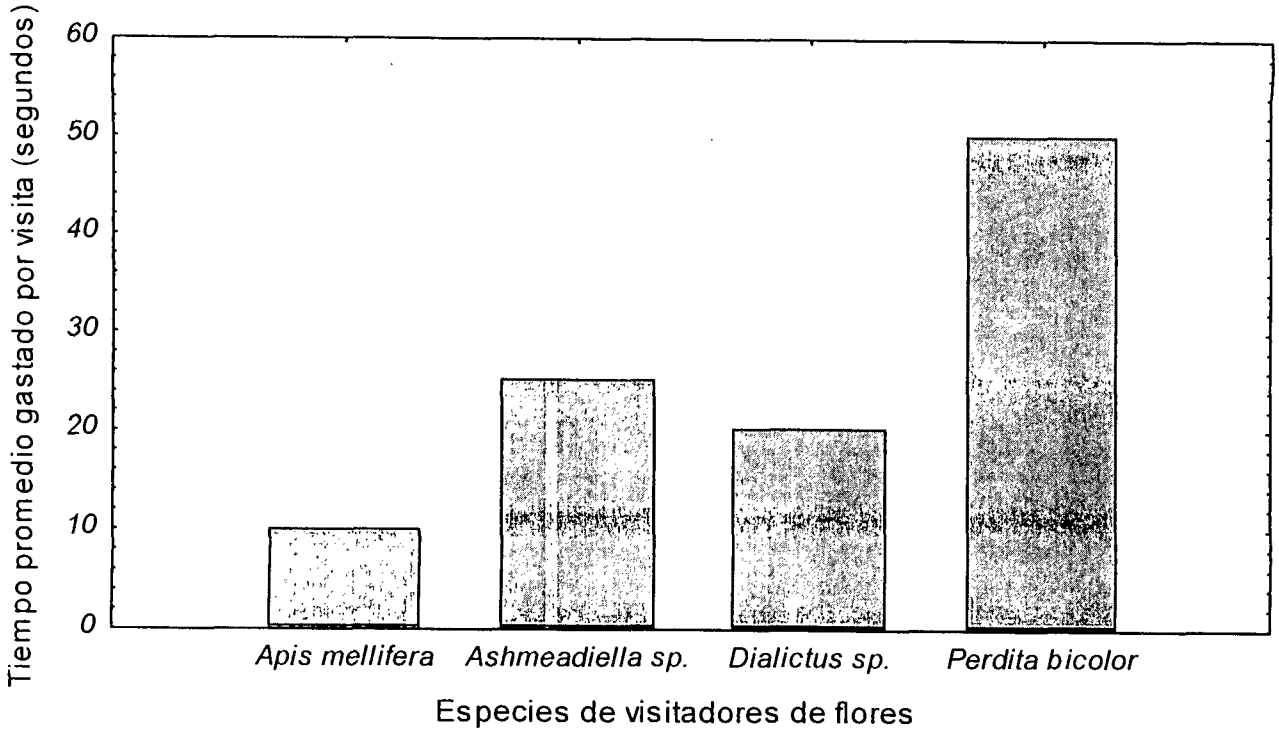

Fig. 11. Principales especies polinizadoras de *F. histrix* en Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

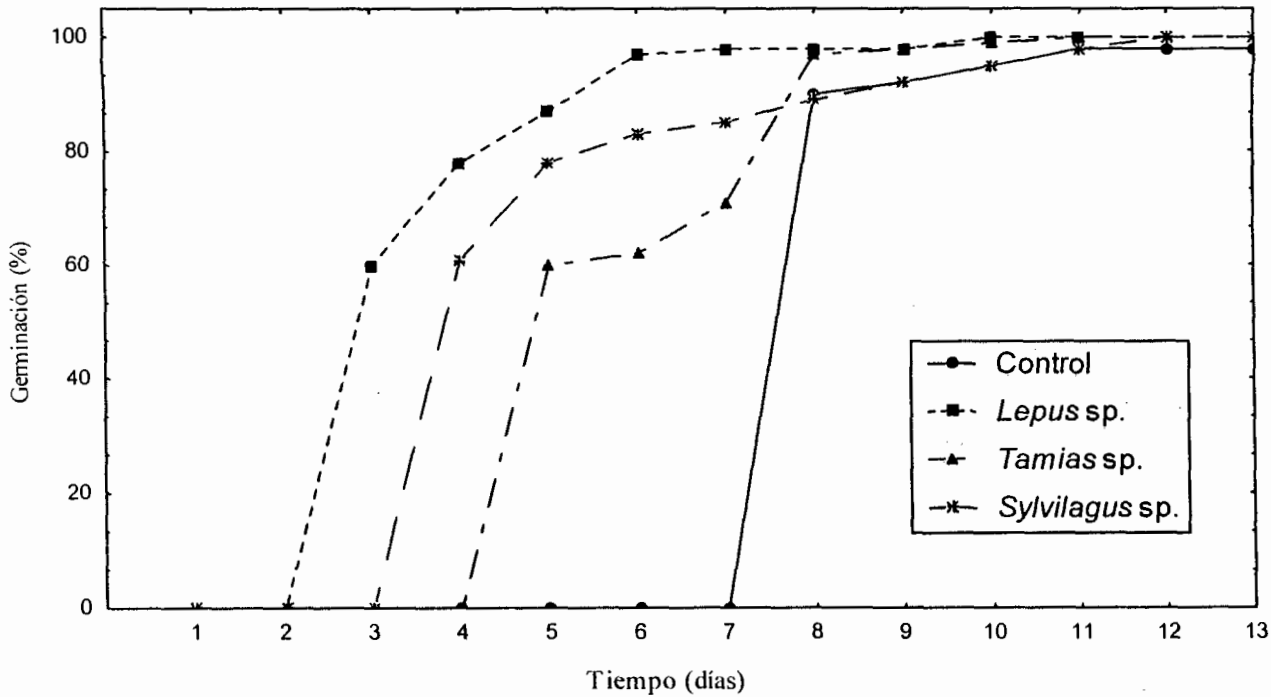

Fig. 12. Porcentajes de germinación de semillas de *Ferocactus histrix* bajo diferentes tratamientos.

DISCUSIÓN

Patrones Sobre Densidad Poblacional y Espaciamiento

Los valores de densidad de *Ferocactus histrix* que se obtuvieron durante el tiempo que se realizó el presente trabajo, varían reflejando ciertos requerimientos ecológicos de la especie: la densidad media que se obtuvo en la zona de estudio fue de 22 individuos por cuadrante; sin embargo, existen áreas en que la densidad fue de 65 individuos por cuadrante, en donde la abundancia de rocas es un rasgo característico, capa de suelo delgada y pendiente pronunciada; estos resultados confirman la noción de Del Castillo (1983), quien puntualiza que esta biznaga abunda en terrenos pedregosos y escarpados con pendientes mayores a 20°, sobre cantiles y escombros de talud. Así mismo, existen otras áreas donde la densidad disminuye hasta 2 individuos por cuadrante relacionado a la disminución de la pedregosidad, aumento en la profundidad de suelo y a la presencia de pendientes poco pronunciadas. El mismo autor señala que uno de los factores más importantes que provocan la disminución de las poblaciones de esta especie es la presencia de fauna caprina. En este estudio se observó que se coincide con este factor, sin embargo, aparte de éste, en la zona de estudio la extracción de individuos adultos de *F. histrix* con fines de comercialización representa otro factor importante a considerar en la disminución de estas poblaciones, ya que llegan a representar una cifra considerable los individuos que se ponen a la venta en las carreteras cada año (alrededor de 100).

La distribución espacial que presenta la población estudiada es del tipo amontonada o agregada, de acuerdo con Begon *et al.* (1995), este tipo de distribución espacial sucede cuando todos los organismos son atraídos a una parte particular del ambiente o que les es

más fácil la sobrevivencia o cuando la presencia de un individuo atrae o facilita la presencia de otros individuos; en la zona de estudio observamos que los organismos de esta especie se localizan con mayor frecuencia en lugares que presentan las condiciones específicas que favorecen su establecimiento y se reduce el riesgo a la depredación. por ejemplo entre grietas de rocas o bajo doseles de arbustos densos y cabe señalar que quizá debido a estas condiciones de difícil acceso y por lo abrupto del terreno, los individuos de *F. histrix* se encuentran un poco protegidos de su utilización en confitería y venta como planta comercial.

Acerca de las preferencias que tiene *F. histrix* para establecerse, entre o bajo rocas, pueden deberse, de acuerdo con Nobel *et al.* (1992), a que las rocas afectan la penetración de la lluvia en el suelo así como las temperaturas locales del suelo; al mismo tiempo que influyen en el sistema radical de diversas suculentas desérticas; por ejemplo, para *F. acanthodes* se encontró que el 37% de la longitud de las raices principales ocurrieron bajo las rocas y que las raices laterales tendieron a ser mayores o más largas bajo rocas. De acuerdo con los datos de estos autores, las rocas bloquean el ascenso de agua a la superficie del suelo donde puede ocurrir la evaporación. Incluso puede ocurrir condensación sobre la superficie inferior de las rocas, lo que conduce a un incremento en la proliferación de raices en dichas regiones con una disponibilidad de agua mayor.

Estructura de la Población por Distribución de Tamaños

La estructura de la población por distribución de tamaños, cuando se grafican los datos del diámetro de las plantas y su frecuencia de ocurrencia, refleja que la tendencia de la población es estable, ya que la mayoría de los individuos se encuentran en la clase de tamaño media (0.20-0.29), de acuerdo con Odum (1972), al respecto, Condit *et al.* (1998),

señalan que para los ecólogos. el uso de distribución de tamaños es un indicador de la salud de una población. Cuando se tiene un alto número de juveniles con respecto a los adultos, indican que la población es estable, o incluso creciendo, pero pocos juveniles pueden interpretarse como un signo de alarma de que la población esta en declive. En ausencia de estimaciones directas del tamaño de la población a través del tiempo, esta parece ser una conclusión razonable. Sin embargo, Huerta y Escobar (sometido a revisión), documentan a través de modelos matriciales, que de continuar la tasa actual de aprovechamiento de la especie puede ponerse en riesgo al disminuir el valor de la raíz latente (λ) hasta .80

De los datos de diámetro, de acuerdo con Del Castillo (1988), la producción de estructuras reproductoras esta directamente correlacionado con el número de costillas y éste aumenta con la edad y señala que los individuos no son capaces de florecer sino hasta después de que han rebasado un tamaño umbral. Lo anterior puede corresponder con las edades ecológicas propuestas por Bodenheimer (citado en Odum 1972), que para el caso de la especie estudiada en este trabajo solamente coinciden las dos primeras edades propuestas, ya que no se observó una edad post-reproductiva porque todos los individuos de la clase media en adelante presentaron floración.

Estudio de las especies vegetales asociadas a *F. histrix*.

Se documenta que *F. histrix* requiere de una nodriza como es el caso de muchas otras especies de cactáceas que prevalecen en ambientes desérticos, y de acuerdo con McAuliffe (1984), Franco y Nobel (1988) y Valiente-Banuet y Ezcurra (1991), quienes enfatizan que el efecto de la nodriza sobre la planta nodrizada puede deberse a distintos aspectos de modificación del microhábitat, por ejemplo: reducir el riesgo de depredación,

aumentar la temperatura del aire durante la noche, disminuir la temperatura de la superficie del suelo durante el día, reducir la desecación y asegurar el establecimiento. Por otro lado, García-Moya y McKell (1970), establecen que un efecto que puede ejercer la nodriza sobre la nodrizada es la alteración de la estructura y química del suelo, produciéndose así las llamadas islas de fertilidad que facilitan el establecimiento y desarrollo de otras especies bajo los doseles de la nodriza. Evidentemente, que este tipo de relaciones son positivas en sentido de que el efecto es benéfico para ambas, sin embargo, es posible que no exista asociación alguna y más aún, que la asociación sea de tipo negativo (Begon y Mortimer 1981), tal y como sucede entre *Stenocactus dichroacanthus* y *Asclepias linearis* (Huerta Martínez y Escobar Santos 1998), en los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas.

Los cálculos realizados para estimar la intensidad de la asociación entre *F. histrix* y los arbustos nativos acompañantes, nos reflejan que esta asociación es de tipo positivo y fuerte (0.78), sin embargo, se presenta también el fenómeno de reemplazo de especies, esto es, que la intensidad de la asociación entre *F. histrix* y su arbusto nodriza declina hasta ser no significativa conforme aumenta en las muestras el número de individuos de *F. histrix* de mayor tamaño (y presumiblemente edad), lo que indica una posible sustitución del arbusto por la cactácea (Huerta y Escobar en preparación). Este fenómeno ya fue documentado por Cody (1993), quien consigna que *Hilaria rigida* es reemplazada por diversas especies del subgénero *Cylindropuntia*, sin embargo, es importante señalar que el diseño de los muestreos no fue dirigido específicamente para dilucidar este tipo de relaciones.

Estudio de las Especies Animales Asociadas

Las especies de abejas colectadas parecen tener una correspondencia morfológica con las flores de *F. histrix* que visitan, lo cual es conocido como "síndrome de polinización" (Takakazu 1986), aunque la frecuencia de visitas y por tanto el comportamiento de estos polinizadores no sea el mismo (Del Castillo, 1994). Faergy y van der Pijl, (citados en Takakazu 1986), sugieren que las características de las flores tales como aspecto, color, olor y atrayentes tienen una relación estrecha con las sensaciones visuales y olfativas, así como con el tamaño del cuerpo.

Apis mellifera y *Perdita bicolor* presentan una talla similar pero su tamaño es mayor comparadas con *Dialictus* sp y *Ashmeadiella* sp. El primer par de abejas tuvieron un comportamiento prácticamente similar: se posaban en las anteras o en los estigmas pero al momento de cambiarse de una estructura a otra se apoyan con las patas y esto hace que se sacudan los estambres liberando los granos de polen, además presentan una mayor proporción de pelos, lo cual hace que el polen se adhiera a su cuerpo; mientras realizan el libado, las abejas rozan los estigmas, por este tipo de actividades suelen considerarse como polinizadores legítimos (Fleming y Sosa 1994). Aunque cabe señalar que *Apis mellifera* se observó como visitante sólo durante la época inicial de floración ya que al comienzo de ésta sólo son tres las especies que se encuentran en este estado fenológico, sin embargo, durante marzo, inicia la floración de otras especies como *Dasylirion* sp, *Opuntia robusta* y *Senecio praecox* y es en esta época cuando las visitas de *Apis mellifera* a *F. histrix* sólo fueron ocasionales, por lo que baja su rendimiento como visitador de ésta especie y por tanto su potencial como polinizador, ya que se trata de acuerdo con Torre-Bueno (1970), de una especie poliléctica. Mientras que *Dialictus* sp. y *Ashmeadiella* sp. realizan su actividad en la base de los estambres la mayoría de las veces se "sumergían" sin rozar los estigmas, lo

cual comparado con las primeras especies son consideradas poco eficientes (de acuerdo con Fleming y Sosa 1994). quizás aquí el tamaño de la abeja que es menor sea el inconveniente para un mayor contacto con los estigmas.

En cuanto a la relación encontrada entre la hormiga del género *Forelius* y *F. histrix* se registró un comportamiento muy peculiar. Al momento que llega otro animal, coleópteros de tamaño pequeño, a la parte apical de la planta las hormigas forman grupos y "atacan" a éstos organismos, impidiendo así la posible depredación de polen, néctar o incluso a la misma planta. Esta hormiga se observó a lo largo de todo el año y en la época de fructificación sólo consumen la sustancia azucarada de éstos, quizás al hacer esto algunas semillas sean removidas pero en general no realizan ningún consumo de semillas. De acuerdo con el comportamiento observado en campo, el trabajo coincide con el realizado por Del Castillo (1988), quien hace referencia a la teoría proteccionista del mutualismo hormiga-planta de Bentley; donde según esta teoría las hormigas protegen a la planta contra el ataque de fitófagos. De igual forma observa que los hábitos alimenticios de estas hormigas son entomófagas a parte de consumir también sustancias azucaradas, lo que coincide con lo observado, ya que al momento que llega otro insecto a la planta, estas hormigas forman grupos y atacan a estos organismos particularmente escarabajos.

Quizá la protección que le brinden a la planta se deba a la fuente de alimento que la planta le proporciona y por tanto mantengan cierta territorialidad al momento que otros organismos llegan a ésta, teniendo un comportamiento agresivo hacia los organismos.

De la misma forma se coincide con este mismo autor, en que no se observa consumo de semillas o transporte de éstas, solamente consumo de néctar y sustancias azucaradas del fruto, así como del funículo y de la capa mucilaginosa que envuelve a la semilla

Pruebas de Germinación

Quizá debido al gran número de semillas por fruto y a su tamaño, es que se encontraban inmersas una gran cantidad de semillas en las excretas de los mamíferos analizados, sin embargo no se evaluó el tamaño del mamífero en relación con el tratamiento que este le da a las semillas al momento de pasar por el tracto digestivo. Considerando que la mayoría de las semillas que pasaron por el tracto digestivo de los mamíferos silvestres (*Lepus* sp., *Sylvilagus* sp. y *Tamias* sp.), no sufrieron alteración, esto es, se encontraron en condiciones viables para germinar; incluso este evento se aceleró, se consideran dispersores legítimos de acuerdo con Fleming y Sosa (1994).

Por otra parte, las semillas que se observaron en las excretas de mamíferos domésticos (borregos y cabras), si sufrieron alteración estructural, ya que la gran mayoría de éstas se encontraron fragmentadas. Aunque esta evidencia no sea del todo clara y precisa, quizá sirva para la determinación de especies de mamíferos dispersores y/o depredadores de *F. histrix* en estudios posteriores.

Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio sobre las pruebas de germinación, sugieren que todos los mamíferos silvestres considerados, pueden considerarse dispersores legítimos de acuerdo con Fleming y Sosa (1994), y Bustamente *et al.* (1992), en los cuales los dispersores son evaluados según la actividad que realicen con las semillas. Los autores mencionados establecen como **dispersores legítimos** a aquellos que no alteran la estructura de las semillas al pasar por el tracto digestivo de estos; **dispersores eficientes** a aquellos que depositan las semillas en sitios seguros para la germinación, lo cual aumenta la probabilidad de sobrevivencia y germinación; y **dispersores efectivos** a aquellos agentes particulares que son responsables de la diseminación de la especie vegetal con lo que

aseguran el establecimiento de las plántulas y aumenta el número de individuos incorporados a la población.

Aunque el presente estudio no tuvo el fin de evaluar las categorías de dispersores antes descritas los resultados obtenidos reflejan una clara acción de los mamíferos considerados donde se pudo categorizar que pertenecen a la primera categoría, debido a que todas las semillas contenidas en las excretas resultaron ser viables e incluso para *F. histrix* podría ser benéfico ya que se disminuye el tiempo de repuesta a la germinación. Aunado a esto, otro hecho que debe tomarse en cuenta es la preferencia que muestra *F. histrix* para establecerse por lo general en zonas rocosas o bajo ciertos arbustos y coincidentemente la talla de los mamíferos al ser pequeña propicia aun más este establecimiento debido a que las madrigueras se localizan entre las rocas o entre los arbustos.

Lo anterior no significa que solamente bajo esas condiciones se encuentren excretas con un contenido alto de semillas de *F. histrix*, ya que también se colectaron excretas con altos contenidos de semillas en lugares desprovistos de rocas o arbustos; además se debe considerar la acción de los vientos que en esta zona alcanzan velocidades considerables y pueden transportar las excretas a otros sitios facilitándose por la forma esférica de éstas; además, otro factor a considerar es la acción tanto de la lluvia como de la radiación solar, que hidratan y desecan las excretas, respectivamente, ocasionando que estas se fragmenten y queden expuestas las semillas.

CONCLUSIONES

1.- La estructura poblacional de *F. histrix* en la región de Los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas, actualmente se encuentra estable.

2.- *Ferocactus histrix* presenta un patrón de distribución espacial agregado, relacionado a lugares donde el suelo tiene una profundidad mínima o es ausente, predominan las rocas y las pendientes son pronunciadas.

3.- La condición más frecuente en que se establece y desarrolla *F. histrix* es asociado a rocas, bajo éstas o en grietas de éstas, fungiendo, quizá, como nodrizas.

4.- Las especies vegetales que más se asocian a *F. histrix* son: *Jatropha dioica*, *Opuntia xoconostle* y *Trixis angustifolia*, ya que quizá, se desempeñan como plantas nodrizas.

5.- Son cuatro las especies de visitadores de flores de *F. histrix*: *Apis mellifera*, *Ashmeadiella* sp., *Dialictus* sp. y *Perdita bicolor*, de éstas, la ultima se considera como el polinizador más importante de la especie por ser oligoléctica en cactáceas.

6.- Los dispersores más importantes de semillas de *F. histrix* son: *Lepus* sp., *Sylvilagus* sp. y *Tamias* sp., los cuales se consideran dispersores legítimos, ya que las semillas contenidas en sus excretas son viables y requieren menos tiempo para la germinación.

LITERATURA CITADA

Aarssen, L. W. and G.A. Epp. 1990. Neighbor manipulations in natural vegetation: A review. Journal of Vegetation Sciences. 1: 13-30

Ackerman, T.L. 1979. Germination and survival of perennial plant species in the Mojave Desert. Southwest Naturalist. 24: 399-408.

Barbour, M.G. 1981. Plant-plant interactions in: D.W. Goodwall and R.A. Perry (eds.) Arid-Land Ecosystems Vol 2. Cambridge University Press. Cambridge. 562 pp.

Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1995. Ecología. Individuos, Poblaciones y Comunidades. Omega. Barcelona, España. 885 pp

Begon, M. and M. Mortimer. 1981. Population Ecology. A Unified Study of Animals and Plants. Blackwell Scientific Publications. U.S.A. 200 pp.

Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1991. Las cactáceas de México. Vol. II, Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Brown, J.H., G.A. Lieberman and W.F. Dengler. 1972. Woodrats and cholla: dependence of a small mammal population on the density of cacti. Ecology 53(2): 310-313.

Bustamente, R.O., J.A. Simonetti and J.E. Mella. 1992. Are foxes legitimate and efficient seed dispersers? A field test. Acta Oecologica 13(2): 203-208.

Callaway, R.M. 1995. Positive interactions among plants. The Botanical Review 61(4): 306-349

Charley, J.L. and N.E. West 1975. Plant-induced soil chemical patterns in some shrub-dominated semi-desert ecosystems of Utah. Journal of Ecology 63: 945-964.

Chew, R.M. and W.G. Whitford. 1992. A long-term positive effect of kangaroo rats (*Dypodomis spectabilis*) on creosotebushes (*Larrea tridentata*). Journal of Arid Environments 22: 375-386.

Cody, M.L. 1993. Do cholla cacti (*Opuntia* spp., subgenus *Cylindropuntia*) use or need nurse plants in the Mojave Desert? Journal of Arid Environments 24: 139-154.

Compton, R. H. 1929. The vegetation of the Karoo. Journal of Botany of South Africa 15: 13-21

Condit, R., R. Sukumar, S.P. Hubbell and R.B. Foster. 1998. Predicting population trends from size distributions: A direct test in a tropical tree community. The American Naturalist. 152 (4): 495-509.

Connell, J.H. 1983. On the prevalence and relative importance of interspecific competition: Evidence from field experiments. American Naturalist 122: 661-696

Cronquist, A. The Evolution and Classification of Flowering Plants. 2nd ed. New York Botanical Garden, Bronx. N.Y.

Cruz-Rodriguez, J.A. 1996. Evaluación de las Condiciones Microclimáticas. Edáficas y de Vegetación Bajo el Dosel de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bompl. Ex Wild) M.C. Johnst. en un Agostadero Semiárido del Norte de Guanajuato. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Edo. de México. 100 pp.

Cuanalo, de la C.H. 1990. Manual para la Descripción de Perfiles de Suelo en Campo. 3ra edn. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 40 pp.

DeAngelis, D.L., W.M. Post and C.C. Travis. 1986.Positive feedback in natural system. Springer-Verlag, New York. 250 pp.

Del Castillo, R.F. 1983. *Ferocactus histrix* : distribución geográfica y hábitat. Cactáceas y Suculentas. Mexicanas. 28: 3-12

---------- 1988. Notas sobre los nectarios extraflorales en cactáceas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 33(4): 99-100.

---------- 1988b. Fenología y remoción de semillas en *Ferocactus histrix*. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 33(1): 5-14.

---------- 1994. Polinización y otros aspectos de la biología floral de *Ferocactus histrix*. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 34(2): 36-48.

Del Castillo, R.F. y S. Trujillo A. 1997. Sobre la naturaleza calcífuga y calcícola en cactáceas II: Comparaciones de germinación y establecimiento en *Echinocactus platyacanthus* y *Ferocactus histrix*. Cactáceas y Suculentas Mexicanas.42(3): 51-59.

Diario Oficial de la Federación. 1994. Especies amenazadas, en peligro de extinción, raras y de protección especial de Mexico. México D.F.

Faria, M.V. and O.R. Carvalho. 1996. Pollination biology of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) in southeastern Brazil. Biotropica 28(1): 61-68.

Fleming, T.H. and V.J. Sosa. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive sucess of plants. Journal of Mammalogy. 75(4): 845-851

Flores-Martínez, A., E. Excurra and S. Sánchez.Colón. 1994. Effect of *Neobuxbamia tetetzo* on growth and fecundity of its nurse plant *Mimosa luisana*. Journal of Ecology 82: 325-330.

Fowler, N.F. 1986. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions. Annual Review of Ecology and Systematics 17: 89-110

Franco, A.C. and P.S. Nobel. 1988. Interaction between seedlings of *Agave desertii* and the nurse plant *Hilaria rigida*. Ecology 69: 1731-1740.

García, A.E. 1978. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), México D.F. 217 pp

García-Moya, E. and C.M. McKell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. Ecology 51: 81-88.

García-Ruíz, I. y J. Nava-Velázquez. 1996. *Ferocactus histrix* (DC) Lindsay. un nuevo registro para Michoacán. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 41(4): 93-95

Gilbert, L.E. 1979. Development of theory in the analysis of insect plant interactions. In: Horn, D.J., G.R. Stairs and R.D. Mitchells (eds). Analysis of Ecological Systems. Ohio State University Press. Columbus. Ohio. 117-154 p.

Goldberg, D.E. and A.M. Barton. 1992. Patterns and consequences of interspecific competition in natural communities: A review of field experiments with plants. American Naturalist 139: 771-801.

Granados-Sánchez, D. 1991. Ecología y Dispersión de las Plantas. Serie de Apoyo Académico No. 45. Universidad Autónoma Chapingo. 114 pp.

Guerrero, V.S. y F.A. Cervantes. (en preparación). Lista de los mamíferos terrestres de Jalisco.

Harmon, M.E., J.F. Franklin, F.J. Sawsons. P. Sollins, S.V. Gregory, J.D. Lattin, N.H. Andersons, S.P. Cline, N.G. Aumen, J.R. Sedell, G.W. Lienkaemper, K. Cromack Jr. And K.W. Cummins. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advances in Ecological Research 15: 133-302.

Harper, J.L., J.T. Williams y G.R. Sagar. 1965. The behaviour of seeds in soil. I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seed. Journal of Ecology 53: 273-286.

Herrera, C.M. 1987. Vertevrate-dispersed plants of the Iberian Peninsula: a study of fruit characteristics. Ecological Monographs. 57: 305-331.

Howe F.H. and J. Smallwood 1982. Ecology of seed dispersal. Annual Review of Ecology and Systematics 13: 210-228.

Howes, B.L., R.W. Howarth, J.M. Teal and I. Valiela. 1981. Oxidation-reduction potentials in a salt marsh: Spatial patterns and interactions with primary production. Limnology & Oceanography. 26: 350-360.

Huerta-Martínez, F.M. 1995. Aspectos ecológicos del "Pitayo" y "Cardon" en la cuenca de Sayula, Jalisco, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 77 pp.

Huerta-Martínez, F.M. 1995b. Algunos aspectos sobre la polinización de *Opuntia streptacantha* (Lemaire). Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 40(3): 68-69.

Huerta-Martínez, F.M. y V.E. Escobar-Santos. 1998. Notas sobra la ecología de *Stenocatus dichroacanthus* (Martius ex Pfeiffer)Berger et Knuth var. *violaciflorus* (Quehl)Bravo en los Llanos de Ojuelos, Jalisco-Zacatecas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 43(2): 40-43.

Hunter, A.F. and L.W. Aarssen. 1988. Plants helping plants. BioScience 38: 34-40

Hutto, R.L. , J.R. McAuliffe and L.Hogan 1986. Distributional associates of the saguaro (*Carnegiea gigantea*). Southwest Naturalist 31: 469-476.

Jaksic, F.M. and E.R. Fuentes 1980. Why are native herbs in the Chilean matorral more abundant beneath bushes: Microclimate or grazing? Journal of Ecology 68: 665.669.

Janzen, D.H. 1984. Food webs: who eats what, why, how, and with what effects in a tropical forest? In: Golley, F.B. Tropical Rain Forest Ecosystems. A. Structure and Function. 350 pp.

Kerley, G.I.H. 1991. Seed removal by rodents, birds and ants in the semi-arid Karoo, South Africa. Journal of Arid Environments. 20: 63-69.

Krebs, Ch. J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la Abundancia. Segunda Edición. Harla. México, D.F. 753 p.

Mc Auliffe, J.R. 1984. Sahuaro-nurse tree associations in the Sonoran Desert: Competitive effects of sahuaros. Oecologia 64: 319-321.

Mc Auliffe, J.R. 1986. Herbivore limited establishment of a Sonoran Desert tree:*Cercidium microphyllum*. Ecology 67: 276-280.

Mc Auliffe, J.R. 1988. Markovian dynamics of simple and complex desert plant communities. American Naturalist 131: 459-490.

Nobel, P.S. 1984. Extreme temperatures and thermal tolerances for seedlings of desert succulents. Oecologia 62: 310-317.

Nobel, P.S.; P.M. Miller and E.A. Graham. 1992. Influence of rocks on soil temperature, soil water potential, and rooting patterns for desert succulents. Oecologia 92: 90-96.

Odum, E. 1972. Ecología. 3a ed. Interamericana, México D.F. 639 pp.

Pielou, E.C. 1977. Mathematical Ecology. John Wiley and Sons. 385 pp
Phillips, F.J. 1909. A study of pinyon pine. Botanical Gazzette. 48: 216-223.

Richards, J.H. and M.M. Caldwell. 1987. Hydraulic lift: substantial nocturnal water transport between soil layers by Artemisia tridentata roots. Oecologia 73: 486-489.

Riha,J. y R. Subik. 1991. Pequeña enciclopedia de cactus. Susaeta, Madrid, España. 322 pp.

Root, R.B. 1972. The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). Oecologia 10: 321-346.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 375 pp.

Sánchez-Mejorada, H. 1982. Algunos usos prehispánicos de las cactáceas entre los indígenas de México. Dirección de Recursos Naturales, Gobierno del estado de México, Toluca, México. 75 pp.

Schoener, T.W. 1983. Field experiments on interspecific competition. American Naturalist 122: 240-285.

Scott, A.C. and T.N. Taylor. 1983. Plant/Animal interaction during the Upper Carboniferous. The Botanical Review 49(3): 259-307.

SPP, 1981. Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco. México, D.F. 306 pp.

Takakazu, Y. 1986. Ecological pollination syndromes of insects-pollinated plants in an alpine meadow. Ecological Research 1: 83-95.

Torre-Bueno, J.R. 1989. The Torre-Bueno Glosary of Entomology. The New York Entomological Society. New York 840 pp.

Valiente-Banuet, A. 1991. Dinámica del Establecimiento de Cactáceas:Patrones Generales y Consecuencias de los Procesos de Facilitación por Plantas Nodriza en Desiertos. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 175 pp.

Valiente-Banuet, A., A. Bolongaro-Crevena, O. Briones, E. Ezcurra, M. Rosas, H.Nuñez, G. Bernard and E. Vázquez. 1991. Spatial relationship between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in Central México. Journal of Vegetation Science.2: 15-20.

Valiente-Banuet, A. and E. Ezcurra 1991. Shade as a cause of association between the cactus *Neobuxbamia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana*. Ecology 79: 961-971.

Vargas, M. de la C.M. 1982. Sobrevivencia de Semillas y Plántulas de *Opuntia streptacantha* en Nopaleras del Altiplano. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 126 pp.

Virginia, R.A. 1986. Soil development under legume tree canopies. For. Ecol. Manage. 16: 69-79.