

41  
2e3



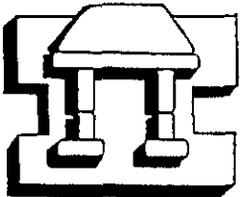
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

ESTUDIO ECOLOGICO DE *Lophophora williamsii*  
(Lem.) COULTER EN UNA COMUNIDAD VEGETAL  
PERTURBADA DEL DESIERTO DE  
SAN LUIS POTOSI"

TESIS DE LICENCIATURA  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A :  
HECTOR ISLAS HUITRON

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. SALVADOR RODRIGUEZ ZARAGOZA



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA,

MARZO DE 1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
***Campus IZTACALA***

**TESIS DE LICENCIATURA PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO**

**PRESENTA: HÉCTOR ISLAS HUITRÓN**

**TÍTULO: "Estudio Ecológico de *Lophophora williamsii* (Lem.) Coulter en una Comunidad Vegetal Perturbada del Desierto de San Luis Potosí".**

**DIRECTOR DE TESIS: M. en C. SALVADOR RODRÍGUEZ ZARAGOZA**

**LOS REYES IZTACALA, marzo de 1999.**

## AGRADECIMIENTOS

A la SEMARNAP estatal (de S.L.P.) por el apoyo que nos brindaron para la realización de este trabajo, entre otras cosas, por el préstamo del vehículo para trasladarnos y hacer los recorridos en las localidades de la zona de estudio, así como a las personas de Catorce por su colaboración como informantes (a el señor Jesus Martínez y a Pancho entre otros).

A las personas que amablemente nos atendieron en la SEMARNAP Distrito Federal y al Jardín Botánico de la ENEP Iztacala y por las facilidades que se nos brindaron para la autorización de colecta e investigación.

A el M. en C. Salvador Rodríguez Zaragoza por su infinita paciencia, por su asesoría y en general por el apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

A el M. en C. Guillermo Ávila y al prof. José Luis Muñoz del lab de Fitoquímica por el apoyo durante el trabajo de campo y a los profs. Daniel Muñoz y Francisco López del lab. de Edafología por su asesoría en la fotointerpretación (U.B I P R O , ENEP- Iztacala)

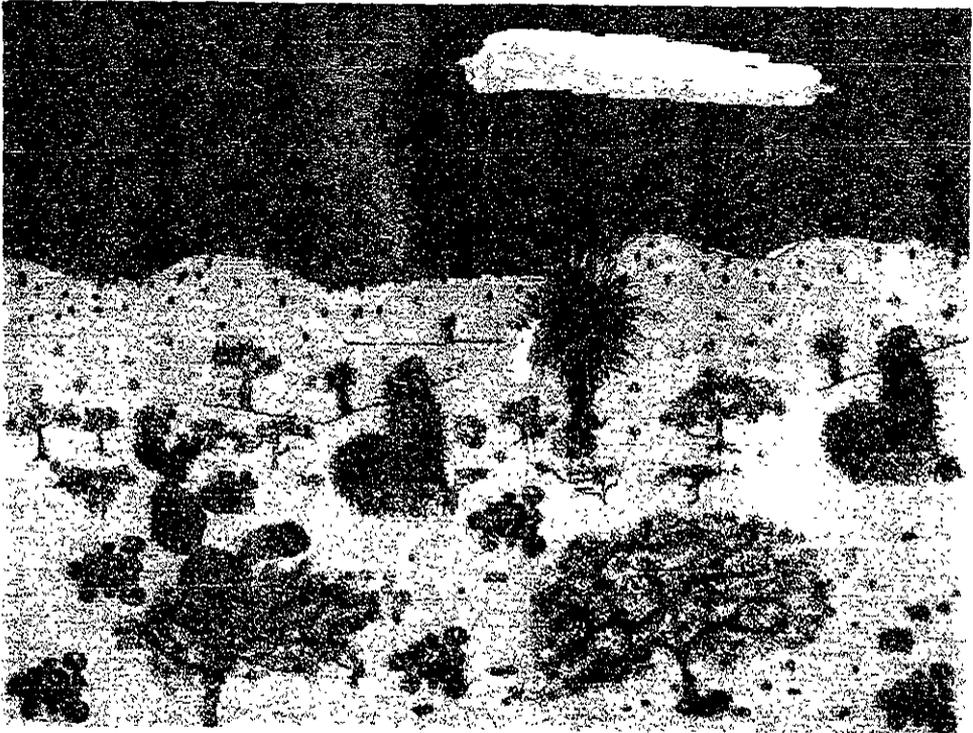
A los amigos y compañeros de la ENEP- Izt , que me apoyaron directamente en el trabajo de campo: Arturo, Alejandro, Irma (la "Gucra"), Vale y a todos los cuates que de una u otra forma me ayudaron en esta tesis

A Blanca por su amor y por el apoyo incansable y desinteresado durante el extenuante trabajo de campo y en general en la realización de la tesis, además por su paciencia en dicho apoyo

A Joel y Juanita, por todo el amor y apoyo en todo momento como mis padres y amigos, así como a mis hermanos Joel, Raúl, Lupita, Miguel y Araceli por sus sabios consejos

..y aqui en Wirikuta todo tan verde, tan verde.. .

(parte de un poema huicho!, tomado de Furst. 1976)



Dedicada a mi amor Blanquita y a mis padres

## ÍNDICE

RESUMEN .....	6
I. INTRODUCCIÓN .....	8
II. ANTECEDENTES .....	13
2.1 Información actual de <i>Lophophora williamsii</i> .....	13
2.2 Distribución .....	13
2.3 Descripción del peyote.....	14
2.3.1 Morfología .....	14
2.3.2 Frutos y semillas.....	17
2.3.3 Descripción del hábitat del peyote.....	17
2.3.3.1 Vegetación asociada a <i>L. williamsii</i> .....	19
2.3.3.2 Tipos de suelos.....	21
2.3.3.3 Clima .....	21
2.3.4 Adaptaciones morfológicas.....	23
2.3.5 Reproducción .....	24
2.4 Nodricismo .....	25
2.5 Estudios de Germinación en Cactáceas.....	26
III. OBJETIVOS.....	28
IV. MATERIAL Y MÉTODO.....	29
4.1 Ubicación y descripción de la zona de estudio .....	29
4.1.1 Clima .....	29
4.1.2 Hidrología .....	33
4.1.3 Geología .....	33
4.1.4 Suelo.....	34
4.1.5 Capacidad de uso del suelo .....	35
4.1.6 Vegetación .....	35
4.1.7 Población humana y actividades económicas .....	35
4.2 Fotointerpretación.....	37

4.3 Trabajo de campo.....	38
4.3.1 Asociación de <i>L. williamsii</i> con el estrato arbustivo.....	39
4.4 Germinación y viabilidad .....	42
4.5 Banco de semillas.....	43
4.6 Tratamiento de los datos.....	44
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
5.1 Distribución de <i>Lophophora williamsii</i> dentro de la zona de estudio.....	45
5.1.1 Fotointerpretación.....	45
5.1.2 Sitios de muestreo.....	53
5.2 Información de los cuadrantes.....	54
5.2.1 Sitio I.....	54
5.2.2 Sitio II.....	61
5.2.3 Sitio III.....	67
5.2.4 Sitio IV.....	68
5.3 Asociación de <i>L. williamsii</i> con el estrato arbustivo.....	75
5.3.1 Cantidad de <i>L. williamsii</i> bajo el dosel arbustivo.....	75
5.3.2 Orientación azimutal del peyote bajo el dosel arbustivo .....	77
5.3.3 Distribución relativa de la biomasa del peyote bajo el dosel arbustivo..	79
5.3.4 Tamaño del dosel arbustivo en relación a la biomasa de <i>L. williamsii</i> ..	82
5.4 Recolecta de semillas... ..	85
5.5 Germinación y viabilidad.....	86
5.6 Banco de semillas.....	88
<b>VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>90</b>
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>99</b>

## RESUMEN

Las poblaciones de *Lophophora williamsii* del Desierto de Real de Catorce, en el estado de San Luis Potosí, actualmente se encuentran en riesgo de desaparecer. En este lugar, año con año y tradicionalmente, se han dado cita los huicholes provenientes de la sierra de Nayarit y de Jalisco en una peregrinación ritual, para coleccionar el cacto "sagrado" y completar una compleja serie de ceremonias religiosas en torno a esta planta. A partir del auge en el uso de los psicotrópicos en los años 60's, la población de peyote empezó a verse diezmada por una intensa explotación, aún cuando es una especie con un estatus oficial de protección especial. Legalmente está permitida su colecta y uso sólo para algunos grupos indígenas, como los huicholes, por lo que está prohibido su venta y/o posesión. Por otro lado, la actividad agrícola ha perturbado el hábitat de esta especie, por el retiro de la vegetación y la perturbación del suelo.

En el presente trabajo se estudió la distribución actual de la especie *L. williamsii* en una zona perturbada del Desierto de Real de Catorce y se comparó con la información previa. Se midió la densidad y la relación espacial del peyote con respecto al estrato arbustivo por medio de cuadrantes en cuatro sitios de muestreo, los cuales presentaron diferentes tipos de alteración por la actividad agrícola, el pastoreo de ganado y el saqueo. Se analizó la información de los cuadrantes para determinar la importancia del dosel arbustivo sobre la distribución local del peyote. Se recolectaron semillas de peyote para tener una visión cualitativa de la producción de estas en cada localidad. Se evaluó la capacidad de germinación de semillas de distintas edades. También se tomaron muestras de suelo para medir la cantidad relativa de semillas dentro de los cuadrantes. Se midió el aumento de las áreas perturbadas en los últimos 25 años a partir de la interpretación de cartas geográficas (con información elaborada a partir de fotografías aéreas tomadas en 1969), de fotografías aéreas (de 1969, 1983 y 1994) y de imágenes de satélite (de 1993).

En una estimación aproximada encontramos que la población actual de peyote se ha visto reducida a un 30% de la distribución calculada antes de la década de los 60's. Encontramos solo unos cuantos manchones de vegetación con bajas densidades de peyote de tallas pequeñas y muy

alejados unos de otros. Los individuos de *L. williamsii* muestran una tendencia a asociarse con *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua*, distribuyéndose preferentemente debajo del dosel arbustivo de éstas. Sin embargo, parece haber un facilitamiento en la germinación y el establecimiento en los espacios abiertos gracias a la pedregosidad de la superficie del suelo. En una zona de menor actividad humana se encontraron individuos de tallas mayores, en agrupaciones de mayor cantidad de individuos, una mayor densidad y con una mayor distribución en espacios abiertos, lo cual parece indicar el impacto de las zonas más perturbadas. Se obtuvieron germinados de semillas de más de 8 años de edad y en las de 0.3 y 1 años un bajo porcentaje de germinación además de que parecían ser muy poco viables las semillas de menor edad. Lo anterior sugiere la existencia de una estrategia de repoblación a mediano y largo plazos gracias a un posible estado de latencia a partir del banco de semillas. La fotointerpretación mostró un rápido crecimiento de las zonas utilizadas para la agricultura, principalmente de temporal, en los últimos 25 años, lo cual podría representar una mayor presión sobre las poblaciones del cacto. Se concluye que la actividad agrícola ha influido considerablemente en la reducción de la distribución del peyote en esta zona, a pesar de la alta capacidad de regeneración de la vegetación y la posibilidad de que la remoción del suelo estimule el banco de semillas de peyote. Pensamos que la situación actual en esta población se debe a una combinación de la actividad agrícola, con la explotación del recurso y la influencia del pisoteo, aunque es posible que el aislamiento de los fragmentos de la población también tenga un efecto negativo sobre la diversidad genética de la población. El presente estudio muestra el estado actual de la distribución de las poblaciones locales de peyote bajo condiciones de alteración de la vegetación arbustiva y del suelo y la presencia de una asociación positiva con el estrato arbustivo. Es importante evaluar a fondo si el impacto de la perturbación del hábitat de esta especie llevará a una erosión genética por fragmentación de la población y finalmente acabe con este recurso. Se propone también el estudio de la dinámica del establecimiento y el papel que juega el banco de semillas, para poder determinar su capacidad de recuperación y repoblación en este hábitat y en otros donde también esta en riesgo de perderse

## I. INTRODUCCIÓN

El Desierto de Real de Catorce, en el estado de San Luis Potosí, es una más de las zonas semiáridas de México que tienen una comunidad vegetal con diferentes grados de perturbación, debido, en parte, a la actividad agrícola de temporal. Dicha práctica, la cual es muy común en estas zonas, generalmente acaba destruyendo una gran cantidad de especies vegetales y parte de su hábitat, modificando las propiedades del suelo y produciendo un paisaje fragmentado a consecuencia de tal perturbación, aunado esto al prolongado tiempo de uso del suelo en condiciones extremas propias de estos ecosistemas (Odum *et al.*, 1979).

El pastoreo de ganado es otra importante actividad, típica también de las zonas semiáridas de México, que tiene un importante efecto sobre la distribución de algunas especies vegetales, ya que, por ejemplo, el constante pisoteo compacta la tierra, disminuye la capacidad de germinación de las semillas y acaba con muchas plántulas, además de contribuir con la erosión del suelo (Cloudsley-Thompson, 1977).

Otra forma de perturbación importante es el saqueo desmedido de recursos vegetales, por varias razones, en particular las cactáceas en estas zonas son plantas sobreexplotadas. El comercio ilegal ha llevado a muchas especies de esta familia a su extinción aunque en la práctica se considera que todas las especies están amenazadas si su comercio no es regulado (Convención sobre Comercio Internacional de Especies en Peligro de Extinción, 1990, citado en: Godínez, 1991)

De esta forma, la familia de las cactáceas son el grupo de plantas más amenazadas sobre todo por el desarrollo de las actividades agropecuarias y la extracción de especies de su hábitat (Hernández y Godínez, 1994) México es uno de los países con mayor cantidad de especies amenazadas de esta familia. En particular el estado de San Luis Potosí ocupa el segundo lugar, después de Coahuila, en esta condición, y estos dos estados se encuentran dentro del Desierto Chihuahuense, sobre todo la parte suroeste, el cual tiene 82 de las 197 especies en total en el país. La mayoría de las especies de cactáceas presenta una combinación de características biológicas y

ecológicas inherentes que las hace más vulnerables a los efectos de factores de perturbación, como son las bajas tasa de crecimiento de muchas de ellas, así como sus reducidos niveles de reclutamiento, lo cual por lo común determina que las poblaciones se reestablezcan demográficamente de manera extremadamente lenta después de un episodio de perturbación (Hernández y Godínez, 1994).

En estas condiciones se encuentran algunas poblaciones de peyote, *Lophophora williamsii*, en este desierto potosino, pero, más que el saqueo desmedido de este cacto, no se sabe realmente en qué medida la actividad agrícola ha contribuido en su reducción hasta dejarlas en forma de fragmentos o manchones, que generalmente están aislados unos de otros, con pocos individuos y en lugares donde originalmente abundaba. Existe gran evidencia de que en distintas áreas de Texas y del norte de México donde crece el peyote en forma multicéfala, el hombre ha reducido considerablemente el número de individuos de este cactus o ha alterado la forma de vida de las plantas por la constante cosecha de las cabezuelas (Anderson, 1969). La principal causa de su explotación, además de ser muy apreciada como planta ornamental, es la de ser un potente psicotrópico, debido a los alcaloides que contiene, tal como la mescalina, que produce alucinaciones y un estado alterado de la conciencia. El cacto también se consume para reducir la fatiga y mitigar la sed y el hambre (Lumbreras, 1976) *L. williamsii* también es colectado por sus propiedades medicinales y se usa para curar diversos padecimientos. Sin embargo, en el Desierto de Real de Catorce algunos lugareños conocen dichas propiedades, pero aprovechan pocas de éstas (Sr. Jesús Martínez, com pers.)

Aunque existen muchas otras poblaciones de esta especie bien preservadas dentro del desierto Chihuahuense, los huicholes la obtienen únicamente en el desierto de Real de Catorce desde hace siglos, debido a la importancia ritual y mística que representa para ellos el lugar, al cual llegan en peregrinación desde muy lejos para encontrar esta planta "sagrada". Este grupo étnico la utiliza tanto por sus propiedades psicotrópicas como por las medicinales. A pesar de que el peyote es una especie que se ha utilizado por lo menos desde hace unos dos mil años en Norteamérica (Anderson, 1996), la explotación de la población local en el Desierto de Real de Catorce se ha aumentado

considerablemente desde hace unos 30 años a la fecha. Al parecer esto es debido a que esta planta y la peregrinación que hacen los huicholes a este lugar, fueron dados a conocer cuando el consumo de psicotrópicos estaba en auge en los 60's y parte de los 70's (como en los trabajos de Benítez, 1968; Furst, 1972b, 1976; Myerhoff, 1974), tal y como ocurrió cuando se dieron a conocer al mundo los hongos alucinógenos y el uso particular que hacía de ellos la shamana María Sabina en la Sierra Mazateca (Furst, 1976), además de que ya se conocían los efectos de la mescalina (Huxley, 1959). También seguramente contribuyó la publicación en 1968 del estudio realizado por un antropólogo sudamericano sobre el peyote utilizado por los indios yaqui de Sonora (Castaneda, 1968). Desde entonces se ha mantenido la explotación de grandes cantidades de peyote. Por lo que se sabe, en Real de Catorce la falta de recursos económicos y la migración de jóvenes en edad productiva al país vecino, han orillado a algunas personas que viven ahí a comercializarlo, independientemente de que se le compre con fines ornamentales o como alucinógeno. La gente, entre niños, jóvenes y adultos (como lo menciona el periodista Salvador Torres en un artículo sobre el peyote y la Semana Santa del periódico unomásuno de 6 de abril de 1993) lo vende fresco o seco. También se vende concentrado en forma de una especie de queso de tuna a la que llaman "goma" o "mescalina", la cual requiere de una gran cantidad de plantas frescas que cortan en pedazos y de las que extraen el jugo que ponen a cocer, o en forma de polvo o "dulces", que se obtienen de moler la planta seca a la que se le agrega agua y colorantes formando una pasta moldeable. En México la recolección, posesión y uso del peyote sólo están permitidos legalmente para algunos grupos indígenas, como los huicholes, los coras y los tarahumara (Diario Oficial, México, 24 de junio de 1975)<sup>1</sup>, de igual

---

<sup>1</sup>Incluye un Convenio sobre sustancias psicotrópicas, el cual excluye a ciertos grupos indígenas de la República Mexicana, de la aplicación de medidas de carácter represivo respecto a "sustancias utilizadas ancestralmente" El texto del Convenio en su artículo 32, inciso 4, dice literalmente: "( ) Todo Estado en cuyo territorio crezcan en forma silvestre plantas que contengan sustancias sicotrópicas de la Lista I, y que se hayan venido usando tradicionalmente por ciertos grupos reducidos, claramente determinados, en ceremonias mágico-religiosas, podrá, en el momento de la firma, de la ratificación o de la adhesión, formular la reserva correspondiente, en relación a lo dispuesto por el Artículo 7 del presente Convenio (...)"

forma también está regulado en los Estados Unidos (Anderson, 1996). Esto implica que la venta ilícita de este pequeño cacto alcance precios muy elevados en el mercado negro, sobre todo cuando su destino es un país extranjero. En consecuencia la intensa extracción clandestina deja muchos lugares sin peyote o con tallos subterráneos que quedan cuando sólo se corta la parte aérea, muy probablemente sin el cuidado suficiente como para permitir que las heridas cicatricen adecuadamente para recuperarse o reproducirse.

Por lo anterior, el mayor impacto por colecta sobre las poblaciones locales de esta especie parece deberse al saqueo y tráfico ilegales que llevan a cabo diversas personas que no pertenecen a algún grupo étnico. Los huicholes, principalmente, ya lo colectaban en este lugar desde mucho tiempo atrás, pues ya era ampliamente conocido y utilizado en Mesoamérica (Furst, 1976), como se mencionó anteriormente. Por tradición religiosa van en peregrinación al desierto de Real de Catorce, al que nombran ellos *Wirikuta* ("lugar donde deveras se pintaron"), al menos dos veces al año desde la Sierra de Nayarit y Jalisco, para encontrar, colectar y comer el cacto "sagrado" (*hikuri*) en un ritual místico muy elaborado. Ellos consideran al peyote como un regalo divino, por lo que lo ingieren en grandes cantidades durante la celebración de sus múltiples fiestas ceremoniales, en las que participan todos o una gran parte de los miembros de una comunidad. Sobre todo lo consumen los que han tomado parte en la mencionada peregrinación a *Wirikuta*, donde al hacerlo esperan la palabra de sus dioses.

También la recolección les va a asegurar la comunicación con sus divinidades en las subsecuentes fiestas que celebran durante el año y para los actos rituales individuales, como cuando el "cantador" (shaman) va a realizar la curación de un enfermo o cuando un individuo tiene "cargo" para ir comisionado a un lugar distante con un propósito sagrado. El peyote que llevan desde el desierto de Real de Catorce hasta la comunidad huichol se almacena dejando los cactos en la misma canasta en que se transportó o en otro recipiente por el estilo, así dura algunos meses, pero luego

se pudre. Otra manera es partirlo en gajos, ensartarlo en un hilo y ponerlo a deshidratar al sol. Ya seco puede conservarse todo el año y estar listo para el momento en que se quiera disponer de él. Otra forma de almacenarlo es plantarlo en un vivero cercano a la casa, lo cual le da la posibilidad de durar varios años y hasta de reproducirse aunque de manera muy lenta y con el riesgo de que se lo roben. Sin embargo, la cantidad que ellos consumen y se llevan no es más de la que pueden cargar en su propia espalda cuando lo colectan, que puede constar de unos sesenta u ochenta "camotes", aparte de que algunos huicholes no siempre lo consumen (en algunos casos nunca, aún cuando participen en el resto del ritual y las celebraciones). La necesidad de pureza espiritual de los huicholes causa que tengan un respeto místico hacia el peyote, lo que impide, junto con su escasez, que se tome en abundancia (Palafox, 1985).

Por lo anterior, es de gran importancia el estudio de su distribución y densidad actuales, el conocer qué influencia pudiera tener el estrato arbustivo, el cual es un elemento que domina en esta zona, conocer la distribución y facilitamiento de la germinación y el establecimiento del peyote y determinar la influencia de la fragmentación del hábitat provocada por la perturbación en esta zona, para sentar las bases de un estudio de impacto sobre la población local de *J. williamsii*.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Información actual de *Lophophora williamsii*

Los huicholes lo llaman *hikuri*, aunque se le conoce mejor como peyote (Palafox, 1985). *Lophophora williamsii* es una cactácea que se distribuye dentro de una extensa porción de las zonas semiáridas del desierto de Chihuahua y aunque no se le considera en peligro de extinción y oficialmente es una especie sujeta a protección especial (NOM-059 Diario Oficial del 16 de mayo de 1994), hay algunas localidades en las que las poblaciones de este cacto se encuentran en serio peligro de perderse.

Sobre *Lophophora williamsii* existen varios trabajos, de los cuales una gran parte trata de aspectos etnobotánicos, otro tanto son estudios de sus alcaloides y su uso potencial en siquiatria y otros son estudios incompletos de sus propiedades medicinales (Díaz, 1976; Lumbreras, 1976), de las cuales se demostró su poder antibiótico (McCreary, Syphered, and Walkington, 1960; McCreary and Walkington, 1964; McLaughlin, J. and A. G. Paul, 1966). Bravo (1967) trabajó en algunas consideraciones taxonómicas de importancia de esta especie Anderson (1969), llevó a cabo el estudio de la distribución y de manera general la ecología de esta especie, como ya se mencionó, aunque profundiza más en aspectos de la botánica, de la etnología y legales, entre otros

### 2.2 Distribución

El género *Lophophora* es una de las plantas de más amplio rango de distribución que se presenta en en las regiones más cálidas de norteamérica. Se encuentra a través de todo el Desierto de Chihuahua y en el bosque espinoso. Tiene un distribución latitudinal de 1300 kilómetros, de 20°54' a 29°47' latitud norte (fig 1). Dentro de los Estados Unidos, *L. williamsii* se encuentran en la región de Rio Grande en Texas, con pequeñas poblaciones en la parte oeste de Texas en las ciudades de Presidio y Val Verde. También lo han reportado desde la región del Big Ben en la ciudad de Brewster, aunque la principal distribución en Texas está en valle de Rio Grande hacia el este de

Laredo. El peyote se extiende desde la frontera internacional de Estados Unidos con México en las cuencas entre la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental hasta Saltillo Coahuila; esta parte del Desierto de Chihuahua al norte de México cubre casi 150 000 km<sup>2</sup>. Al sur de Saltillo el rango de distribución del peyote se hace angosto, es interrumpido por montañas, para luego extenderse hacia el lado este en las colinas de la Sierra Madre Oriental y la parte oeste del estado de Zacatecas. También se extiende hacia el sur cerca de la ciudad de San Luis Potosí, donde termina su distribución y forma grandes grupos<sup>89-456+1</sup>. Existen grandes diferencias de altitud desde el norte hasta el sur en la distribución del peyote: en Río Grande se encuentra a una elevación de casi 50 msnm, pero en la región sur de su distribución en el estado de San Luis Potosí, se encuentra a casi 1850 msnm.

Algunos estudios de laboratorio y campo (Anderson 1969; Bravo, 1967) muestran que existen dos distintas poblaciones de peyote, las cuales representan dos especies. Una de estas, *Lophophora williamsii*, ampliamente utilizada por algunos Indios Americanos, y *L. diffusa*, la cual es una población que está más hacia el sur en el área central árida del estado de Querétaro, y que se distingue de *L. williamsii* en que es verde-amarilla, más que verde-azul, carece de cualquier tipo de costillas o surcos, tiene podarios (jorovas elevadas) pobremente desarrollados y es una planta más suave y más suculenta.

## **2.3 Descripción del peyote**

### **2.3. 1 Morfología**

Las partes vegetativas constan de un punto de crecimiento o meristemo apical, localizado en el centro deprimido de la planta, es relativamente grande y similar a los encontrados en otros cactus pequeños. El primordio foliar, el cual se origina del meristemo, es difícil distinguirlo de la base expansiva de la hoja y del brote axilar con la que forma un ángulo. La base de la hoja, generalmente separada de la hoja verdadera por una fina constricción, crece rápidamente para convertirse en el podario, la costilla o el tubérculo. Así la base de la hoja funciona como la parte

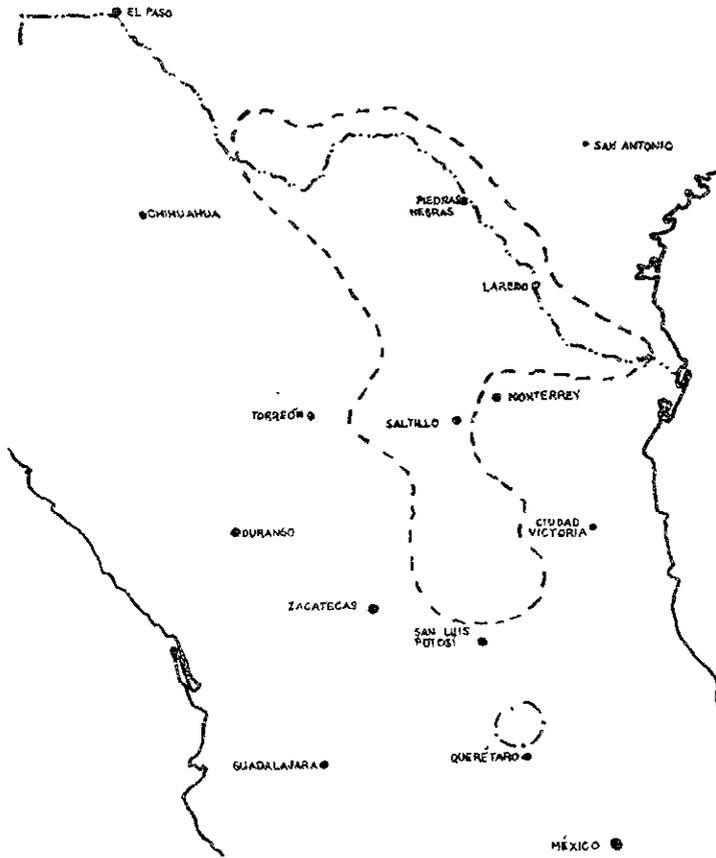


Fig. 1 En el mapa se muestra la distribución natural de *Lophophora williamsii* (línea punteada) y de *L. diffusa* (marcada al norte de la ciudad de Querétaro) (Tomado de Anderson, 1996).

fotosintética o productora de alimento del peyote. Las espinas están presente únicamente en las plántulas jóvenes.

La condición cespitosa o multicéfala del peyote aparentemente ocurre a través de la activación de las yemas adventicias que aparecen sobre la parte tuberosa del eje tallo-raíz debajo de la corona. Dicho crecimiento generalmente es el resultado de un daño y casi siempre sucede si se corta la cabeza de la planta (Boke y Anderson, 1970). Sin embargo, algunas poblaciones de peyote parecen tener una gran tendencia a desarrollar la condición cespitosa (fig 2).



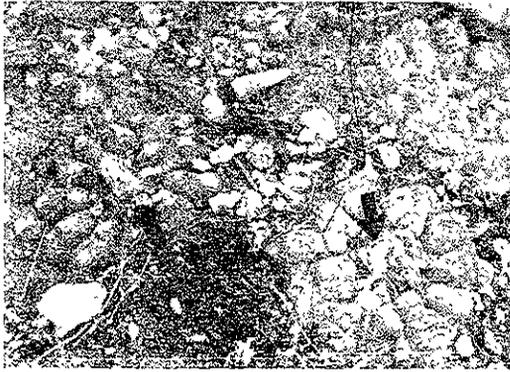
Fig 2. En la fotografía se muestra la presencia de un peyote multecéfalo o cespitoso (también conocido como "familia" de peyotes) en la base de la gobernadora creciendo en su hábitat natural. Estación Catorce, S.L.P

### 2.3.2 Frutos y semillas

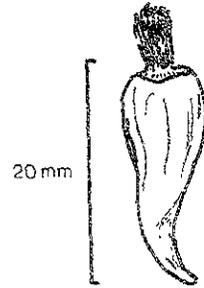
Los frutos del peyote se desarrollan y se mantienen escondidos en la lana apical por casi un año; luego se elongan rápidamente en la madurez para emerger arriba en el centro lanoso de la planta (fig. 3a). Los frutos de *Lophophora* (fig. 3b) son similares a los de *Obregonia* en que usualmente sólo la mitad superior contiene semillas, mientras que los frutos de *Ariocarpus*, por ejemplo, están completamente llenos de semillas (fig. 3c). Las semillas de *Lophophora* son negras y verrugosas, con un gran hilo aplanado de color blanquecino. Su testa es similar a la de las semillas de *Ariocarpus* y *Obregonia*, la cual tiene 3 capas con dos internas de paredes delgadas. Las paredes de la capa externa están sumamente engrosadas. Las semillas del peyote son similares en el aspecto general a las de *Toumeyia* y *Leuchtenbergia*, las cuales no se encuentran en el Desierto de Real de Catorce, pero difieren de las de *Strombocactus*, *Aztekium*, *Pelecypora* y *Epithelantha*. Sólo 6 de 11 géneros en la línea *Strombocacti* de Buxbaum tienen semillas negras, verrugosas y con un hilo prominente (Boke and Anderson, 1969)

### 2.3.3 Descripción del hábitat del peyote

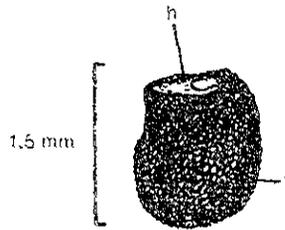
Hasta ahora han sido pocos los trabajos ecológicos que se han llevado a cabo para investigar a *Lophophora williamsii*, como el trabajo de Anderson sobre la ecología y distribución del género *Lophophora* (1969, 1996) y el trabajo de tesis de maestría de Sanchez (1998), en la que se menciona la cobertura relativa, la densidad relativa, la frecuencia relativa y el valor de importancia del peyote como parte de la vegetación encontrada en dos sitios de muestreo en el estudio de ordenación y clasificación de la vegetación que llevó a cabo en la Sierra de Catorce en San Luis Potosí. En cuanto a otras cactáceas, la tesis profesional de Del Castillo (1982), con un estudio ecológico de *Ferocactus huxtrix*, enfatiza la importancia de los principales factores externos de los que depende la germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas, así como la distribución de la especie en dos poblaciones de diferentes condiciones de perturbación. Otro estudio similar es el que se realizó con la especie *Echinocactus platyacanthus* (Trujillo, 1982).



a)



b)



c)

Fig. 3. En a) se puede ver un fruto , señalado con la flecha de la derecha, emergiendo de la parte apical de una planta peyote creciendo en su hábitat natural en Catorce (la flecha de la izquierda muestra una flor en desarrollo), en b) dibujo del fruto claviforme característico de este cacto y en c) detalle de la semilla, donde se aprecia la superficie verrugosa de la testa (t) y el hilo (h) bien definido y de color blanco

### 2.3.3.1 Vegetación asociada a *L. williamsii*

El peyote se encuentra, en gran parte, en el Desierto Chihuahuense, el cual es un tipo bioma de desierto cálido-templado (fig. 4). Esta región tiene considerable variación tanto en topografía como en vegetación, lo cual ha instado a los ecólogos a describir numerosas subdivisiones. Siguiendo la clasificación de Rzedowsky (1978), el peyote se encuentra dentro de la vasta región llamada Matorral Xerófilo. Esta área se ha subdividido en varias formas, aún por el mismo Rzedowski (1966). Él describió el Desierto de Chihuahua como el que consiste de (1) el matorral micrófilo del desierto, el cual tiene arbustos que no tienen hojas o las tienen muy pequeñas y están representados por *Larrea tridentata*, *Prosopis glandulosa* y *Flourensia cernua*; y (2) el matorral "rosetifolio" del desierto, con muchas plantas que tienen hojas en forma de roseta (rosetifolias), como el *Agave lechuguilla*, *Hechtia* spp. y la *Yucca* spp. Probablemente ninguna de estas subdivisiones de vegetación pueden ser consideradas comunidades clímax, ni aún formaciones, debido a la existencia de la mezcla continua de las dos formas de vida. Puesto que hay tal confusión entre estas dos subdivisiones, quizás el término general de Cornelius H. Muller (citado en Anderson, 1996) "Matorral del Desierto de Chihuahua" sea más adecuado a la área general en la cual se encuentra el peyote (Anderson, 1996).

La aislada población del sur aparentemente está fuera de la región normalmente incluida dentro del Desierto de Chihuahua. Sin embargo, la presencia de *Larrea tridentata* y otras plantas típicas de este tipo de desierto es un indicativo de que, en realidad, debería incluirse dentro del Desierto de Chihuahua. Algunas de las plantas comúnmente encontradas con el peyote en este desierto son *Acacia* sp., *Agave lechuguilla*, *Ariocarpus retusus*, *Coryphantha* sp., *Dasylistron wheeleri* (sotol), *Echinocactus horizontalis*, *E. Platyacanthus*, *Euphorbia antisiphylitica* (candelilla), *Ferocactus* sp., *Flourensia cernua* (hojasé), *Fouquieria splendens* (ocotillo), *Hechtia glomerata*, *Jatropha dioica*, *Koeberlinia spinosa*, *Larrea tridentata*, *Mammillaria* sp., *Mimosa* sp., *Opuntia leptocaulis*, *O. tunoceta*, *Prosopis* sp. (mesquite), *Yucca carnerosana* y *Y. Filifera*, entre otras.



Fig. 4. Ubicación de la distribución de *I. williamsi*, área rayada, (con base en la distribución descrita por Anderson, 1969) dentro del Desierto Chihuahuense, área punteada

La parte noreste del rango geográfico del peyote está fuera del Desierto de Chihuahua, localizado en una región conocida como las planicies de Río Grande (fig. 4). En contraste con la vegetación más abierta del Desierto de Chihuahua, esta región consta de densos árboles y arbustos espinosos. Se habla de esta región como una variante del mezquital (Rzedowski, 1978), la cual se coloca dentro de la categoría mayor de Bosque Espinoso. También se ha referido como la región Tamaulipeca de el matorral xerófilo. En esta región existen otras especies espinosas que crecen con el peyote, y aunque son más las especies perennes que se asocian con él (fig. 5), esta información indica que este cacto se encuentra sobre un amplio rango de tipos de vegetación dentro del Desierto de Chihuahua y las llanuras de Río Grande, aunque ninguna planta en particular se asocia con él (Anderson 1969).

### **2.3.3.2 Tipos de suelos**

Los suelos del Matorral del Desierto de Chihuahua son calizos de origen y tienen un pH básico, de 7.9 a 8.3. Estos suelos se pueden caracterizar por tener más de 150 ppm de calcio, al menos 6 ppm de magnesio, muchos carbonatos y solo cantidades traza de amonio. Las pruebas de suelo dan negativo para el hierro, el cloro, los sulfatos, el manganeso y el aluminio. El fósforo y el potasio varían algo dentro del rango, pero en la mayoría de las localidades se encuentran en cantidades traza o no están presentes del todo.

### **2.3.3.3 Clima**

Los datos climáticos de estas regiones en las cuales crece el peyote han sido analizadas para obtener un "índice de aridez" (Anderson, 1969) Utilizando el índice de aridez de Soto Mora y Ernesto Jáuregui O (1965), el peyote se encuentra dentro de un amplio rango de condiciones climáticas: precipitación desde 175.5 a 556.9 mm por año, temperaturas máximas desde 29.1 a 40.2°C y temperaturas mínimas desde 1.9 hasta 10.2°C. También hay una variación en la temporada del año en la que se presentan las lluvias. Estas caen típicamente al final de la primavera y verano en el Desierto de Chihuahua y llanuras de Río Grande, pero en ciertas áreas caen lluvias en

invierno. Existen poblaciones de peyote en ambos tipos de áreas, por lo que probablemente deberían clasificarse como intermedias, más que estrictamente como regiones de lluvias en verano. El índice de aridez modificado, basados en las relaciones de temperaturas y precipitación<sup>1</sup>, muestra que *Lophophora* exhibe un amplio rango de aridez, entre 64 y 394. También parece ser que el índice de aridez se relaciona con la elevación, debido a que hacia el interior del país las temperaturas mínimas decrecen a medida que aumenta la elevación, aunque hay algunas excepciones, tal como en Querétaro, donde existe una elevación relativamente alta (casi de 1500 msnm) pero un índice de aridez de más de 115. Este hábitat del sur, aunque de gran elevación, puede ser especialmente árido debido a la proximidad de las altas montañas de los alrededores que causan una sombra orográfica intensificada.

El peyote está dentro no solamente de un amplio rango geográfico, sino que también es muy variable en su morfología y métodos de reproducción. Dependiendo de la localidad donde se encuentre, el peyote crece comunmente bajo arbustos tales como el mezquite (*Prosopis glandulosa*), *Larrea tridentata* (gobernadora) y plantas rosetifolias, como el *Agave lecheguilla* (fig. 5) y *Hechtia glomerata*, en otras ocasiones, sin embargo, crece en espacios abiertos sin la protección de la sombra de ningún tipo. En algunas áreas, tal como en el estado de San Luis Potosí, el peyote algunas veces crece en llanos desnudos de aluvión o sedimento que se convierten en lagos de agua dulce poco profundos durante la estación de lluvias. También se ha encontrado creciendo en hendiduras en escarpados acantilados de piedra caliza al oeste de Texas (Anderson, 1969).

<sup>1</sup>Para determinar el grado de aridez de las zonas de la República con deficiencia pluviométrica se utiliza el índice de Emberger, modificado por Stratta-Mosiño para determinar dichas áreas (Rzedowski, 1978)  $(M+m)(M-m)(m+45)/P$  es la fórmula, donde IA = índice de aridez modificado, P = precipitación media anual, M = temperatura máxima promedio del mes más caluroso y m = temperatura mínima promedio del mes más frío. El índice aumenta con la aridez del lugar de manera que sus valores más elevados se encuentran en las zonas áridas y semiáridas de NW y N del país. En cambio los índices más bajos se localizan en las costas húmedas.



Fig 5 Peyote creciendo en su hábitat natural bajo una planta del género *Agave*. Fotografía tomada en una planicie en el estado de Nuevo León

#### 2.3.4 Adaptaciones morfológicas

Una forma en la que se reduce el efecto de la radiación solar en *Lophophora* es tener la forma globosa que permite disminuir la superficie transpiratoria y presentar una epidermis con cutícula gruesa y frecuentemente cubierta de cera, o provistas de papilas que reflejan los rayos luminosos, además de los pinceles de pelos que protegen las areolas de la resequedad y la luz y la parte apical donde están los meristemos y se desarrollan las flores y frutos (Nobel, 1988).

La apariencia del peyote también varía ampliamente. En algunos casos las plantas se encuentran como individuos de una sola cabezuela y otros se convierten en cespitosos, formando densos grupos de más de dos metros de diámetro y con muchas cabezuelas (fig. 2) Las plantas en Texas no parecen formar grandes familias como lo hacen en el estado de San Luis Potosí, pero las

plantas con varias cabezas pueden originarse como resultado del daño producido por animales de pastoreo u otros factores. Los individuos cespitosos también son producidos por la cocecha de las cabezuelas. En Texas, por ejemplo, los colectores normalmente cortan la cabezuela de la planta, dejando la larga y napiforme raíz en el suelo; la porción subterránea rápidamente forma callo y en unos pocos meses produce varias cabezuelas nuevas para reemplazar las que se cortaron (Anderson, 1996). El número de costillas en una soía cabezuela varía ampliamente. El número y el arreglo de las costillas parecen ser factores de la edad tanto como las respuestas al ambiente. El número de costillas dentro de un solo clón, genéticamente idéntico, puede variar de cuatro a cinco en las cabezuelas muy jóvenes, más de catorce en las cabezuelas grandes y maduras. En otras ocasiones hay podarios abultados en lugar de distintas costillas. Los estudios de campo han demostrado que la variación y el número de costillas aparentemente se deben a las interacciones localizadas entre el genotipo y el ambiente (Anderson, 1996). Debido al alto grado de variación presente en una sola población, las características de las costillas solas son de poco valor en la delimitación de la taxa botánica formal. *Lophophora* se considera un género de planta criptica debido a su coloración y forma de crecimiento, ya que apenas si pasa unos centímetros de la superficie del suelo, escondiéndose de su entorno y porque el 90% del cuerpo está enterrado, lo cual permite que durante la estación seca del año se encoja a consecuencia de la pérdida de agua, perdiendo turgencia y siendo jalado hacia abajo, enterrándose más (Gibson y Nobel, 1986)

### 2.3.5 Reproducción

La reproducción ocurre principalmente por la vía sexual. Las plantas florecen al final de la primavera y durante casi todo el verano, y los óvulos, los cuales son fertilizados durante esa estación, maduran en semillas un año más tarde. El fruto, el cual emerge desde el centro de la planta al final de la primavera o al principio del verano, rápidamente se elonga en una estructura cilíndrica rosa o rojiza de más de 1.5 cm de longitud (fig. 3a y 3b). Dentro de unas pocas semanas los frutos maduran: sus paredes se secan, se convierten en un delgado papel y cambian a color café. Al final del verano, usualmente como resultado del viento, de la lluvia o algún otro factor climático, la pared del fruto se rompe y las múltiples pequeñas semillas negras son liberadas. Las intensas lluvias de

verano entonces lavan las semillas fuera del hundido centro de la planta y las dispersan (Anderson, 1969).

Otro medio de reproducción del peyote es por la vía vegetativa o asexual. Muchas plantas producen hijuelos, o yemas laterales, las cuales se originan de las areolas laterales. Estas nuevas yemas pueden generalmente enraizar y sobrevivir cuando se separan si han alcanzado suficiente tamaño. Si estas nuevas porciones crecen exitosamente en nuevas plantas, son genéticamente idénticas a sus progenitores. Las plantas de peyote raramente se pudren si se dañan o cortan, por lo que las piezas extirpadas en seguida formarán raíces adventicias y podrán convertirse en plantas independientes (Anderson, 1969).

#### 2.4 Nodricismo

Un factor importante en los estudios de las comunidades vegetales es el de la asociación o afinidad que presentan las especies entre sí, puesto que es un comportamiento ecológico que determina la permanencia y distribución de éstas debido al aprovechamiento del sustrato y a la resistencia a las condiciones adversas de manera conjunta, obteniendo sólo algunas ventajas de forma recíproca. Así, tenemos que la gobernadora (*Larrea tridentata*) y un cactus (*Opuntia leptocaulis*) de varias zonas semiaridas presentan una curiosa interrelación de dependencia en la que el establecimiento de la segunda se favorece por la primera especie, aunque implica la disminución del desarrollo de la primera hasta su muerte de forma cíclica y recíproca (Yeaton, 1978). Los estudios de este aspecto mencionan la importancia que tienen las condiciones microclimáticas que favorecen la germinación y el establecimiento de una o más especies (Yeaton y Romero, 1986; Turner *et al.*, 1966; Hutto *et al.*, 1986; McAuliffe, 1984b).

Actualmente uno de los fenómenos más estudiados en la determinación ecológica de la asociación de las plantas perennes y de los cactus en los ecosistemas de las zonas semiaridas es el del nodricismo, el cual implica facilitar el establecimiento de las cactáceas por medio de plantas perennes que actúan como nodrizas. Dicho fenómeno está bien estudiado en una zona semiarida del

estado de Puebla (Valiente-Banuet, 1991), el cual lleva a la aseveración de que en las zonas áridas la radiación es un elemento de estrés sobre muchas plantas, el cual ha de tomarse en consideración, como en el caso particular de algunas plantas suculentas que tienden a establecerse bajo la sombra del dosel de plantas perennes, las cuales generalmente son formas arbustivas, lo cual conduce a proponer la existencia de una fuerte interrelación de nodricismos como la explicación del facilitamiento en el establecimiento de varias especies vegetales y de la dinámica poblacional entre estos dos elementos de los ambientes semiáridos (Valiente-Banuet, 1991) y a considerar que la radiación a una mayor latitud tiende a ser más intensa hacia el sur y el oeste por el efecto de ladera y a nivel del sombreado del dosel de las plantas perennes, dándose una tendencia a una distribución y diversidad diferenciada en la vegetación que crece en la parte oeste de la que crece en la parte este de las ladera y la tendencia de algunas plantas a establecerse con una orientación azimutal debajo del dosel de plantas perennes de las zonas semiáridas. Sin embargo, Valiente-Banuet *et al* (1990a), buscando la importancia de las relaciones del sombreado entre las cactáceas y los arbustos nodriza en una zona semiárida del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, encontraron que para las especies estudiadas no había una tendencia de orientación azimutal en su establecimiento a excepción de un cacto globoso que presentaba una distribución no aleatoria con tendencia hacia el norte y el oeste. La explicación de los autores sobre este hecho es que la latitud del lugar tal vez no sea suficientemente grande para manifestar dicho efecto, ya que en cuanto al nodricismo sí encontraron una tendencia positiva de agregación y asociación.

## 2.5 Estudios de Germinación en Cactáceas

El estudio de la germinación tiene relevancia en sus aspectos físicos y químicos, pues en gran parte la germinación de las semillas determina la distribución de las especies; así, Turner *et al.* (1966), estudiaron algunas condiciones microclimáticas del saguaro (*Carnegiea gigantea*); otros trabajaron con la luz y la temperatura, principalmente, en la germinación de las semillas de esta especie (Alcorn y Kurtz, 1959) Potter *et al* (1984). llevaron a cabo un estudio similar, pero con el género *Opuntia* Fearn (1981) hizo una breve, pero interesante reseña acerca de la latencia de semillas de cactáceas y otras suculentas, incluyendo el estudio con los factores luz, temperatura,

características del embrión, cubierta de las semillas y la edad en relación con la viabilidad. Bregman y Bouman (1983) llevaron a cabo un estudio anatómico y del tipo de germinación en 89 géneros de cactáceas, incluyendo *Lophophora*, y otras dos familias de suculentas. Nobel *et al.* (1986), estudiaron los efectos de las altas temperaturas que alcanza el suelo en su superficie en las zonas áridas sobre las semillas de algunas cactáceas. Cota, en su trabajo de tesis profesional (1984), investigó el establecimiento de las condiciones fisicoquímicas de la germinación de las semillas de *Ferocactus huxtrix*, incluyendo el tratamiento con luz, temperatura y con algunas sustancias químicas. En un trabajo sobre las condiciones fisicoquímicas de la germinación de semillas de cactáceas en peligro de extinción (Islas, 1990), se encontró que *Ariocarpus trigonus* var. *elongata*, *Coryphantha erecta*, *Echinocactus platyacanthus*, *Epithelantha micromeris* var. *hokei*, *Lophophora williamsii*, *Mammillaria* sp., *M. bocasana*, *M. causigera*, *M. elegans*, *M. huitzilopochtli*, *M. pottsii*, *M. spinosissima*, *M. rhodantha*, *Pelecypora aselliformis*, *Roseocactus kotschoubeyanus*, *Solisia pectinata*, *Stenocereus dumortieri* y *Strombocactus oballatus* reducen considerablemente el porcentaje de germinación, de manera inversamente proporcional a la concentración de NaCl, y que las semillas de *P. aselliformis*, *J. williamsii*, *R. kotschoubeyanus* y *F. platyacanthus* muestran un porcentaje más alto de germinación con el CaCl<sub>2</sub> que las semillas de las otras especies, mencionando el autor que probablemente la diferencia se deba a que el suelo del hábitat de estas especies contiene más calcio que en el de los otros cactus, como se muestra en los resultados de el análisis de suelo de muestras de Estación Catorce, S.L.P., donde crece el peyote, por lo que podrían considerarse como especies calcícolas. En el mismo estudio también se observó un efecto similar con el Ca(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> que con el CaCl<sub>2</sub> en las especies calcícolas y con el KNO<sub>3</sub> no hubo efectos significativos sobre la velocidad y el porcentaje de germinación a excepción del tratamiento combinado con la ausencia de luz para las semillas de *S. dumortieri* y de *A. trigonus* que mostraron un bajo porcentaje contra 0% en las semillas de las demás especies.

La germinación de los cactus tiene lugar de 7 a 10 días, aunque puede ser en ocasiones de sólo 24 hr o prolongarse por semanas e incluso por años (Ballesteros, 1978) Pineda menciona haber observado un rango de 4 a 10 días para la mayoría de las cactáceas (Com. pers., 1997).

### III. OBJETIVOS

-Describir la distribución de las poblaciones de *L. williamsii* en algunas localidades del Desierto de Real de Catorce, por medio de mediciones de densidad, cobertura, la distribución de tallas y su biomasa.

-Describir el avance de las áreas afectadas en los últimos 25 años por la actividad agrícola en la zona de estudio mediante la fotointerpretación.

-Mapear y comparar la densidad, la cobertura y la distribución espacial en relación con el estrato arbustivo de cuatro poblaciones de *L. williamsii* dentro de la zona de estudio, mediante el establecimiento de cuadrantes.

-Evaluar la existencia de una relación de asociación de *L. williamsii* con el estrato arbustivo.

-Describir la cantidad de semillas de las poblaciones de *L. williamsii* en el área de estudio por medio del conteo del banco de semillas.

-Evaluar en el laboratorio la capacidad de germinación de semillas de diferentes edades de *L. williamsii*.

## **IV. MATERIAL Y MÉTODO**

### **4.1 Ubicación y descripción de la zona de estudio**

El estudio se llevó a cabo dentro de una área de aproximadamente 300 km<sup>2</sup> en el Desierto de Real de Catorce, Municipio de Catorce, en el estado de San Luis Potosí, la cual tiene una forma rectangular de 20 X 15 km, limitada al este de forma casi paralela por la Sierra de Catorce y al oeste por una serie de lomeríos, corriendo en su parte más larga de norte a sur al igual que la línea ferroviaria de San Luis Potosí-Nuevo Laredo. Su ubicación geográfica aproximada es de 101° longitud W y de 23° latitud N (fig. 6).

Esta zona semiárida corresponde a una porción sureña del gran Desierto Chihuahuense y también al Altiplano Mexicano dentro del estado de San Luis Potosí. Es una planicie constituida en gran parte por materiales aluviales, principalmente alimentada por los abanicos de deposición aluviales de material rocoso de la Sierra de Catorce. De pendiente ligera varía en altitud de 1800 a 1900 msnm.

#### **4.1.1 Clima**

El clima predominante pertenece a la clasificación de los secos cálidos con lluvias en verano (Bsw'), con precipitaciones de menos de 300 mm y con temperatura media de 18°C anuales, presentando en el mes de mayo la máxima temperatura de hasta 45°C y la mínima de varios grados C bajo cero en invierno. Como puntos de referencia existen dos las estaciones meteorológicas en la parte noroeste de la Sierra de Real de Catorce: Santa María del Refugio (Mpo Catorce) con clima BSk, altitud 1980 msnm, temp mín de 2.8° C y máx. de 30.0° C con promedio de 16.6° C, precipitación de 300.2 mm, evaporación de 2105.9 mm y la estación de Vanegas (Mpo. Vanegas) con clima Bskw

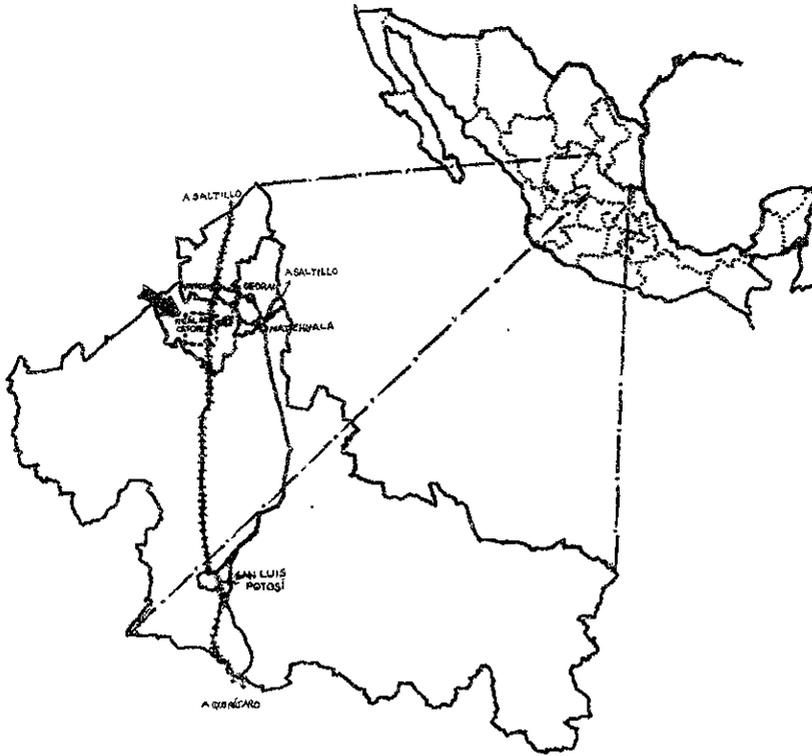


Fig. 6. Mapa de la ubicación de la zona de estudio dentro del municipio de Real de Catorce al norte del estado de San Luis Potosí.

ESTACIÓN	Municipio/ clima	Altitud (msnm)	Temperatura Mín-med-máx	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	Ubicación
1.- Cardoncita	Catorce BSks	2100	1.8-16.3-28.9	266.46	1920.69	oeste
2.- La Maroma	Catorce BSks	1940	4.5-17.7-30.0	343.4	1826.96	suroeste
3.- Coronados	Catorce BSkw	2200	4.0-15.1-26.8	310.84	2185.94	suroeste
4.- S M Refugio	Catorce BSks	1980	2.8-16.6-30.0	300.2	2105.9	noroeste
5.- Vanegas	Vanegas BSkw	1734	2.6-16.6-30.9	304.5	2098.15	noroeste

Tabla 1. Estaciones climatológicas dentro del Desierto de Real de Catorce (tomado de Sánchez, 1998).

Localidad	Topografía altitud (msnm)	pendiente	horizonte/ prof. en cm	Porcentaje de carbonatos	pH / % M.O.	Textura
1.- 9 km al NE Sta Gertrudis, Charcas	lomerío 1970	2%	A1 0-22	21.13	8.5/4.01 (rico)	Franco
2.- 2 km al S Tanque Dolores, Charcas	lomerío 1900	3%	A1 0-20	22.9	8.2/3.38 (rico)	Franco
3.- 12.6 km al N Poblazón, Vanegas	llanura 1820	1%	A1 0-9	19.94	7.6/3,4 (rico)	Franco/arenoso
			B2 9-36	20.66	7.8/2,54 (rico)	Franco/arenoso
4.- 4 km al SO Catorce, Cat.	llanura 1830	1%	A1 0-12	3.75	8,5/3,21 (rico)	Fran/aren/arcilla
			B2 12-48	14.94	8,8/2 (mediano)	Arcillas
5.- 3 km al N Wadley, Cat.	llanura 1870	1%	A1 0-25	25.17	8,0/3.12 (rico)	Franco/arenoso
6.- Cardonsita, Catorce	valle 1990	2%	A1 0-35	17.56	8.5/3,76 (rico)	Franco

Tabla 2.- Características del suelo dentro del Desierto de Real de Catorce (tomado de García y Villa, 1977).

#### **4.1.2 Hidrología**

Básicamente la hidrología del valle de la zona presenta un limitado aporte en la parte cercana a los escurrimientos de la Sierra de Catorce, la cual presenta un patrón de tipo dendrítico arborecente, intermitente, con sistema endorréico, descargando sus agua en el valle, donde desaparecen las corrientes por infiltración y evaporación. Los principales ríos de importancia que desagua el área son La Maroma, El Jordán, El Pilar y El Chiquito; existen algunos otros ríos de importancia, aunque la mayoría de las veces no llegan a las corrientes principales desapareciendo por infiltración y evaporación, por ello el único medio de contar con agua son los mantos acuíferos (Torres, 1979; Carrizales, 1985; citados por Sánchez, 1998). Parte de la precipitación se infiltra en muchos arroyos secos como el de Matanzas y el de San José Coronados situados en la parte suroeste de la sierra, lo cuales poseen un cauce subfluvial. Estos drenajes laterales se dirigen hacia el poniente y alimentan el relleno aluvial bajo el área de Wadley. En esta parte baja el drenaje sigue una dirección norte, hacia el poblado de Vanegas (Medina, 1983; citado por Sánchez, 1998).

#### **4.1.3 Geología**

Gran parte de este desierto está dominada por un sustrato geológico de tipo aluvial desde la zona de ladera y abanicos en la parte oeste de la Sierra de Real de Catorce hasta unos 20 km al oeste en la parte norte. En la parte suroeste se encuentra una zona de lomeríos y planicies en la que predomina un sustrato geológico tipo conglomerado de origen sedimentario con algunos manchones de caliza y basalto. En general el clima árido se formó al final del Jurásico superior después de haber presentado en todo lo que actualmente es el Altiplano Mexicano un clima templado y un ambiente marino nerítico, con aguas calientes, someras muy agitadas. En el Cretácico se presentó un proceso de sedimentación en agua bastante claras y de poco profundidad, lo que probablemente permitió la sedimentación dando como resultado la presencia de lutritas, caliza resquebrajada, capas de caliza y tobas desvitrificadas. Durante el Cenozoico se produjeron plegamientos, fallas y fracturas ocasionadas por la orogénesis hidalgüense, la cual, junto con el surgimiento de la Sierra Madre Oriental, hizo emerger el anticlinorio de la Sierra de Catorce. Ya en el Cuaternario los ciclos de

erosión-depositación que ocurrieron durante el Pleistoceno se dieron en un ambiente de cuencas endorreicas e en un clima pluvial provocado por las glaciaciones; luego del Pleistoceno a la época recientes ha estado ocurriendo una acumulación, como en el resto del Altiplano Mexicano, de aluvión y conglomerados; acumulación que actualmente está siendo erosionada por corrientes intermitentes. En la Sierra de Catorce, el conglomerado se encuentra generalmente en las partes bajas de las montañas, y el aluvión, que consiste de gravas, arenas y arcillas producto de la desintegración de las rocas más antiguas, se encuentra rellenando depresiones y valles (Valencia, 19778; Torres, 1979; y Carrizales, 1985 citados en Sánchez, 1998).

#### 4.1.4 Suelo

El tipo de suelo en esta región es muy variable, encontrándose desde el fluvisol calcárico de origen aluvial en algunas porciones de la parte suroeste, el litosol eútrico en la parte de lomeríos del lado oeste como en las laderas de la Sierra, el xerosol calcárico y el gypsic moderadamente salino en las partes bajas y una franja de transición de fluvisol calcárico y litosol eútrico entre los lomeríos de la parte oeste y la parte baja de este desierto. En todos ellos predominando la textura media en terrenos planos, ligeramente ondulados con pendientes menores de 8%. El tipo de suelo no es recomendable para la agricultura, ya que la mayor parte está dentro de la categoría VI de uso moderado. En el trabajo de Islas (1990) se obtuvieron los datos del análisis de suelo de la parte oeste del poblado Estación Catorce de **textura**: migajón arenoso; **pH**: se registró en promedio con agua destilada un valor de 8.3, lo cual indica que se trata de un suelo medianamente alcalino; **color**: en seco es café pálido (6/3 10YR), lo que se relaciona con el bajo contenido de materia orgánica; **densidad**: -aparente 1.03 g/ml, -real 2.3 g/ml, **porosidad**: 54.3%; **capacidad de intercambio catiónico**: 51 meq/100 g en promedio, lo cual equivale a un suelo con alta disponibilidad de cationes, evidenciado en el alto contenido de sales disueltas; **% de cloruros**: 4.4% en promedio, valor muy alto que se relaciona con la alta cantidad de sales cloradas; **% de M. O.**: menor de 1.0%, valor muy bajo; **calcio**: 44 meq/ml, valor muy bajo o rico en Ca<sup>++</sup> asimilable; **magnesio**: 31 meq/l, al igual que el calcio, muy rico en Mg<sup>++</sup> asimilable.

Se reportan datos del suelo para algunas zonas del Desierto de Real de Catorce en un estudio sobre una especie de pastizal de García y Villa (1977) en la tabla 2.

#### 4.1.5 Capacidad de uso del suelo

La zona de estudio se caracteriza por presentar terrenos de capacidad pecuaria (SARH, 1984), los cuales, por su condición natural, inducción o alteración, son aptos para el desarrollo de la actividad ganadera semiextensiva, extensiva o de pastoreo libre, por lo que no se recomienda para la actividad agrícola por la alta erogación económica que implicaría el aprovechamiento de estas tierras. Sólo en condiciones específicas es posible hacerlo, siempre que se disponga de lluvia regular o bien, que se pueda almacenar o extraer agua del subsuelo para aprovechar las tierras de buena calidad donde el líquido está limitativo en la capacidad productiva del suelo. En Real de Catorce los factores limitantes son el clima, principalmente la baja precipitación, la poca profundidad del suelo y la erosión que ya presentan algunas regiones (SARH, 1984).

#### 4.1.6 Vegetación

En cuanto a vegetación, se trata de una zona semiárida con **matorral xerófilo** incluyéndose distintas variaciones en su composición, como el caso de los **izotales** (yucca) en las partes este y oeste más altas de la planicie, el **matorral inerte** y **subinerte**, el **matorral rosetifolio** (*Agave*, *Hechtia*), el **matorral micrófilo**, en el cual encontramos como elemento dominante a la gobernadora (*Larrea tridentata*) y el hojase (*Flourensia cernua*), una gran variedad de cactáceas globosas como la misma *Lophophora williamsii*, algunas especies de los géneros *Echinocactus*, *Coryphanta*, *Ariocarpus*, *Ferocactus*, *Mammillaria*, *Opuntia*, *Neolloydia* entre otras más de otras familias (Rzedowski, 1966 y 1978).

#### 4.1.7 Población humana y actividades económicas

El área consta de 69 localidades de más de 25 habitantes, siendo las más importantes: Real

de Catorce, Estación Catorce y Estación Wadley. La población total asciende a 11 997 habitantes, su tasa de crecimiento anual es de 0.75%; su densidad de población es de 10 habitantes por km<sup>2</sup>; la distribución de la población en hombres y mujeres es de 50.2% y 49.8%, respectivamente; el 71.1% de la población son niños de cinco a nueve años (INEGI, 1995).

El correo es suministrado a la población en la cabecera municipal, además cuenta con cuatro agencias postales y una administración en la Estación Catorce, el servicio telegráfico únicamente es prestado en la Estación Catorce por medio de una oficina; existe una caseta telefónica pública y dos casetas de telefonía rural. El municipio cuenta con 17 tiendas de abasto Conasupo, 9 localidades tienen energía eléctrica, 16 agua potable de manantial y sólo la cabecera municipal cuenta con drenaje.

La población económicamente activa es aproximadamente el 29.31% del total de la población del municipio, que comparada con la estatal representa sólo el 0.66%.

Agricultura. Los cultivos de mayor importancia por superficie cosechada son: alfalfa, maíz, frijol, sorgo, cebada y jitomate, donde la superficie de labor es primordialmente de temporal: 6 541 ha (83%), 537 ha son de riego y de temporal (7%) y únicamente 822 ha son de riego (10%).

Ganadería. Las especies ganaderas más importantes son: caprino (42 996 cabezas), porcino (821), bovino (11 104) y ovino (24 737). La superficie dedicada a la ganadería es de aproximadamente 135 488 ha, de las cuales 135 238 son pautizales y las restantes 250 son matorrales naturales (INEGI, 1995).

Industria. Sólo existen microindustrias, ya que existen a nivel familiar y se trabaja por temporadas.

Minería. La compañía Minera y Refinadora Mexicana, S.A., y la Restauradora de Minas Catorce, S A de C.V., son las que se encuentran en esta zona. Sin embargo, al parecer dejaron de

trabajar recientemente, pues a partir de 1990 cesó la producción de oro, en 1991 no se registró explotación de plomo y en 1992 no hubo producción de plata. Al parecer, actualmente sólo queda la producción de antimonio (INEGI, 1995).

Turismo. Existen varios lugares de interés y por ello es importante dentro del estado. Últimamente, por el auge que ha tenido, el aumento en el número de comercios y de sitios de hospedaje, el turismo se ha incrementado mucho en los tres últimos años, sobre todo en Real de Catorce. Cabe mencionar que en el mes de octubre llega gran cantidad de gente de varias partes de la República Mexicana y algunas del extranjero, debido a la celebración, el día 4 de octubre, de San Francisco que se encuentra en la iglesia mayor de Real de Catorce, así igualmente en la Semana Mayor. Por otro lado, cientos de turistas, de los cuales una gran parte son extranjeros (principalmente europeos), visitan tanto Real de Catorce como otras partes del municipio atraídos por el peyote, ya sea por conocer el lugar donde crece o para consumirlo y comprarlo, por lo que puede fácilmente representar una significativa entrada de dinero para la comunidad, tanto por el aspecto meramente turístico como por la venta ilícita de peyote.

#### **4.2 Fotointerpretación**

Para medir el aumento en las áreas sin vegetación natural en la zona de estudio en los últimos 25 años se elaboraron mapas de la delimitación de las áreas alteradas y de las áreas de vegetación natural sin perturbación a partir del uso de la información de fotografías aéreas de 1969, 1983 y 1994, de imágenes de satélite de 1995 y de la cartografía que se basa en la fotointerpretación de aerofotos de 1968 y 1969, de la zona de estudio. Las fotografías aéreas, un espaciograma con imágenes de satélite y las cartas geográficas utilizados se compraron en el INEGI. Las aerofotos eran con formato 23 X 23 cm en blanco y negro con escala 1:25 000 (en vuelo efectuado el 9 de abril de 1969), 1:75 000 (en vuelo efectuado en junio de 1983) y 1:20 000 (en vuelo efectuado en abril de 1994), el espaciograma era en falso color con escala 1:250 000 a partir de imágenes de satélite tomadas durante los meses de febrero a abril de 1993 y editado en 1995 y las cartas geográficas de topografía, geología, edafología (estas dos consultadas en la mapoteca de la ENEP Iztacala) y uso

potencial del suelo era de escala 1:50 000.

Para la delimitación de las áreas con perturbación de la vegetación se tomaron en cuenta la presencia de parcelas de cultivo en uso, de parcelas abandonadas donde se apreciaba la falta de vegetación natural, así como también de áreas con asentamientos humados, caminos y carreteras (Carre, 1974). Para cuantificar las áreas perturbadas y las áreas no perturbadas en términos de porcentaje superficie se utilizó en método gravimétrico, el cual consiste en recortar y pesar en la balanza analítica las áreas marcadas en el mapa y un cuadrado de 1 X 1 cm con un área conocida.

### 4.3 Trabajo de campo

Con el fin de tener una estimación aproximada del cambio en la población local del peyote se elaboró un mapa hipotético de su distribución y ubicación en los años 60's, cuando supuestamente era muy abundante en esta zona, con base en la información proporcionada por algunos habitantes de la zona de estudio y en la información general que se obtuvo de algunas referencias bibliográficas (Bcruítez, 1968; Anderson, 1969; Bravo, 1967 y 1978; Lumbreras, 1976; Palafox, 1985, Bravo y Sánchez-Mejorada 1991; Blanco, 1992; Sánchez, 1998).

Para estimar la distribución actual de *L. williamsii* en la zona de estudio se llevaron a cabo recorridos a pie y en vehículo a partir de la información proporcionada de los lugareños, del mapa hipotético de su antigua distribución y abundancia y de la fotointerpretación como puntos de referencia.

Se ubicaron cuatro sitios<sup>1</sup> (sitios I, II, III y IV) de muestreo dirigido en los lugares en donde se encontraron manchones de peyote para estudiar con el uso de cuadrantes la densidad, la biomasa

---

<sup>1</sup>Por motivos de conservación, en este trabajo se omitió la localización exacta de los sitios de muestreo y se utilizaron nombres ficticios para referir los poblados o lugares más cercanos a estos sitios, manteniendo el de los poblados más grandes, en la zona de estudio

y la asociación del peyote con el estrato arbustivo, así como también para recolectar frutos y tomar muestras del banco de semillas.

En los cuatro sitios se establecieron un total de 8 cuadrantes como unidades de muestreo y se obtuvo la información de éstos durante cinco salidas espaciadas. En 1996 7 cuadrantes: en abril de 1 en el sitio I; en julio en el mismo sitio 2 cuadrantes más; 3 en el sitio II en septiembre; y 1 sólo cuadrante en el sitio III. Finalmente se estableció 1 último cuadrante en el sitio IV.

El trabajo de campo se prolongó más del tiempo contemplado inicialmente debido a contratiempos y dificultades inherentes al trabajo mismo, por lo que no fue posible que se llevara a cabo en la misma época del año en los cuatro sitios de muestreo.

En los sitios I, II y III se establecieron cuadrantes de 15 X 20 m, formando una área de 300 m<sup>2</sup>, la cual se consideró como unidad de muestreo para obtener una información representativa. En el sitio IV se estableció un cuadrante de sólo 10 X 10 m, de 100 m<sup>2</sup>, por lo que se consideró su información de forma relativa cuando se comparó con la de los de más cuadrantes. Dichos cuadrantes se hicieron utilizando cuatro estacas y mecahilo para formar un cercado, utilizando parte de una técnica que permite ubicar espacialmente ciertos puntos (Rohlf y Archie, 1978), la cual consiste en medir la distancia del centro de cada uno de los arbustos a dos puntos de referencia de ubicación conocida para obtener datos geométricos por coordenadas, por lo cual se nombró técnica de triangulación, mostrada en la figura 7.

#### **4.3.1 Asociación de *L. williamsii* con el estrato arbustivo**

Para evaluar la existencia de una relación de asociación del peyote con el estrato arbustivo se midió la distancia del centro de cada peyote al centro de la base del arbusto más cercano, para obtener de esta forma un mapa de la distribución espacial de los arbustos y el peyote. Los cuadrantes

se orientaron longitudinalmente con respecto al norte, con el fin de ubicar y registrar la orientación de los individuos de peyote con respecto al arbusto más cercano (fig. 7).

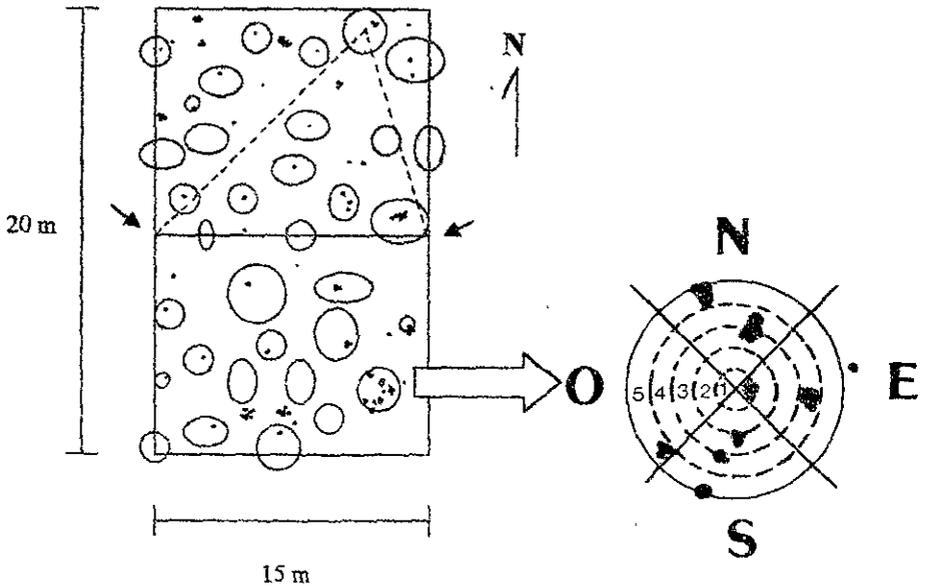


Fig. 7. Mapa de la posición espacial de *L. williamsii* (puntos negros) y del estrato arbustivo (círculos) dentro del cuadrante utilizado como unidad de muestreo, con la técnica de triangulación por coordenadas. Las líneas discontinuas representan las distancias medidas desde los puntos de referencia (señalados con las flechas) hasta el centro de cada uno de los arbustos. A su vez, el centro de cada arbusto se tomó como punto de referencia para medir la distancia de éste al centro de cada uno de los peyotes más cercanos dentro del cuadrante. En el ejemplo de la derecha del mapa, se muestran los 5 intervalos y la orientación en los que se midió la distribución del peyote encontrado debajo del dosel de cada arbusto.

Al mismo tiempo se tomaron los datos del diámetro de cada cabezuela (la parte aérea del tallo de un individuo) del peyote, el número de cabezuelas cuando se trataba de agrupaciones clonales (por cuestiones prácticas se definieron como clones o clonales a las agrupaciones de individuos o cabezuelas unidas físicamente unas con otras, debido a que generalmente no se puede distinguir si están conectados sus tallos o no, los cuales están enterrados, a pesar de la posibilidad de que algunos peyotes puedan estar así agrupados siendo no clonales), si se encontraba afuera o debajo del dosel de un arbusto, así como la orientación con respecto a éste. Por un lado se registró la cantidad de individuos y se midió la biomasa (se consideró como biomasa a la medida del área que abarca el disco de la cabezuela en  $\text{cm}^2$  o lo equivalente a medir la cobertura, gracias a que generalmente la parte del tallo aéreo fotosintético y que lleva los meristemas de crecimiento y florales tiene forma y crecen como un disco aplanado) presentes debajo del dosel arbustivo y en espacios abiertos, y por otro se cuantificaron los individuos y la biomasa del peyote presentes en la orientación N, E, S y O debajo del dosel arbustivo (fig. 7). Igualmente se midió la cobertura del dosel de cada arbusto y su altura. Con el fin de evaluar la importancia del dosel arbustivo en la distribución espacial de *Lophophora williamsii* se midió la biomasa de las plantas que se encontraban bajo el dosel arbustivo en la orientación norte, este, sur y oeste y también se midió la distancia a la que se encuentra el peyote del centro de cada arbusto bajo el dosel de éste, tomando la medida del centro de cada peyote al centro del arbusto de cada orientación, es decir, al norte, al este, al sur y al oeste. Para esto, la distancia del peyote al centro del arbusto se dividió entre el radio del dosel del arbusto debajo del que estaba, para cada orientación, por lo que se obtuvieron valores de distancia relativa de 0.0 a 1.0, la cual se dividió en 5 intervalos dentro de los cuales se podía encontrar distribuida la biomasa total peyote en cada orientación, siendo el número 1 el intervalo de los peyotes cercanos al centro del arbusto y el 5 el intervalo donde el peyote estuvo cerca del borde del dosel arbustivo (fig. 7).

Dentro de la zona de estudio se recolectaron frutos de *L. williamsii* en los sitios de muestreo. Por tratarse de una especie protegida y de uso restringido, se solicitó la autorización de colecta a la SEMARNAP Federal y a la delegación de San Luis Potosí. Dicha secretaría tuvo a bien la autorización limitada a un fruto por individuo.

#### 4.4 Germinación y viabilidad

Para evaluar la germinación se utilizaron 250 semillas de distintas edades (8, 7, 6, 1 años y de menos de 1 año) de la especie *L. williamsii*, 100 de las recolectadas durante el trabajo de campo en 1996 y 1997 y 150 semillas recolectadas también en el desierto de Real de Catorce en 1988, 1989 y 1990 (éstas últimas donadas por los profs. Gustavo Valencia y Salvador Rodríguez del laboratorio de Biotecnología y Etnobotánica de la ENEP-Iztacala). El ensayo para conocer el porcentaje de germinación y la viabilidad se llevó a cabo en dos fases: la primera se a cabo el 1996 con las semillas de 8, 7 y 6 años de edad en el laboratorio de Recursos Naturales de la U.I.C.S.E. y la segunda con las semillas de 1 año y las de pocos meses en el laboratorio de Microbiología de la Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (ambos de la ENEP-Iztacala). En ambas fases las semillas se separaron de los frutos recolectados, se limpiaron y se mantuvieron en bolsas de papel dentro del refrigerador para mantener su latencia. Se sembraron 25 semillas de cada edad en tierra (del suelo tamizado de las muestras tomadas en la zona de estudio) y agua estériles en una caja de Petri y bajo un fotoperiodo de 13 hrs luz a 30° C y 11 hrs oscuridad a 19° C (bajo las condiciones de luz y temperatura semejantes a las prevalcientes durante el verano en su hábitat), para lo cual se utilizó un timer y un foco de 100 watts. En total se utilizaron 10 unidades de germinación. En seguida se sometieron a imbibición en agua destilada estéril dentro de cajas de Petri. Luego se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 10% durante 5 minutos, se lavaron 5 minutos con alcohol etílico al 70% y finalmente se enjuagaron con agua destilada. Cada una de las semillas se enterró en el sustrato tanto como su tamaño (1.5 mm, según se describe en la obra de Bravo-Hollis, 1991). Se agregó agua destilada estéril hasta la saturación de los 50 gr de tierra contenidos en cada unidad de germinación. Finalmente se sellaron las unidades con cinta adhesiva para mantener constante y reducir al máximo la pérdida de humedad y de calor por evaporación, se colocaron dentro de una pecera cerrada sobre una rejilla para evitar tocar el fondo a una misma distancia de la fuente de luz. A su vez, con el fin de mantener la humedad y temperatura constantes alrededor de las unidades de germinación, se le agregó un poco de agua al fondo de la misma pecera. Se revisaron las cajas todos los días. Se consideró a una semilla germinada cuando presentaba emergida la radícula.

Transcurridos 28 días después del sembrado, debido a que la mayoría de las semillas de cactáceas germina durante los primeros 4 a 10 días (Ballesteros, 1978), se tomaron 7 semillas al azar (poco más del 25% de cada caja) de las no germinadas de cada unidad para someterlas a la prueba de viabilidad con sales de tetrazolio y las demás semillas se dejaron hasta completar un total de 50 días.

La prueba de viabilidad (tomada de Cota, 1984) de las semillas de peyote consistió en lo siguiente: 1) se remojaron las semillas en agua destilada a 30° C durante 16 hr, 2) después, se eliminó la testa con unas pinzas entomológicas, 3) en seguida, se embebieron los embriones en una solución de 0.1% de 2,3,5-cloruro de trifeniltetrazolio a pH 7, dejándolos en oscuridad a temperatura constante de 30° C durante 24 hr, 4) finalmente se eliminó la solución de los embriones y se mantuvieron en solución acuosa a 4-6° C, mientras se analizó la topografía de la tinción de los embriones uno por uno. Se consideró viable a una semilla que presentó una tinción rojiza homogénea en todo el embrión y no viable a las que no se presentaron teñidas o con una tinción pálida parcial.

#### **4.5 Banco de semillas**

En todos los cuadrantes se tomaron muestras de suelo, 10 por cuadrante de más de 50 gr cada una, para estimar el banco de semillas de *L. williamsii* (en el último cuadrante de 10 X 10 m se abarcó una área total de 300 m<sup>2</sup> para las 10 muestras) a unos 30 cm de cada clón (la cual se consideró así, debido a que es la distancia mínima de dispersión esperada después de la maduración del fruto en la época de lluvias) y a 10 cm de profundidad desde la superficie (capa arable). En el caso del sitio III se encontró una reducida población de peyote se tomaron 20 muestras más de suelo fuera del cuadrante para buscar las de semillas en ausencia de peyote.

De las muestras se separaron las piedras grandes y luego se pesaron 40 gr de suelo seco y se tamizaron en la malla de 2 mm para desechar las piedras pequeñas. En seguida, tomando en cuenta el tamaño máximo y mínimo de las semillas (en promedio tienen un tamaño de 1.5 mm de

longitud y de 1.0 mm de ancho), se volvió a tamizar el suelo en distintas aberturas de malla. El suelo tamizado se colocó en agua para separar las semillas de peyote, gracias a que estas flotan en ella (esto se probó previamente colocando algunas de las semillas que se habían obtenido en el tamiz en una muestra de tierra sin semillas). El suelo restante se examinó al microscopio. Finalmente, se examinaron las semillas encontradas al microscopio estereoscópico para su identificación.

#### 4.6 Tratamiento de los datos

Para el análisis e interpretación de los datos utilizamos tablas y gráficas, en particular en los que se refieren a las tallas, cobertura, orientación azimutal, la relación del dosel arbustivo y la biomasa del peyote y densidad absoluta, así como también para los datos de las áreas utilizadas de la fotointerpretación de los registros aéreos.

Para probar la hipótesis alterna de la existencia de una distribución no aleatoria ligada al dosel arbustivo, utilizamos una prueba de  $\chi^2$  con una tabla de contingencia de  $2 \times 2$  para asociación de especies, luego medimos la biomasa de *L. williamsii* en función del tamaño del dosel arbustivo con un análisis de correlación, así como también la distribución de ésta respecto a la distancia al centro de cada uno de los arbustos hacia el borde del dosel y su orientación azimutal por medio de un análisis de varianza y una prueba de Tukey para discernir las diferencias.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Distribución de *Lophophora williamsii* dentro de la zona de estudio

El resultado de los recorridos dentro de la zona de estudio fue el de encontrar manchones aislados de la población de *L. williamsii*, muy distanciados entre ellos, y de escasa densidad. Se estimó que la población actual de peyote en el Desierto de Real de Catorce representa aproximadamente sólo el 30% de la población calculada de 30 años atrás. En los lugares cercanos a poblados, rancherías y caminos, así como en los alrededores de las parcelas de cultivo, no se encontraron plantas de peyote. Se hallaron algunos individuos únicamente después de aproximadamente 2 a 5 km a la redonda de estos lugares. En los lugares más cercanos a los poblados, rancherías y caminos, ni en los alrededores de las parcelas de cultivo, no se encontraron plantas de peyote, únicamente a unos 2-5 km de distancia de estos lugares (fig. 8).

#### 5.1.1 Fotointerpretación

El Desierto de Real de Catorce presenta un paisaje fragmentado debido a un considerable aumento en el uso y erosión del suelo, como se muestran en dos tomas panorámicas de 1989 y de 1996 (fig. 9) desde la Sierra de Catorce. El aspecto fragmentado que se observa en estas fotografías es ocasionado principalmente por la presencia de parcelas de cultivo en uso y abandonadas temporal o permanentemente.

Con base en la fotointerpretación el área perturbada estimada para el año de 1969 fue de 114 km<sup>2</sup>, de 156 para 1983 y de 228 km<sup>2</sup> para el año de 1993 dentro de los 300 km<sup>2</sup> considerados como la zona de estudio, como se muestra en los mapas de la figura 11. Dichas áreas representan el 38% para 1969, 52% para 1983 y 76% para el año de 1993 (fig. 12). Este incremento en el área perturbada se debe principalmente a la agricultura de temporal. El proceso de apertura de nuevas áreas para la agricultura se ha mantenido constante en los últimos 28 años. Pero a nivel local, el área

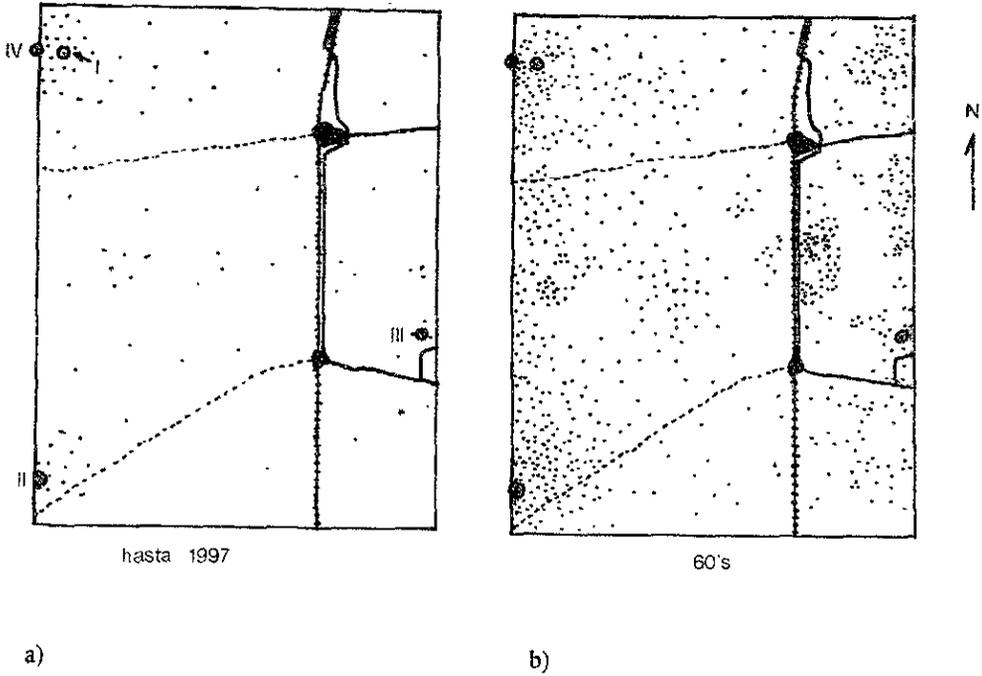


Fig 8. Comparación de la abundancia y distribución del peyote dentro de la zona de estudio: en a) la distribución y abundancia actuales, donde se observa una notable reducción y en b) mapa de la distribución y abundancia de *L. williamsii* en los años 60's.

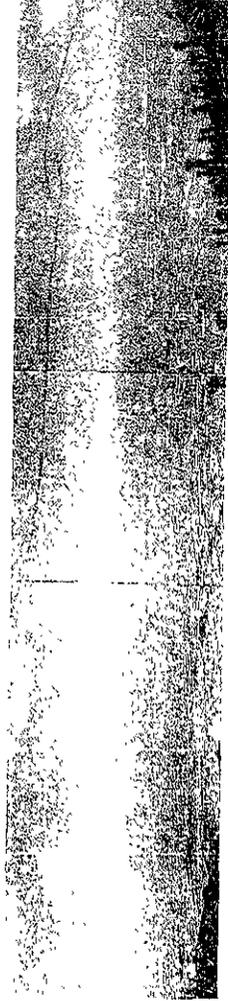
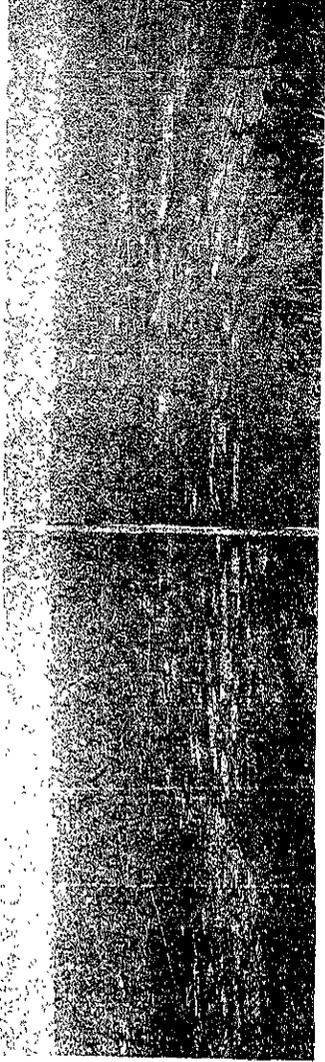


Fig. 9. Vista panorámica de la fragmentación de la vegetación, dentro del Desierto de Real de Catorce desde el cerro del "Quemado", de la Sierra de Catorce en dos años diferentes. En la parte superior se muestra una línea de fotografías tomadas en 1989 y la inferior una línea fotográfica de 1996.

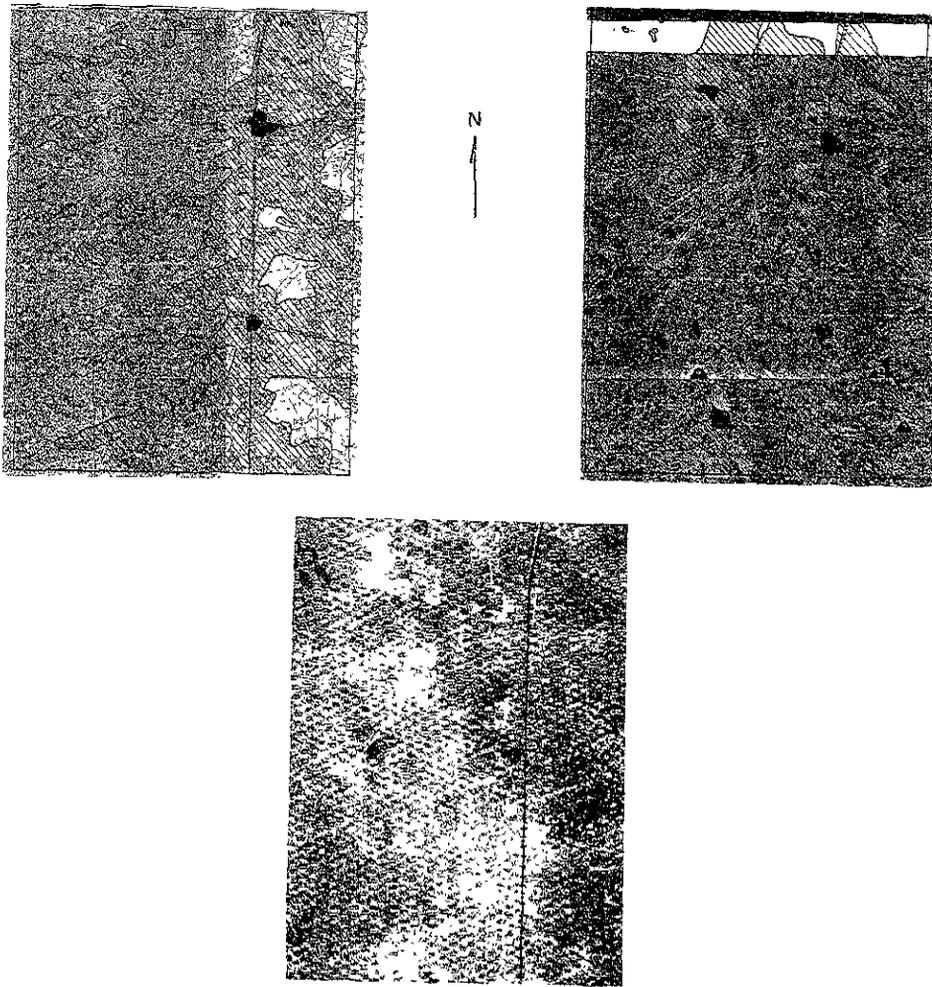


Fig 10 Mapas en secuencia de tres años diferentes de la zona de estudio, donde se puede apreciar el aumento en las zonas utilizadas para la agricultura y las erosionadas. La zona de estudio está delimitada por un rectángulo de 20 X 15 km. El primero es la carta de vegetación (CETENAL, 1971) elaborada a partir de fotografías aéreas tomadas en 1969; el segundo es un mosaico de fotografías aéreas tomadas en junio de 1983 (D G G , junio de 1983); el tercero es una composición de imágenes de satélite tomadas de febrero a abril de 1993 (L N F G I 1995)

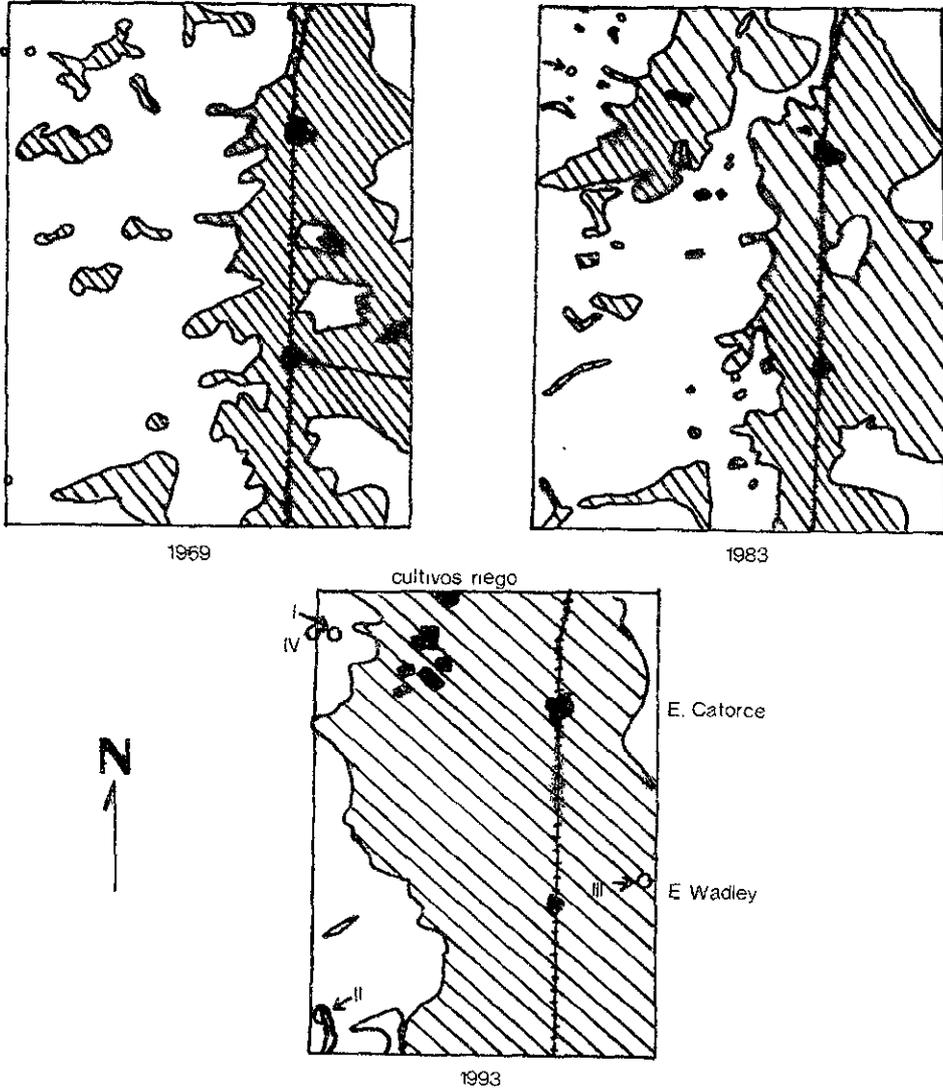


Fig. 11. Mapas en secuencia cronológica de la fotointerpretación del aumento en las zonas perturbadas por la agricultura de temporal, áreas marcadas con líneas, dentro de la zona de estudio. También se observan algunas parcelas con cultivos de riego en la imagen de 1993. A partir de los registros fotográficos de 1969, 1983 y de imágenes de satélite de 1993, presentados en la fig. 10

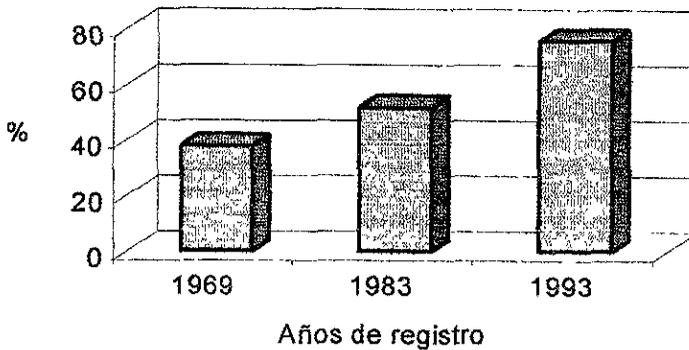
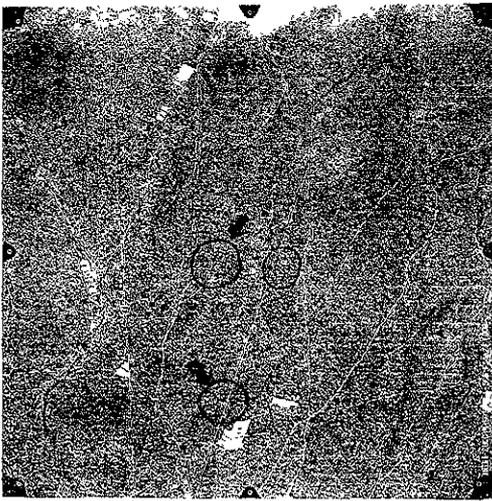


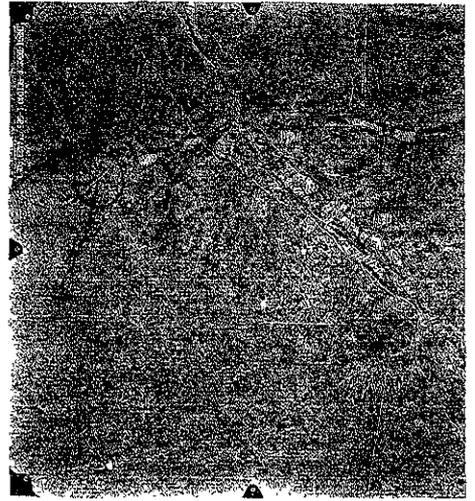
Fig. 12. Gráfico donde se muestra el porcentaje de áreas erosionadas utilizadas para la agricultura, en tres años, a partir de la fotointerpretación se incluyen las áreas de parcelas abandonadas y en uso, más el total de las áreas utilizadas de los poblados y las carreteras.

cercana a Catorce-1 ha experimentado una declinación en la conversión de la tierra para la agricultura, siendo el principal impacto de esta perturbación ocurrida de 1969 a 1983 con el 100% de incremento del área utilizada para esta actividad y luego seguido de un crecimiento más lento de sólo el 20% para el periodo comprendido entre 1983 a 1994. Se observó una mayor cantidad de parcelas de cultivo de temporal en el sitio III, Wadley-2 que en el sitio II, Wadley-1, donde se encontró una sola parcela en uso y dos grandes parcelas recientemente abiertas en los sitios I y IV de Catorce-1 y Catorce-2, respectivamente, como lo muestran las fotografías aéreas más recientes (fig. 13). En el sitio III de Wadley-2, ubicado en las laderas de la parte oeste de la Sierra de Catorce, muestra una gran perturbación del suelo por la actividad agrícola .

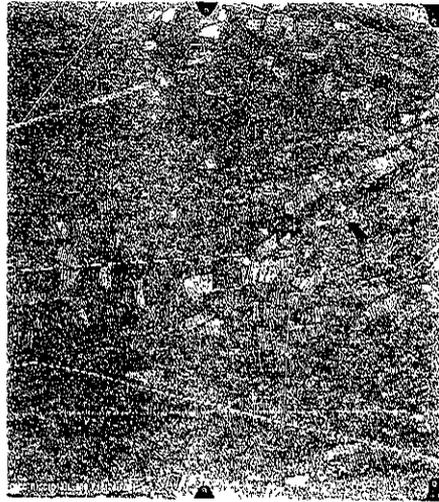
Como a 2 km de distancia del sitio IV había una parcela de unos 600 m<sup>2</sup> claramente marcada en las fotografías aéreas de 1969, pero en las de 1983 se observa invadida por vegetación parcialmente hasta quedar completamente "borrada" como se observa en las fotografías de 1994. Esto parece indicar que fue abandonada y que se cubrió de vegetación en un periodo de tiempo de aproximadamente 15 años. Por la homogeneidad que muestra esta parcela recubierta con la vegetación circundante, seguramente fue repoblada por el estrato arbustivo de la gobernadora (fig. 13).



a)



b)



c)

Fig. 13. Fotografías aéreas tomadas en abril de 1994 (I.N.E.G.I.-D.G.C C., 1994) dentro de la área de estudio donde se ubican los sitios I, II, III y IV y donde se pueden apreciar las diferencias en el uso de suelo para la agricultura de temporal. En a) se ubican los sitios I y IV, en b) el sitio II y en c) el sitio III en marcados por las líneas discontinuas. En a) el área dentro del círculo muestra el lugar donde había una parcela abandonada.

### 5.1.2 Sitios de muestreo

#### SITIO I (CATORCE-1)

En el sitio I, ubicado a 10 km de Estación Catorce y con una altitud de 1830 msnm, se encontró un manchón de plantas de peyote de aproximadamente 100 m de diámetro. Cerca de ahí había una larga vereda de terracería, la cual todavía unos 5 años atrás formaba parte de un cercado de aproximadamente 10 km de longitud, por lo que el camino parece haber sido construido para el mantenimiento de éste. A unos cien metros existían los restos de una casa abandonada, que años atrás contenía un tejado y un bebedero para cabras. Según información de los lugareños, los huicholes no llegan hasta este sitio y el sitio IV y el peyote es saqueado por otras personas.

#### SITIO II (WADLEY-1)

En el segundo sitio se encontró un manchón como de 150 m de diámetro, ubicado a 12 km de distancia de Estación Wadley a una altura de 1900 msnm. Este sitio tiene un cruce de caminos de terracería en el que pueden pasar vehículos. En este lugar se lleva a cabo la actividad agrícola de temporal, pastoreo de ganado caprino y una alta explotación del peyote, en la que participan activamente los huicholes y otras personas. A unos metros se encuentra un pequeño cerro donde dejan sus ofrendas de huicholes.

#### SITIO III (WADLEY-2)

En el tercer sitio, había un sólo manchón que no tenía más de 20 m de diámetro. Está ubicado a unos 6 km de Estación Wadley y con una altitud de 1980 msnm. Este relicto se localizó después de una intensa búsqueda, ya que el cacto es sumamente escaso. Por lo que sabe, en este lugar los huicholes colectaban grandes cantidades de peyote. En los alrededores se observa una mayor actividad agrícola también de temporal, sobre todo en las partes más bajas. A unos metros está un camino de terracería más amplio y que conduce a una ranchería, ubicada a un kilómetro y

medio. Hacia el sur, a unos 500 m, está un camino más transitable que lleva a las minas de antimonio de la Sierra de Catorce. Este lugar tiene una mayor pendiente que los otros dos, siendo parte de las laderas del oeste de esta sierra.

#### SITIO IV (CATORCE-2)

Finalmente, se ubicó un lugar, a unos 3 km del primero, con un hábitat menos perturbado y con mayor densidad y tamaño de los peyotes. A esta localidad la se le denominó Catorce-2, la cual alcanza los 1850 msnm. Junto con el área del cuadrante, el manchón de *L. williamsii* abarcaba un diámetro de aproximadamente 200 m, partido por un angosto camino de terracería. Al parecer la distancia y lo inaccesible del sitio hacen que el cacto sea menos explotado por los peyoteros. La actividad actual parece limitarse al pastoreo de ganado caprino (a unos 200 m hay un pequeño corral) y tal vez a la explotación de fibra de yuca (*Yucca carnerosana*), la cual se encuentra aquí con mayor abundancia.

### 5.2 Información de los cuadrantes

#### 5.2.1 Sitio I

En este lugar se establecieron tres cuadrantes. El total de los tres cuadrantes suma 900 m<sup>2</sup>, dentro de los cuales la gobernadora (el elemento vegetal más dominante) tiene una cobertura de más del 30% de un total de 356 arbustos con una altura promedio de 1 m, de los cuales sólo 41 (un 20% del total) tenían bajo su dosel al menos a un individuo de *L. williamsii* (ver tabla 3). El total de peyotes encontrados fue de 100 cabezuelas (ver tabla 4), 41 de las cuales eran individuos de una sola cabezuela (67.2% del total de clones), 7 (11.5%) clones con 2 cabezuelas, 7 (11.5%) con 3 y 6 (9.8%) con 4. Un bajo porcentaje (18%) estaba en espacios abiertos, de los cuales 4 eran individuos de una cabezuela, 6 estaban en 2 grupos de 3 cabezuelas y 8 agrupados en 2 clones de 4 cabezuelas. Bajo el dosel arbustivo se encontraron 82 peyotes, 37 eran individuos de una sola cabezuela, 14 en 7 clones de 2 cabezuelas, 15 en 5 agrupaciones de 3 y 16 en 4 clones de 4 cabezuelas. De estos, la

mayoría (casi el 29%) tenían 5.0 cm de diámetro, otro tanto 3.0 cm (14.3%) y los tamaños extremos fueron dos individuos de una cabezuela bajo arbustos en diferentes cuadrantes, uno de 1.0 cm y uno de 7.5 cm. La mayoría de los arbustos con peyote tenían bajo su dosel a un sólo clón (32 de 41), 8 a 2 y sólo un arbusto a 5 clones. El patrón espacial de las plantas de gobernadora parece ser homogénea con una densidad de 0.39 individuos/m<sup>2</sup> y la de *L. williamsii* de 0.11 individuos/m<sup>2</sup>. La pedregosidad en la superficie de suelo de la zona era media.

LOCALIDAD	arbustos		cobertura			
	número de individuos	%	densidad inds/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	porcentaje en 300 m <sup>2</sup>	promedio
<b>SITIO I</b>						
con <i>L. williamsii</i>	41	11,5	0,04	60,83	20,23	1,48
sin <i>L. williamsii</i>	315	88,5	0,35	239,89	79,77	0,76
Total	356		0,39	300,72		0,84
<b>SITIO II</b>						
con <i>L. williamsii</i>	76	30,9	0,08	143,27	61,66	1,17
sin <i>L. williamsii</i>	170	69,1	0,19	89,41	38,34	0,88
total	246		0,27	233,18		1,1
<b>SITIO III</b>						
con <i>L. williamsii</i>	9	5,36	0,03	9,99	6,94	1,11
sin <i>L. williamsii</i>	159	94,6	0,53	133,89	93,06	0,84
total	168		0,56	143,88		0,85
<b>SITIO IV</b>						
con <i>L. williamsii</i>	35	72,3	0,35	28,59	87,6	0,82
sin <i>L. williamsii</i>	10	22,7	0,1	4,06	12,4	0,41
total	45		0,45	32,65		0,72

Tabla 3 Información del estrato arbustivo en cada localidad de la zona de estudio

LOCALIDAD	cabezuelas			cobertura		tallas en cm		
	número de individuos	%	densidad (inds/m <sup>2</sup> )	en cm <sup>2</sup>	%	más frecuente	máxima	mínima
<b>SITIO I</b>								
esp abierto	18	18	0,02	184	14,8	3,5	5	2,5
bajo dosel	82	82	0,09	1062	85,2	5	7,5	1
ambos	100		0,11	1246		5	7,5	1
<b>SITIO II</b>								
esp abierto	156	41,3	0,17	1572	43,8	3	7	1
bajo dosel	222	58,7	0,25	2020	56,2	3	7	0,5
ambos	378		0,42	3592		3	7	0,5
<b>SITIO III</b>								
bajo dosel	16	100	0,05	307	100	4	7,5	3
<b>SITIO IV</b>								
esp abierto	90	23,5	0,9	1415	21,3	3	8,5	1,5
bajo dosel	293	76,5	2,93	5220	70,7	4	8	1,5
ambos	383		3,83	6635		4	8,5	1,5

Tabla 4 Información de *L. williamsii* en cada localidad dentro del Desierto de Real de Catorce.

En el primer cuadrante había 0.41 plantas por m<sup>2</sup> de *L. tridentata* de un total de 124 arbustos. Estas tenían una cobertura del 30% del cuadrante (abarcando 106.06 m<sup>2</sup>), pero solamente 21 arbustos de gobernadora, con una cobertura dentro del cuadrante de 17% (18.86 m<sup>2</sup>), tenían peyote bajo su dosel (fig. 14 y tabla 5). Dentro de los 300 m<sup>2</sup> del cuadrante, se hallaron 55 individuos de *L. williamsii*, 29 de los cuales crecían agrupados, 3 eran clones de 2 cabezuelas 5 de 3 y 2 de 4 y 26 cactus individuales. Como se puede observar en el mapa de la figura 20, la mayor

parte se encontraba debajo del dosel de la gobernadora, sólo 13 individuos se encontraban en espacios abiertos (3 plantas individuales, 2 clones de 3 cabezuelas y uno de 4). Sólo un individuo presentó un primordio floral y ninguno tenía fruto. Lo anterior representa una densidad absoluta de 0.12 clones y 0.18 cabezuelas por m<sup>2</sup> de *L. williamsii*. En cuanto a las tallas, la mayor cantidad de cabezuelas individuales o de cabezuelas mayores en los clones fue de 5.0 cm de diámetro, la mayor de 6.5 cm y la más pequeña de 1.0 cm creciendo bajo el dosel arbustivo. Los peyotes presentes en espacios abiertos tenían medidas de 5.0 cm la cabezuela mayor, de 2.5 cm la menor y de 3.0 cm la más frecuente (ver tabla 6). Se encontraron, además de *Larrea tridentata* (gobernadora), algunas especies de cactáceas como *Opuntia* sp., *O. leptocaulis* (la cual es abundante en este desierto asociada a *L. tridentata*), *O. vilis*, *O. umbricata*, *O. tunicata*, *Ferocactus hamatacanthus*, *Chinocactus platyacanthus*, *Mammillaria* sp y una sola planta de yuca muerta (*Yucca filifera* y *Yucca carnerosana* son especies abundantes en el área de muestreo) con dos hijuelos vivos, además de *Lophophora williamsii* (fuera de los cuadrantes se observan algunas plantas de *Ariocarpus retusus*)

### Cuadrante de la zona 1

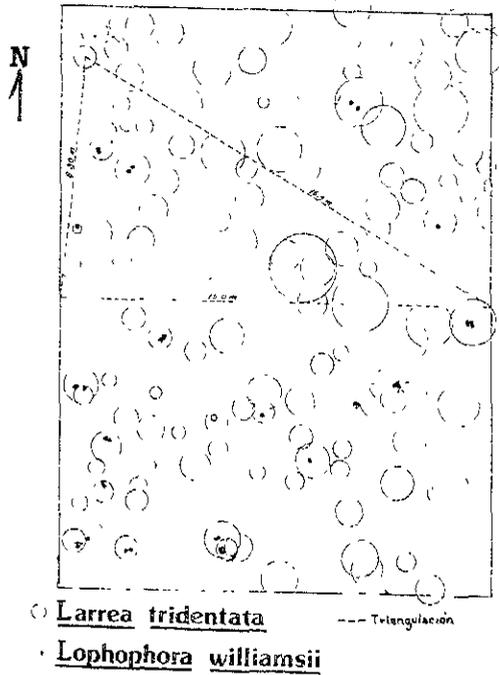


Fig. 20 Mapa del primer cuadrante del sitio I donde se muestra la ubicación espacial de *Larrea tridentata*, simbolizada con círculos, y de las cabezuelas de clones de *Lophophora williamsii*, representadas con puntos. Como en la figura 7, con las líneas discontinuas aquí se muestra la técnica de triangulación por coordenadas.

LOCALIDAD	arbustos			cobertura			
	SITIO I	número de individuos	%	densidad (inds/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	porcentaje en 300 m <sup>2</sup>	promedio m <sup>2</sup>
<b>1er cuadrante</b>							
	con L. will	21	16,9	0,07	18,86	6,3	0,9
	sin L. will	103	83,1	0,34	87,2	29,06	0,85
	total	124		0,41	106,06	35,35	0,85
<b>2do cuadrante</b>							
	con L. will	11	11,46	0,04	29,92	9,97	2,72
	sin L. will	85	88,54	0,28	55,35	18,45	0,65
	total	96		0,32	85,27	28,42	0,89
<b>3er cuadrante</b>							
	con L. will	9	6,62	0,3	12,04	4,01	1,34
	sin L. will	127	93,38	0,42	97,34	32,45	0,77
	total	136		0,45	109,38	36,46	0,8

Tabla 5 Información del estrato arbustivo con respecto al peyote en Catorce-1.

LOCALIDAD	cabezuelas			cobertura		tallas en cm		
	número de individuos	%	densidad inds/m <sup>2</sup>	en cm <sup>2</sup>	%	más frecuente	máxima	mínima
<b>1er cuadrante</b>								
esp abierto	13	23,64	0,04	122,91	19,37	3	5	2,5
bajo dosel	42	76,36	0,14	511,69	80,63	5	6,5	1
ambos	55		0,18	634,6		3	6,5	1
<b>2do cuadrante</b>								
bajo dosel	26	100	0,09	384,45	100	5	6,5	1,5
<b>3er cuadrante</b>								
esp abierto	5	26,32	0,02	61,06	26,9	3,5	5	3,5
bajo dosel	14	73,68	0,05	165,91	73,1	3	7,5	1,5
ambos	19		0,06	226,97		3,5	7,5	1,5

Tabla 6 Información de *L. williamsii* dentro de los cuadrantes en Catorce-I

En el segundo cuadrante la cobertura de *L. tridentata* fue de 85 m<sup>2</sup> aprox., lo cual representa poco menos del 30% del total del área del cuadrante, aunque solamente 11 individuos cubrían con su dosel 29.92 m<sup>2</sup>, lo que representa el 10% del área del cuadrante y contenían 12 clones de *L. williamsii*. Estos 11 arbustos tienen un diámetro promedio de 177.27 cm y una altura promedio de 152.18 cm contra 122.26 cm de diámetro y 103.19 cm de altura en promedio de los 96 arbustos en total dentro del cuadrante (ver tabla 5). Se encontró una densidad de 0.04 clones por m<sup>2</sup> de *L. williamsii* con 12 clones en total, 4 con una sola cabezuela, 4 con 2, 2 con 3 y 2 con 4 cabezuelas, haciendo un total de 26 individuos o 0.09 individuos/m<sup>2</sup>, siendo de 6.5 cm de diámetro el de mayor tamaño y de 1.5 cm de diámetro el menor con un promedio de 5.0 cm. No se encontraron plantas en espacios abiertos (ver tabla 6)

Además había otros cuatro géneros de cactus con menor densidad: *Echinocactus* sp., *Ferocactus* sp., *Mammillaria* sp. y *Coryphantha* sp. Otras especies presentes fueron: *Jatropha dioica* y *Yucca filifera*.

La cobertura del dosel arbustivo en el tercer cuadrante (ver tabla 5) midió 109.38 m<sup>2</sup>, de los cuales 12.04 m<sup>2</sup>, de un total de 9 arbustos, tenían bajo su dosel alguna planta de peyote y 127 arbustos sin *L. williamsii* que median 97.34 m<sup>2</sup>. A su vez, el promedio del diámetro del dosel de estos 9 arbustos fue de alrededor de 113 cm y una altura de 94 cm en promedio contra 99 cm de diámetro y 84 cm de altura en promedio de los 127 arbustos sin peyote dentro del cuadrante. En este cuadrante se observó una densidad de 0.06 individuos/m<sup>2</sup>, es decir, 19 plantas de *L. williamsii* en total, 11 de las cuales eran plantas individuales y 2 de 4 cabezuelas, 1 de 1 y 1 de 4 cabezuelas, crecían en espacios abiertos. En cuanto a las tallas, una planta aislada tenía 7.5 cm de diámetro, pero las otras eran menores de 5.5 cm y la más pequeña de 1.5 cm y la talla más frecuente de 3.0 cm. La cercanía a la base de los arbustos promediaba unos 11 cm dentro del dosel de la gobernadora (ver tabla 6).

### 5.2.2 Sitio II

En la localidad de Wadley-1 se establecieron 3 cuadrante (ver tablas 3, 4, 7 y 8). Uno de éstos en un plano con suelo pedregoso, sobre un terreno con tierra suelta y pocos arbustos. Se encontró en este cuadrante una densidad de 0.63 clones por m<sup>2</sup> para *L. williamsii*, aproximadamente 3 veces mayor que la densidad encontrada en el sitio i, pero en cuanto a cantidad total de plantas la densidad fue de 0.8 cabezuelas /m<sup>2</sup> contra 0.11 de los tres cuadrantes en Catorce-1 (fig. 13). Sin embargo, la densidad de *L. williamsii* en el segundo cuadrante, ubicado a 40 m al norte del primero, fue de 0.08 clones por m<sup>2</sup> o de 0.46 individuos por m<sup>2</sup> (fig. 14 y 15). En el tercer cuadrante, establecido a 50 m al oeste del segundo, había un sólo individuo de *L. williamsii*.

LOCALIDAD	arbustos			cobertura		
SITIO II	número de individuos	%	densidad inds/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	porcentaje en 300 m <sup>2</sup>	promedio
<b>1er cuadrante</b>						
con L. will	21	44,68	0,07	13,98	4,66	0,67
sin L. will	26	55,32	0,09	6,4	2,13	0,24
total	47		0,16	20,38	6,79	0,43
<b>2do cuadrante</b>						
con L. will	23	40,35	0,08	37,23	12,41	1,62
sin L. will	34	59,65	0,11	43,45	14,48	1,28
total	57		0,19	80,68	26,89	1,41
<b>3er cuadrante</b>						
con L. will	1	0,97	0,01	1,74	0,58	1,74
sin L. will	102	99,03	0,34	93,42	31,14	0,92
total	103		0,34	95,16	31,72	0,92

Tabla 7. Información de los arbustos dentro de los cuadrantes en el sitio II.

LOCALIDAD	cabezuelas			cobertura		tallas en cm			
	SITIO II	número de individuos	%	densidad inds/m <sup>2</sup>	en cm <sup>2</sup>	%	más frecuente	máxima	mínima
<b>1er cuadrante</b>									
esp abierto	135	56,25	0,45	1397,42	57,67	3	7	1	
bajo dosel	105	43,75	0,35	1025,53	42,33	3	7	0,5	
ambos	240		0,8	2422,95		3	7	0,5	
<b>2do cuadrante</b>									
esp abierto	21	15,33	0,07	174,95	15,39	3	5,5	1	
bajo dosel	116	84,67	0,38	962,11	84,61	3,5	7	1	
ambos	137		0,45	1137,06		3	7	1	
<b>3er cuadrante</b>									
bajo dosel	1	100	0,01	38,48	100	7	7	7	

Tabla 8 Información de *L. williamsii* dentro de los cuadrantes en el sitio II.

La densidad de la gobernadora fue menor que en el sitio I, aunque las tallas de las plantas en el primer cuadrante son menores a 50 cm en promedio y de poco follaje. La cobertura de *L. tridentata* fue de 40 m<sup>2</sup> aprox., en el primer cuadrante, en el segundo de 100 m<sup>2</sup> y en el tercero fue de 80 m<sup>2</sup>. Además, a diferencia del resto de los cuadrantes, había mayor abundancia de otras especies como son *Agave lechuguilla*, *Ariocarpus*, *Mammillaria*, *Jatropha dioica*, *Echinocactus horizontalis* ("mancacaballo"), *Ferocactus* y de *Opuntia*. En el tercer cuadrante también se registraron arbustos de *L. tridentata* y una sola planta de *L. williamsii*.

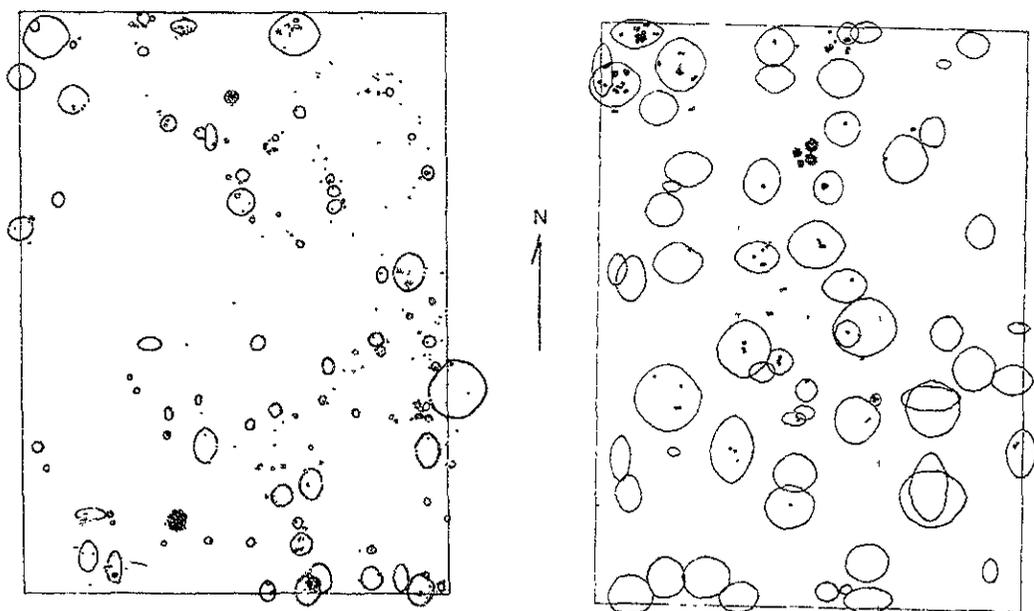


Fig. 13 Mapas del primer y segundo cuadrantes en la localidad de Wadley-1

SITIO I CATORCE-1																		
1er cuadrante	P O R C E N T A J E																	
esp abierto	50	0	33	17					23	31	15	15	7.7	7.7				
bajo dosel	77	10	10	3		2.4	7.3	15	19	7.3	12	4.9	22	2.4	4.9	2.4		
ambos	72	8	14	6		1.8	5.5	17	22	9.3	13	5.5	18	1.8	3.7	1.8		
2do cuadrante																		
bajo dosel	33	33	17	17		3.8	11	0	3.8	7.7	27	7.7	27	0	7.7	3.8		
3er cuadrante																		
esp. abierto	50	0	0	50							60	20	0	20				
bajo dosel	91	0	0	9		14	0	21	21	14	0	0	14	7	0	0	0	7
ambos	73	0	0	27		10	0	16	16	26	5.3	0	16	5.3	0	0	0	5.3
Total																		
esp. abierto	50	0	25	25					17	22	28	17	5.5	11				
bajo dosel	70	13	9.4	7.5	1.2	4.9	7.3	11	15	8.5	15	4.9	22	2.4	4.9	2.4	0	1.2
ambos	67	11	11	10	1	4	6	12	16	12	15	5	20	2	4	2	0	1
	1	2	3	4	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
	Cabezuelas por clón				T a l l a s   e n   c m													

Tabla 9 Porcentaje de la biomasa de *L. williamsii* de cada agrupación clonal y por cada talla dentro de los cuadrantes del sitio I.

Más del 50% de los individuos crecen fuera del sombreado de *L. tridentata*. Aproximadamente el 40% de los clones presenta más de 3 individuos, el resto de los clones presentó 2 cabezuelas (20%) y el 40% de los clones presentaron una cabezuela. El diámetro promedio que registramos fue de 3.5 cm, aunque también observamos individuos de mayor tamaño en esta segunda zona de trabajo.

SITIO II WADLEY-1																							
1er cuad		P O R C E N T A J E																					
e. abierto	80	9.2	0.8	0.8	0	0	0.8	0		2	6.7	15	12	19	7	13	5.2	10	2	6	0	1.5	
b. doscl	82.3	7.6	6.3	2.5	1.3	0	0	0	1	2	9	14	13	18	10	14	1	10	0	7	0	1	
ambos	84.7	8.9	3.7	1.6	0.5	0	0.5	0	0.4	2.1	7.5	15	12	19	8.7	13	3.3	10	1.2	6.2	0	1.2	
2do cuad																							
e. abierto	64.3	29	0	7	0	0	0	0					19	14	38	9.5	4.8	4.8	4.8	4.8			
b. doscl	60.6	24	6	1.5	6	0	0	6		4.3	5.2	20	11	20	13	15	1.7	6.9	0	1.7	0	0.9	
ambos	61.2	25	5	2.5	5	0	0	1.2		3.6	4.4	20	12	23	12	13	2.2	6.6	0.7	1.5	0	0.7	
3er cuad																							
b. doscl	100	0	0	0	0	0	0	0															100
total																							
e. abierto	84	12	1.6	1.6	0	0	0.8	0		1.9	5.7	16	12	22	7.7	11	5.1	9	2.6	5.1	0	1.3	
b. doscl	73	15	6.2	2	3.4	0	0	1	0.4	3.1	6.8	17	12	19	12	14	1.3	8.6	0	4	0	1.3	
ambos	78	14	4.1	1.8	1.8	0	0.4	0.4	0.3	2.6	6.3	17	12	20	10	13	2.9	8.7	1.1	4.5	0	1.3	
	1	2	3	4	5	6	7	8	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
	Número de cabezuelas por clón								T a l l a s   e n   c m														

Tabla 10 Porcentaje de la biomasa de *L. williamsii* de cada agrupación clonal y por cada talla dentro de los cuadrantes del sitio II

### 5.2.3 Sitio III

En el sitio III se estableció un cuadrante cerca de una rancharía. La densidad encontrada para esta especie fue 0.04 clones por  $m^2$ , con un total de 16 individuos, agrupados en clones de 1, 2 o 3 cabezuelas. La cobertura del estrato arbustivo fue de aprox.  $140 m^2$ , representando casi el 50% del área total del cuadrante. En esta zona abunda más *Flourensia cernua* que *L. tridentata*. En cambio, de *L. williamsii*, se midió una cobertura de  $0.04 m^2$ , lo cual representa el 0.01% de la superficie del cuadrante (fig. 16). Fuera de este había sólo cuatro individuos en una área aproximada de más de  $1000 m^2$  (fig 17). Por los recorridos a pie y en camioneta más allá de esta última se concluyó que difícilmente se encontrarían más plantas de esta especie, parece ser que se debe al gran saqueo que existe en esta parte del desierto.

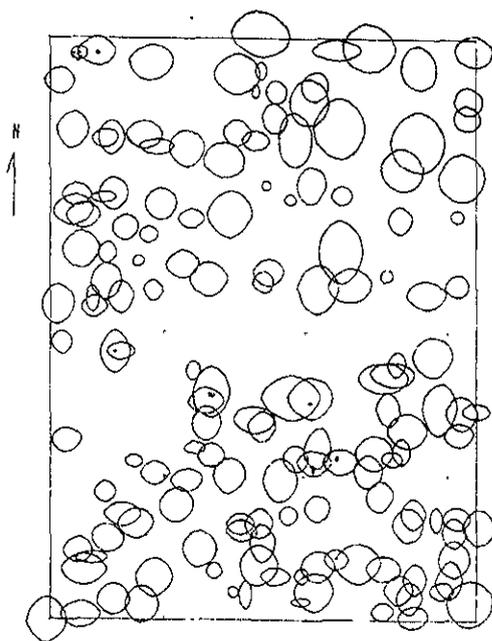


Fig 16. Mapa de la distribución de *L. williamsii* en el cuadrante de la localidad de Wadley-2.

#### 5.2.4 Sitio IV

A 2 km del sitio I se estableció un último cuadrante de 10 X 10 m. Dentro del cuadrante de 100 m<sup>2</sup>, *Larrea tridentata* tuvo una cobertura del 30% con un promedio del área del dosel de 0.72 m<sup>2</sup> de un total de 46 plantas, de las cuales 36 tenían peyote bajo su dosel con un promedio en el área del dosel (0.82 m<sup>2</sup>) mayor que las que no tenían este cacto (0.41 m<sup>2</sup>) (tabla 3). Se midió una densidad de 3.83 individuos/m<sup>2</sup> de peyote, el mayor porcentaje se encontró bajo el dosel del estrato arbustivo (76.5%), en cuanto a tallas la mayor parte eran de 4.0 cm de diámetro el de mayor tamaño de 8.5 cm y el de menor tamaño de 1.5 cm. Muy cerca del cuadrante se encontraron varios individuos de tallas mayores con tallos más altos (fig. 17) Entre éstos había un peyote que medía más de 10 cm de diámetro, 7 cm de alto y 15 tenía costillas (fig. 18), lo cual es muy raro encontrar, porque la mayoría de los que tienen más de 8.0 cm de diámetro por mucho tienen 12 ó 13 costillas (tabla 4) Como se muestra en la figura 19, el promedio de las tallas de peyote encontradas bajo el dosel arbustivo fue mayor que el promedio del total de plantas de los demás sitios de muestreo. También se muestra en las figuras 20 y 21, la distribución de las tallas del peyote en cada una de las localidades, con base a la frecuencia y el porcentaje, respectivamente. Además las agrupaciones o clones contaban con numerosas cabezuelas de hasta 19 individuos contra 5 como máximo en los clones encontrados en los otros sitios. En cuanto a la biomasa del peyote encontrado bajo el dosel arbustivo, 20 arbustos tenían de 4.91 a 126.02 cm<sup>2</sup>, 7 de 126.03 a 247.13 cm<sup>2</sup>, 3 de 247.14 a 368.24, 2 de 368.25 a 489.35, 2 de 489.35 a 610.46, haciendo un total de 5220.31 cm<sup>2</sup> contra 1415.48 cm<sup>2</sup> de cobertura o biomasa de las plantas en espacios abiertos

LOCALIDAD	P O R C E N T A J E																	
<b>SITIO I</b>																		
esp abierto					17	22	28	17	5.5	11								
bajo dosel		1.2	4.9	7.3	11	15	8.5	15	4.9	22	2.4	4.9	2.4	0	1.2			
ambos		1	4	6	12	16	12	15	5	20	2	4	2	0	1			
<b>SITIO II</b>																		
esp abierto		1.9	5.7	16	12	22	7.7	11	5.1	9	2.6	5.1	0	1.3				
bajo dosel	0.4	3.1	6.8	17	12	19	12	14	1.3	8.6	0	4	0	1.3				
ambos	0.3	2.6	6.3	17	12	20	10	13	2.9	8.7	1.1	4.5	0	1.3				
<b>SITIO III</b>																		
bajo dosel						11	11	22	5.6	28	0	0	11	5.6	5.6			
<b>Subtotal</b>																		
esp abierto		1.7	5.2	14	13	22	9.8	12	5.2	9.2	2.3	4.5	0	1.1				
bajo dosel	0.3	2.6	6.2	14	11	18	11	14	2.3	12	0.7	4.3	0.7	1	0.3			
ambos	0.2	2.3	5.9	14	12	19	10	14	3.3	11	1.2	4.4	0.4	1	0.2			
<b>SITIO IV</b>																		
esp abierto			2.2	8.9	14	15	7.8	6.7	11	6.7	5.6	7.8	3.3	6.7	0	2.2	1.1	
bajo dosel			1.4	2.4	9.9	10	9.9	15	9.2	8.2	7.5	9.6	7.5	7.2	0.7	1		
ambos			1.6	3.9	11	12	3.8	13	9.7	7.8	7	9.1	6.5	7	0.5	1.3	0.3	
<b>TOTAL</b>																		
esp abierto		1.1	4.2	12	13	20	9.1	10	7.2	8.3	3.4	5.7	1.1	3	0	0.8	0.4	
bajo dosel	0.2	1.3	3.8	8.5	11	14	10	15	5.7	10	4	6.9	4	4	0.5	0.5		
ambos	0.1	1.3	3.9	9.8	11	16	10	13	6.1	9.6	3.8	6.5	3.1	3.7	0.3	0.6	0.1	
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	
	t a l l a s e n c m																	

Tabla 11. Información del porcentaje de biomasa de *L. williamsii* por cada talla dentro de los cuadrantes de los cuatro sitios de muestreo.

LOCALIDAD	PORCENTAJE													
<b>SITIO I</b>														
esp abierto	50	0	25	25										
bajo dosel	70	13	9.4	7.5										
ambos	67	11	11	10										
<b>SITIO II</b>														
esp abierto	84	12	1.6	1.6	0	0	0.2	0						
bajo dosel	73	15	6.2	2	3.4	0	0	1						
ambos	78	14	4.1	1.8	1.8	0	0.4	0.4						
<b>SITIO III</b>														
bajo dosel	85	7.5	7.5											
<b>Subtotal</b>														
esp abierto	82	11.3	3	3	0	0	0.7	0						
bajo dosel	73	14	7.1	3.3	2.4	0	0	0.5						
ambos	76	13	5.5	3.2	1.4	0	0.3	0.3						
<b>SITIO IV</b>														
esp abierto	43	4.8	14	9.5	0	4.7	9.5	0	0	4.7	0	0	4.7	4.7
bajo dosel	31	11	21	6.2	9.9	6.2	2.5	4.9	2.5	1.2	1.2	1.2	0	0
ambos	33	9.8	20	6.9	7.8	5.9	3.9	3.9	2	2	1	2	1	1
<b>Total</b>														
esp abierto	77	10	4.5	3.9	0	0.6	1.9	0	0	0.6	0	0	0.6	0.6
bajo dosel	62	13	11	4.2	4.5	1.7	0.7	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3	0	0
ambos	67	12	8.8	4.1	2.9	1.4	1.1	0.2	0.4	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Número de cabezuelas por clón													

Tabla 12. Información del porcentaje de la biomasa de *L. williamsii* por cada agrupación clonal dentro de los cuadrantes de los cuatro sitios de muestreo

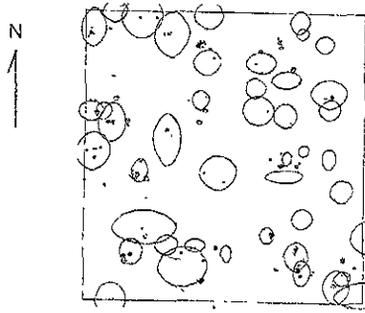


Fig. 17 Mapa de la distribución de *J. williamsii* dentro del cuadrante de 10 X 10 m en la localidad de Catorce-2.



Fig. 18 Ejemplar de peyote de 15 costillas creciendo a la sombra de la gobernadora junto a *Opuntia truncata* Localidad de Catorce-2

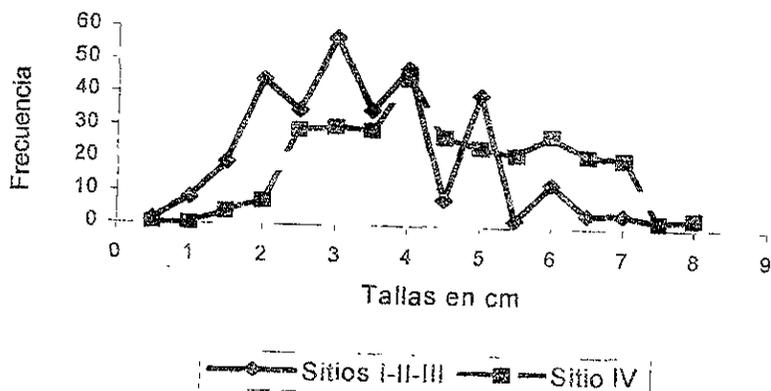


Fig 19. Frecuencia de cada una de las tallas de plantas de *L. williamsii* encontradas bajo el dosel arbustivo. Se agruparon los datos sumando el total de los sitios 1, II y III, en comparación con el sitio IV

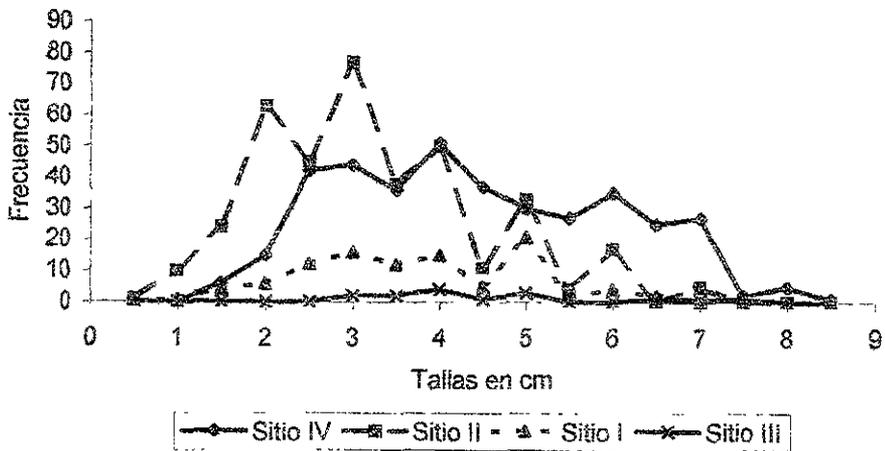
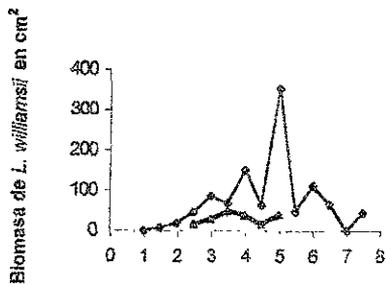
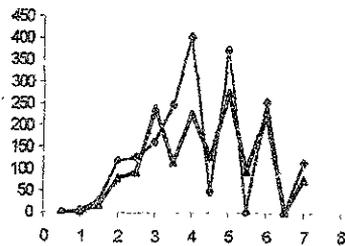


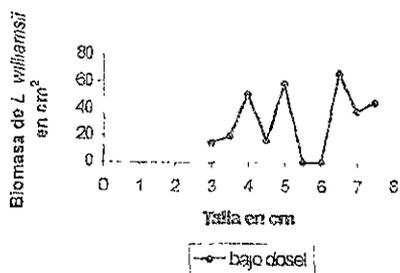
Fig. 20. Frecuencia de cada una de las tallas del peyote tanto en los espacios abiertos como debajo del dosel arbustivo en los sitios de muestreo dentro de la zona de estudio



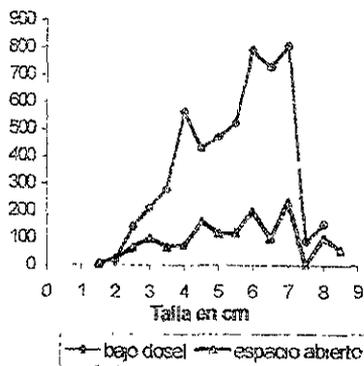
SITIO I



SITIO II



SITIO III



SITIO IV

Fig. 21. Biomasa de *L. williamsii* por cada talla de los individuos bajo el dosel arbustivo y en espacios abiertos en los sitios I, II III y IV.

### 5.3 Asociación de *L. williamsii* con el estrato arbustivo

Se encontró que en todos los cuadrantes existe una asociación positiva, por lo que parece haber algún tipo de dependencia del peyote con el estrato arbustivo. Para esto se utilizó la prueba de  $\chi^2$  para evaluar la asociación entre el peyote y el estrato arbustivo en cada localidad muestreada, además del valor relativo de  $V$  para medir el grado de asociación.

#### 5.3.1 Cantidad de *L. williamsii* bajo el dosel arbustivo

Al medir la biomasa total del peyote en las cuatro localidades muestreadas, se observa que es casi igual en un solo cuadrante de la localidad de Catorce-2 que en los sitios I, II y III juntos. Además, hay mayor biomasa en las mayores tallas en Catorce-2 que en los otros 3 sitios (fig. 22). Midiendo sólo los espacios abiertos, la biomasa tiende a ser relativamente mayor también en el conjunto de individuos con las tallas más grandes de la localidad de Catorce-2 que en las demás (fig. 23)

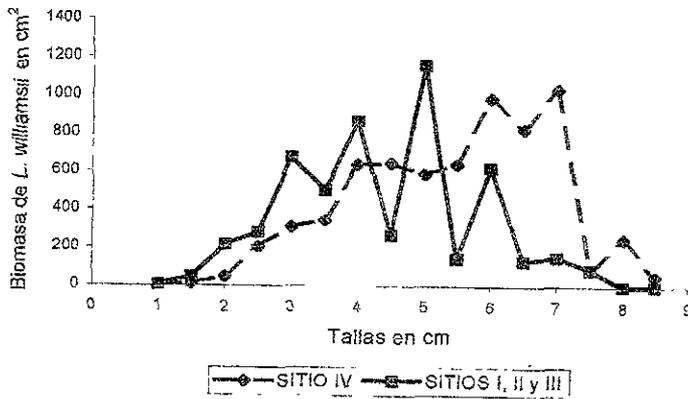


Fig 22. Gráfico de la biomasa total del peyote por cada talla sumando los sitios I, II y III comparado con el sitio IV.

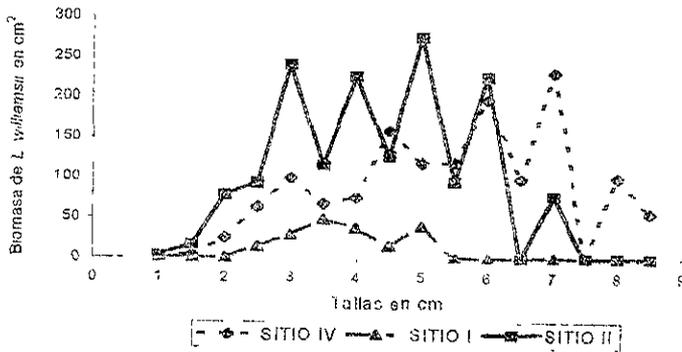


Fig. 23 Biomasa del peyote por cada talla en los espacios abiertos encontrados dentro de los cuadrantes de los cuatro sitios de muestreo

### 5.3.2 Orientación azimutal del peyote bajo el dosel arbustivo

En cuanto a la orientación de las plantas de peyote que crecen bajo el estrato arbustivo, hay una aparente tendencia a una mayor biomasa hacia el norte y el este que hacia el sur y el oeste en Catorce-2 (fig. 24), en cambio en los sitios I, II y III la tendencia de la mayor biomasa parece ser en la orientación este con un mayor número de plantas grandes, aunque entre las demás orientaciones hay mayor variación (fig. 25).

En cuanto a la orientación azimutal del peyote con respecto al dosel arbustivo hay una aparente tendencia azimutal en la distribución hacia el este con 30 individuos (36.58%) y el oeste con 22 (26.83%), y al parecer menor concentración hacia el norte con 11 individuos (13.41%) y el sur con 19 (23.17%).

Al reunir los datos de todos los cuadrantes de los sitios I, II y III se aplicó el análisis de varianza para la distribución de la biomasa bajo el dosel arbustivo en las orientaciones norte, este, sur y oeste. Encontrando que las diferencias entre las medias de la biomasa de cada orientación no son significativas. Sin embargo, al analizar los datos de uno de los cuadrantes de Wadley-1, se observa una significativa diferencia entre la biomasa de *L. williamsu* que se desarrolla en la orientación norte y este y la del sur y oeste, siendo la biomasa de las dos primeras mayor que la de las dos últimas. La cantidad de plantas en este cuadrante (109), como se mencionó antes, es mayor que el total de plantas encontradas en todos los cuadrantes juntos de Catorce-1 y Wadley-2 (97).

Al aplicar el análisis de varianza en los datos de la zona menos perturbada de Catorce-2, se encontró que la media de biomasa de 20.72 cm<sup>2</sup> de *L. williamsu* orientada al este es significativamente mayor que la de 16.99 cm<sup>2</sup> del norte y la de 15.75 cm<sup>2</sup> del oeste. Además hay diferencias significativas entre la biomasa de la orientación este y la del norte más la del sur, la del norte más la del oeste y la del sur más la del oeste, siendo mayor la del este.

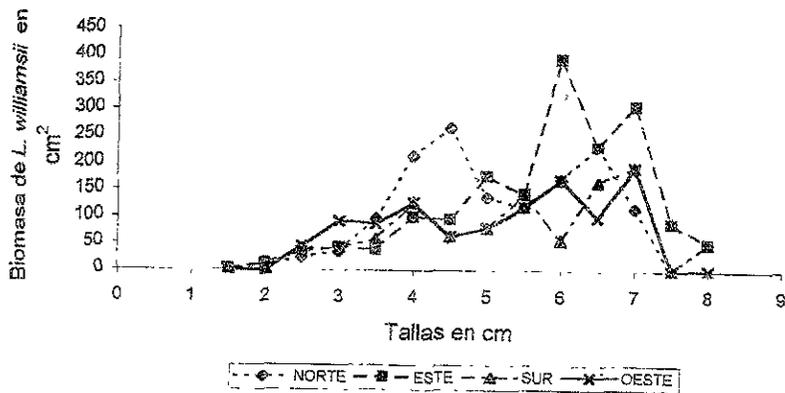


Fig. 24. Orientación de las plantas de *L. williamsii* que crecen bajo el dosel arbustivo. Sitio IV, Catorce-2.

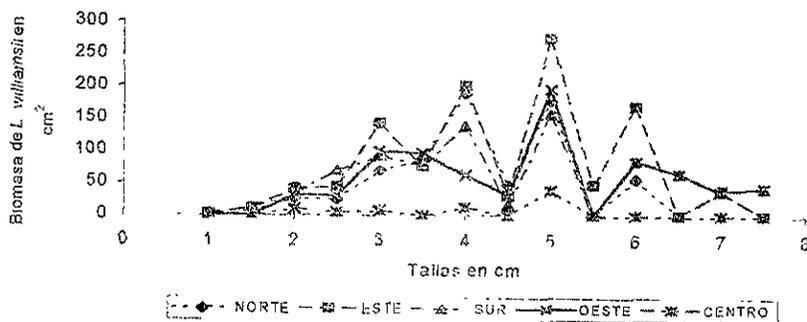


Fig. 25 Distribución de la biomasa de *L. williamsii* en cada orientación bajo el dosel arbustivo de la suma de los sitios I, II y III

### 5.3.3 Distribución relativa de la biomasa del peyote bajo el dosel arbustivo

Como se muestra en el gráfico de la fig. 26, parece haber una tendencia a disminuir la biomasa del peyote en los intervalos 3, 4 y 5 y a acumularse en el 2 y a aumentar considerablemente en el 1, en la orientación sur. También se observa una diferencia parecida, pero menos marcada en la orientación oeste y en las orientaciones norte y este parece que la biomasa está distribuida más o menos homogéneamente en los 5 intervalos de distancia relativa en los sitios I, II y III (tabla 13). En la localidad de Catorce-2, la distribución distancial del peyote en cada orientación es más variable, aunque en la oeste parece haber una tendencia hacia el centro del arbusto (fig. 27).

En cuanto a la distancia relativa a la que se encuentra el peyote desde la base del arbusto dentro del dosel, existen diferencias significativas entre el sur y las demás orientaciones en los datos de los cuadrantes de las zonas perturbadas. No se hallaron diferencias entre las orientaciones norte, este y oeste. La menor distancia al centro del arbusto fue en la orientación sur.

Por otro lado, se analizó la distribución de la biomasa del peyote en cinco intervalos de la distancia relativa a la base del arbusto en los sitios I, II y III. En porcentaje, se observa que los dos últimos intervalos hacia el borde del dosel arbustivo cuentan con menor biomasa en la orientación sur, en la orientación este y norte mayor que en la oeste. Al mismo tiempo el mayor porcentaje en los dos primeros intervalos se presenta en la orientación sur, luego en la oeste, seguido de la norte y casi el mismo en la este (tabla 13)

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

BIOMASA en cm <sup>2</sup>							
	SITIO I	SITIO II	SITIO III			SITIO IV	
				TOTAL	Porcentaje		Porcentaje
N 1	12.6	94.8	-	107.4	22.21	591.6	41.9
2	31.6	49.1	15.9	96.6	19.98	4.9	0.35
3	9.8	95.2	-	105	21.72	178.5	12.64
4	23	73.4	-	96.4	19.93	187.12	13.25
5	35.5	42.6	-	78.1	16.16	449.64	31.18
E 1	69.7	61.1	7.1	137.8	18.92	459.6	27.3
2	60.1	99.5	-	159.6	21.91	424.11	25.19
3	15.9	125.1	12.6	153.5	21.08	56.5	3.36
4	-	109	-	109	14.96	93.1	5.53
5	66	102.5	-	168.5	23.13	650.5	38.63
S 1	80.5	63.6	147.5	291.6	49.06	207.3	20.25
2	16.7	98.5	44.2	159.4	26.82	98.8	9.65
3	-	14.9	45.6	60.5	10.17	354.4	34.62
4	0.8	32.2	-	33	5.55	55	5.67
5	9.6	40.3	-	49.9	8.39	308.3	30.11
O 1	73.6	67.3	12.6	153.5	26.68	615.4	56.38
2	118.8	63.8	-	182.6	31.73	143.7	13.17
3	40.2	14.1	9.6	64.1	11.12	43.6	3.99
4	7.1	49.9	-	57	9.89	91.7	8.4
5	-	118.4	-	118.4	20.57	197.1	18.06

Tabla 13. Datos de la biomasa del peyote como se distribuye dentro de 5 intervalos de distancia del centro de cada arbusto al límite de su dosel en cada orientación.

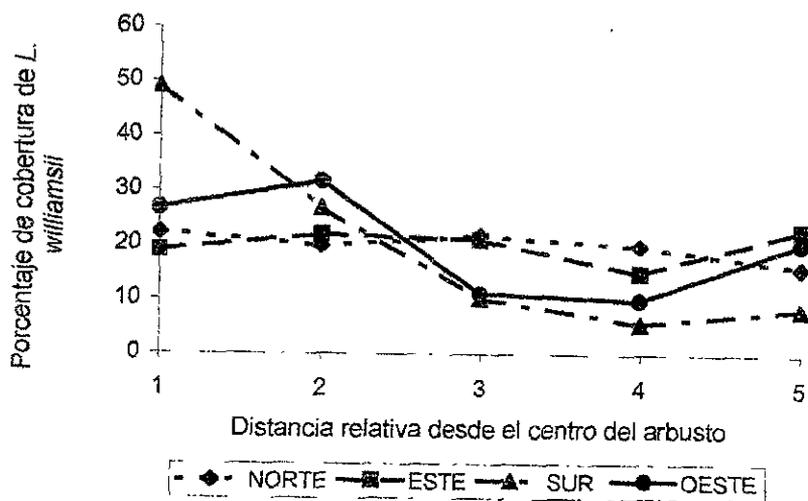


Fig. 26. En este gráfico se observa la tendencia del peyote a agruparse hacia el centro del dosel arbustivo en la orientación sur y oeste. En la orientación norte y este la cobertura del cacto debajo del dosel arbustivo parece distribuirse homogéneamente. Los sitios I, II y III, se presentan aquí en conjunto. El número 1 representa la distancia mínima a la que se se puede encontrar un peyote desde la base del arbusto, por lo que los siguientes números representan distancias mayores hasta el número 5 que representa la mayor distancia desde la base del arbusto de un peyote que se encuentre bajo el borde aproximado del dosel arbustivo

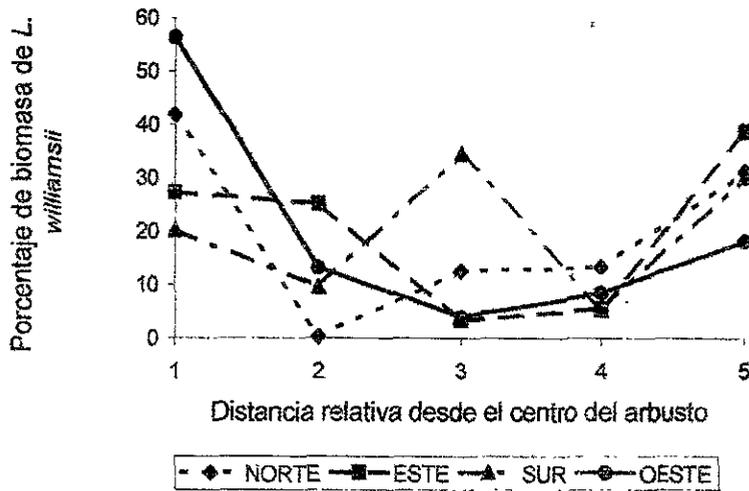


Fig. 27. En este gráfico se representan los datos obtenidos del cuadrante del sitio IV, en Catorce-2, y se muestra la tendencia del peyote a agruparse hacia el centro del dosel arbustivo en la orientación oeste. En la orientación norte y este la cobertura del cacto debajo del dosel arbustivo parece distribuirse tanto al centro como al borde del dosel. La distribución del peyote en la orientación sur es variable. El número 1 representa la distancia mínima a la que se puede encontrar un peyote desde la base del arbusto, por lo que los siguientes números representan distancias mayores hasta el número 5 que representa la mayor distancia desde la base del arbusto de un peyote que se encuentre bajo el borde aproximado del dosel arbustivo.

#### 5.3.4 Tamaño del dosel arbustivo en relación a la biomasa de *L. williamsii*

En cuanto a la relación del tamaño del dosel arbustivo con la biomasa del peyote por cada arbusto, se observó que el promedio en tamaño del dosel arbustivo que presentaba peyote debajo de su dosel es mayor al del dosel de los arbustos que no la presentaron (en el sitio I de 1.45 vs. 0.76

m<sup>2</sup>, en el sitio II de 1.62 vs. 1.27 m<sup>2</sup>, en el sitio III de 1.11 vs. 0.84 m<sup>2</sup> y en el sitio IV de 0.82 vs. 0.41 m<sup>2</sup>). Por lo que se ordenaron los datos para ver la relación que puede tener el tamaño del dosel arbustivo en la biomasa de *L. williamsii*, midiendo el diámetro del dosel y el total de la biomasa del peyote que alcanzaba bajo el dosel de cada arbusto dentro de los cuadrantes. Graficando los resultados de la relación entre el incremento en el diámetro del dosel arbustivo y la biomasa de *L. williamsii* de las zonas perturbadas (sitios I, II y III), visto globalmente, se puede observar que parece no existir una correlación, como se muestra en la figura 28. Sin embargo, dos de las medidas más altas de biomasa del peyote se encuentran debajo de arbustos que rebasan el tamaño promedio.

Buscando la misma relación en la localidad Catorce-2 con menor perturbación, se graficaron los datos, sin embargo se encontró una gran dispersión de estos (fig. 29).

Se trataron los datos con un análisis de regresión encontrando valores muy bajos tanto en los sitios I, II y III como en la localidad de Catorce-2 ( $r=0.17$  en las zonas perturbadas y de  $0.25$  en Catorce-2).

En el caso del sitio I, Catorce, a pesar de que casi el 90% de la cantidad de arbustos de los tres cuadrantes no tenían bajo su dosel al peyote, el tamaño de su dosel era menor que el restante de arbustos con peyote y al probar con una *t* de Student la significancia de esta diferencia del promedio del tamaño del dosel arbustivo se encontró que era **muy significativa** ( $t=3.27$ ,  $p=.001$ ). En sitio II la diferencia encontrada fue **muy significativa** de dos cuadrantes ( $t=3.35$ ,  $p=.001$ ). En sitio III la diferencia fue **no significativa** ( $t=.91$ ,  $p=.01$ ) y finalmente en sitio IV de un cuadrante de 10 X 10 m la diferencia encontrada entre el promedio del tamaño del dosel arbustivo con peyote y el del dosel arbustivo sin peyote fue **muy significativa** ( $t=2.96$ ,  $p=.01$ ).

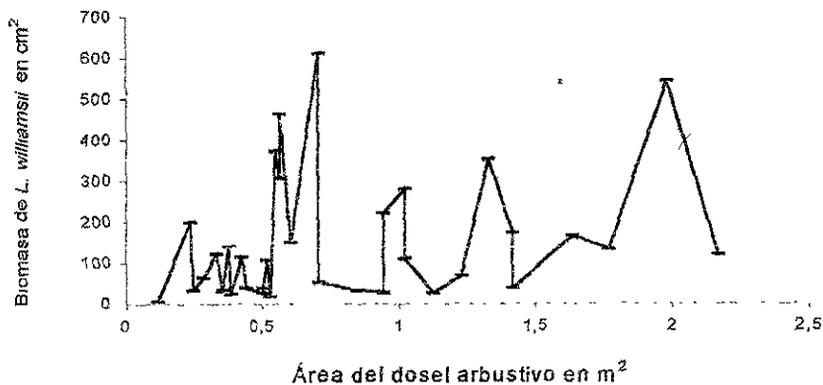


Fig. 28. En este gráfico se muestra la relación del tamaño del dosel arbustivo y el total de la cobertura de *L. williamsii* que crece debajo de cada arbusto en los sitios I, II y donde se muestra la biomasa de *L. williamsii* en función tamaño del dosel arbustivo.

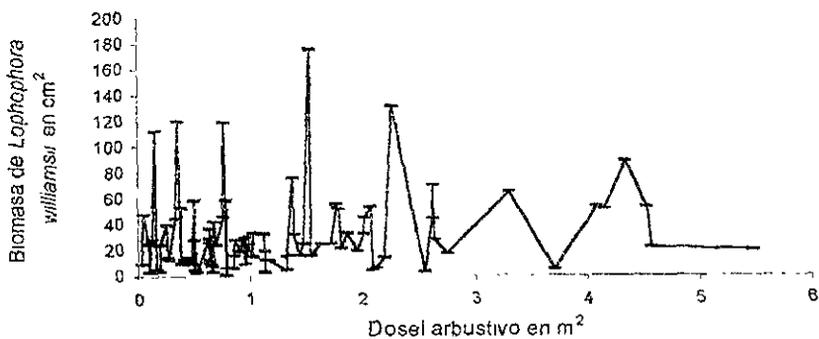


Fig. 29. Muestra la relación de la biomasa de *L. williamsii* en función del tamaño del dosel de *Larrea tridentata* en la localidad de Catorce-2 (sitio IV).

#### 5.4 Recolecta de semillas

En ninguno de los peyotes registrados dentro de los cuadrantes se hallaron frutos ni semillas sueltas, por lo que fue necesario buscar intensamente en las plantas que estaban fuera de los cuadrantes. Aunque no se registró el número total de frutos de cada planta, el máximo de frutos encontrados en un sólo individuo fue de 4.

El total de frutos recolectados directamente de la parte apical de los individuos de *L. williamsii* fue de 18, dentro de la zona de estudio (sólo se recolectó 1 fruto por cada planta), de los cuales obtuvimos 355 semillas como se muestra en la tabla 9. En uno de los frutos recolectados en el sitio IV se encontraron, entre las semillas maduras, 4 semillas sin testa que habían germinado dentro del mismo fruto (éstas no se contaron dentro de las 230 obtenidas en esta recolecta). No se observaron restos de testas dentro del fruto. Los cuatro germinados se sembraron en vermiculita dentro de cajas de Petri, los cuales se desarrollaron como plántulas normales durante más de dos semanas. Sin embargo, perdieron su vigor y se secaron.

FECHA	LUGAR	NÚMERO DE FRUTOS	NÚMERO DE SEMILLAS
27 / abril / 1996	SITIO I	3	50
7 / marzo / 1997	SITIO I	3	75
8 / marzo / 1997	SITIO III	1	
22 / junio / 1997	SITIO IV	11	230
	TOTAL	18	355

Tabla 14 Frutos y semillas recolectados de los individuos de *L. williamsii* dentro de la zona de estudio

## 5.5 Germinación y viabilidad

Se obtuvo un bajo porcentaje de germinación en las semillas probadas. De las semillas recolectadas en años anteriores al estudio, los resultados obtenidos fueron que de la caja que contenía las semillas de 1988, germinó una a los 44 días de la siembra; de las de la caja de 1989 germinaron 4, a los 14, 21, 25 y 53 días, respectivamente, y de las de 1990, germinaron también 4, 1 a los 11 otra a los 18 y otras dos a los 36 días (tabla 15).

En las de semillas recolectadas en 1996, se obtuvo un 4% de germinación y en las semillas colectadas en 1997 sólo el 16%.

De las cajas que tuvieron germinados (dos de las del '96 y dos de las de marzo del '97), 4 presentaron problemas de contaminación por hongos (aparentemente de la misma especie en las cuatro cajas), a los 4 días y a los 12 días en 3 de éstas, a pesar de las condiciones de esterilidad del sustrato y de las unidades de germinación y de la previa desinfección de las semillas con hipoclorito de sodio.

Por otro lado, la prueba de viabilidad de las semillas tomadas al azar de cada unidad de germinación practicada a los 28 días de que se sembraron, resultó positiva en 1 de las semillas colectadas en 1988, 2 en las colectadas en 1989 y una de las de 1996, pero en las semilla colectadas 1997, es decir, en las más recientes, ninguna (tabla 15).

Al final del experimento se depositaron todas las semillas no utilizadas y las semillas no germinadas, así como las plántulas de *L. williamsii* obtenidas en esta prueba en el Jardín Botánico de la UNAM, Campus Iztacala, con la finalidad de cumplir uno de los requisitos de la autorización de colecta de la SEMANARP y el INE

Edad de las semillas en años	Número de Germinados	Porcentaje	Días en que Germinaron	Viabiles no germinadas (%)
0.3	8	16	4, 7, 14, 17, 26, 34 y 43	-
1.0	2	4	40 y 43	2
6.0	4	8	11, 18, 36 y 36	-
7.0	4	8	14, 21, 25 y 53	4
8.0	1	1	44.	2
total	19			

Tabla 15. Registro de la cantidad y porcentaje de germinados y el porcentaje de semillas viabiles no germinadas de *L. williamsii* en función de la edad de la semilla y el tiempo que tardaron en germinar.

## 5.6 Banco de semillas

De las 100 muestras de suelo, únicamente 19 tuvieron semillas o restos de ellas. 6 de estas muestras tenían 1 sola semilla completa, 2 con una semilla vieja en el sitio IV. En el sitio II en una sola muestra se encontraron 5 semillas completas. Como puede verse en la tabla 16, se encontró la mayor cantidad de semillas completas o de testas, en los sitio II (primer cuadrante) y IV, respectivamente. En estos sitios de muestreo se registró la mayor densidad de *L. williamsii* (ver tabla 3). Como se mencionó antes, en el sitio IV se encontró la mayor cantidad de frutos sobre el meristemo de las plantas, pero ninguno dentro del área de 300 m<sup>2</sup> considerada para el muestreo de suelo. En el sitio III se encontró un solo resto de semilla, donde la densidad de peyote fue menor y se halló un sólo fruto fuera del cuadrante.

Se encontraron un total de 13 semillas de *L. williamsii* en los 8 cuadrantes de los 4 sitios (estas no se utilizaron en la prueba de germinación). De estas 13 semillas, 2 estaban secas y viejas, por lo que probablemente ya no eran viables y las otras 11 mostraron mejor aspecto general, como el brillo de la testa, la turgencia total de la semilla y un hilio blanco, como lo muestran las semillas recientemente dispersadas (Tabla 16).

<b>LOCALIDAD</b>	<b>Número de semillas completas</b>	<b>Número de semillas viejas</b>	<b>Número de restos de testas reconocibles</b>	<b>Total</b>
<b>SITIO I</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
1er cuad	1	-	1	2
2do cuad	-	-	-	-
3er cuad	1	-	3	4
<b>SITIO II</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
1er cuad	8	-	1	9
2do cuad	-	-	3	3
3er cuad	-	-	-	-
<b>SITIO III</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>SITIO IV</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>11</b>
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>30</b>

Tabla 16. Semillas de peyote encontradas en el análisis de las 100 muestras de suelo de las cuatro zonas. Se contaron sólo los restos de testas que tenían la mayor parte reconocible incluyendo el hilio.

## VI. DISCUSIÓN

Aunque la densidad de la población de *L. williamsii* en el Desierto de Catorce es muy variable, el valor encontrado en los sitios I, II y III fue bajo en comparación con el sitio IV. El impacto de la perturbación sobre estas áreas es evidente, ya que en los últimos 30 años se han reducido considerablemente hasta dejar manchones aislados en toda esta zona. La actividad agrícola de temporal extensiva (como se observa en la figura 8), ha mermado la distribución natural del cacto a través del tiempo. El saqueo incrementa la presión sobre las poblaciones de este cacto, dejando a los relictos de la población con muy bajas densidades y con individuos de tallas menores. Esto disminuye las posibilidades de reproducción tanto vegetativa como sexual y deja a los individuos cada vez más aislados unos de otros. Sin embargo, parece ser que la distribución local ha estado determinada por un gradiente en la composición y textura de la superficie del suelo, donde las zonas de pendiente intermedia con una más pedregosidad mostraron la mayor densidad de individuos que en las zonas bajas, de menor pendiente y con un suelo de textura fina. Las diferencias del suelo fueron más determinantes que las de naturaleza geológica del sustrato y las diferencias de vegetación que se encontraron en campo, como se marca en la cartografía.

Por otro lado, aún cuando el peyote tiene una población bastante reducida en este desierto, parece que todavía quedan rastros de la disposición natural había antes de que se incrementara la alteración de su entorno. Las pocas plantas que encontramos parecen tener una preferencia por los suelos con superficies más pedregosas. Esto se debe a que se favorece la existencia de condiciones microclimáticas, como una mayor retención de humedad en la época húmeda y un sombreado, que permiten la germinación de las semillas que se hayan dispersado hacia los espacios abiertos, como se ha encontrado en estudios anteriores (Harper *et al.*, 1965 y Larmuth y Harvey, 1978 citados por Valiente-Banuet, 1991). También es probable que la pedregosidad en estos amortigüe los efectos del pisoteco del ganado, reducen el daño a las plántulas y a las plantas adultas que tuvieron éxito en su establecimiento y evitan en parte la compactación del suelo. Esto podría explicar que los pocos manchones encontrados se encuentren en zonas de mayor pendiente que en las localidades más

planas de este desierto, a pesar de que algunas sean de las más expuestas al saqueo de grandes cantidades de ejemplares de peyote, como la zonade Wadley-1. Por supuesto que también debemos considerar la posibilidad de que la baja densidad en las zonas bajas se deban al saqueo porque están más accesibles para los peyoteros. La falta de plantas en los espacios abiertos, aparte de la menor pedregosidad, provocan que la dispersión de las semillas por la acción del viento y de la lluvia no encuentre un reten en el suelo liso y lleguen hasta la base de la estructura del estrato arbustivo, el que actúa como una red de pesca. Sin embargo, no es concluyente este hecho, ya que no se hicieron evaluaciones de la cantidad de peyote saqueado en la zona, nos basamos sólo en la información de la población de *L. williamsii* en los últimos 30 años a partir de las entrevistas con los lugareños y lo que estimamos visualmente en los recorridos.

Las gráficas de la distribución de las tallas de *L. williamsii* (figs. 19, 20, 21, 21, 22, 23, 24, 25 y 26), muestran que la frecuencia o la biomasa aumenta ó disminuye en intervalos de 0.5 cm, lo cual parece indicar que existe algún un patrón regular de crecimiento que permite el rápido crecimiento de la planta cuando alcanza una determinada talla (como en 2.5, 3.5, 4.5, 5 6, 6.5 y 7.5 cm) y una disminución en la velocidad de crecimiento en otra (como en 2, 3, 4, 5, 6 y 7 cm) Este patrón regular de crecimiento se observó en los sitios I, II, y III, tanto en las plantas encontradas debajo del dosel arbustivo como las de espacios abiertos.

Probablemente se deba a la particular forma de crecimiento de los meristemas que dan origen a las costillas, generando una especie de crecimiento en "pulsos" como lo observaron Robberecht y Nobel (1983) en la filotaxia de *Ferocactus acanthodes* y en otros cactus descritos en Gibson y Nobel (1986). Esto produce una mayor frecuencia en los individuos con un número de costillas 5, 8, 13 y 21 (secuencia de Fibonacci) y menor en individuos con un número de costillas distinto. Este fenómeno no se presenta en las plantas con tallas de 2.0 cm (además, son muy pocas las plantas menores a esta talla), lo cual puede deberse al rápido crecimiento durante el establecimiento de las plántulas.

En la zona de Catorce-2, la presencia de una mayor cantidad de agrupaciones de peyote, con mayor cantidad de cabezuelas que en las zonas perturbadas, parece indicar que realmente se trata de plantas clonales, las cuales se desarrollan considerablemente más rápido que las plántulas originadas por semillas. Sin embargo, la reducida cantidad de plántulas en las zonas perturbadas, al menos en los espacios abiertos, podría deberse al efecto del pisoteo del ganado, por la compactación del suelo y por la destrucción de las plántulas.

En la localidad número de Catorce-1, encontramos una muy baja densidad de peyote, a pesar de que se encuentra muy distanciada de los caminos de acceso y, al menos dentro de los 25 años en que se analizaron las fotografías aéreas, la agricultura no ha tenido influencia (además el uso potencial del suelo revela que no es muy adecuado para esta actividad). El impacto actual más importante sobre el peyote en esta localidad, parece deberse a que la mayoría de los vendedores locales de este cacto van a caballo o en motocicleta a recolectarlo, sobre todo los que viven cerca de Estación Catorce, en donde llegan muchos compradores. También, la actividad de pastoreo de ganado principalmente caprino y ovino, podría ser la causa de un cierto impacto, ya que en esta localidad atraviesan a diario una gran cantidad de cabezas de ganado. A pocos kilómetros al oeste de la primera zona de estudio, ubicamos la localidad que denominamos Catorce-2, en la que encontramos una gran concentración de plantas de peyote y de tallas mayores que en las demás localidades. Pero el hecho de que la mayoría de ellas estaba en forma de agrupaciones multicéfalas de hasta 17 cabezuelas, y de que este manchón se encuentre entre una vereda bien marcada, nos da la impresión de que esta zona, hace mucho que ha dejado de ser explotada.

Aproximadamente entre la primera y esta última localidad, se encontraron dos peyotes separados una distancia como de 1 km con un crecimiento de tipo crestado, alargados y de aproximadamente 25 cm de largo, 10 cm de alto y 8 cm de ancho. La rareza de estas plantas hace pensar que al menos hasta 1982 (año en que se observaron estas plantas) era una zona virgen o poco explotada.

En la segunda localidad, en Wadley-1, encontramos un manchón más aislado que en la primera y de menor tamaño, pero en los tres cuadrantes encontramos marcadas diferencias, las cuales se deben probablemente a las características de cada sitio marcado por los cuadrantes. En el primer cuadrante, la densidad de peyote fue mayor que en la primera localidad. Sin embargo, el dosel arbustivo era muy reducido en altura, cobertura y densidad, por lo que muchas plantas de peyote estaban creciendo en espacios abiertos, donde la mayoría eran monocéfalas y había unas cuantas agrupaciones de dos o tres cabezuelas. La superficie del suelo presentaba una mediana pedregosidad, pero además la tierra se veía removida, lo cual nos hace pensar que el sitio pudo haberse utilizado como parcela de cultivo hace por lo menos 5 a 10 años (según muestra la fotointerpretación aérea) En las fotografías aéreas de 1994 encontramos una ligera evidencia de esta actividad, aunque no lo pudimos confirmar. Las plantas de menos de 1.0 cm (calculamos tengan de 1 a 2 años de edad) las encontramos creciendo en montículos de tierra suelta o removida (tal vez por algún roedor o liebre). Además, encontramos en este cuadrante otros cactus pequeños creciendo junto al peyote, los cuales tuvieron mayor abundancia que en otros cuadrantes.

En lo que se refiere a las semillas recolectadas de *Lophophora williamsii*, encontramos muy difícil la recolección entre otras razones, por lo pequeño del fruto y porque muchas veces sólo se veía escarbando entre los apretados pinceles de "pelo", característicos de su ápice, además de que se podía confundir con un primordio floral, sobre todo por la escasa cantidad de frutos que pudimos encontrar durante 1996. No fue sino hasta marzo y junio de 1997 cuando colectamos una mayor cantidad de semillas, debido a la gran abundancia de frutos en el mes de junio, sobre todo en el área de Catorce-2. Lo anterior nos hace pensar que la producción de semillas no siempre es la misma cada año y que, aunque la maduración sexual del peyote se alcanza al poco tiempo, ésta puede depender de la edad, ya que aquí encontramos mayor cantidad de frutos.

Los resultados de los bajos porcentajes de la germinación sugieren que las semillas de menor edad tal vez no estaban lo suficientemente maduras para el experimento y/o las condiciones de temperatura y humedad, o la preparación de éstas no fueron las adecuadas, ya que en las pruebas de viabilidad sólo resultó positiva una sola de 1996. Aunque controlamos la presencia de hongos

en las cajas que se infectaron, no sabemos cuál fue la influencia de estos sobre la viabilidad de las semillas. Debido a que el porcentaje de germinación en las semillas de más edad también fue bajo, se puede establecer que la viabilidad de las semillas de peyote se mantiene durante más de 8 años. Sin embargo, habría que evaluar si en el banco de semillas se mantiene esta condición.

El resultado de la prueba de asociación del peyote con la gobernadora, o en general con el estrato arbustivo, da un indicativo de la existencia de nodricismo, como se ha mostrado en varios estudios en plantas del desierto (Valiente-Banuet, 1991; Yeaton, 1978; Yeaton y Romero, 1986; Turner *et al.*, 1966; Hutto *et al.*, 1986; McAuliffe, 1984b), donde mencionan la importancia que tienen las condiciones microclimáticas que favorecen la germinación y el establecimiento de las plántulas de una o más especies. Lo anterior nos lleva a suponer que las poblaciones de peyote en la zona de estudio tienen una gran tendencia a aprovechar las condiciones generadas por el dosel de la gobernadora como lo hace *O. leptocaulis* y otras cactáceas y como lo menciona Anderson (1969) sobre la ecología del género *Lophophora*. Sin embargo, estos resultados no son totalmente concluyentes, pero al menos la tendencia a agruparse distintivamente al centro del arbusto, en la parte sur y oeste (a diferencia de lo que se encuentra en la orientación norte y este) dentro del borde del sombreado, parece indicarnos una tendencia parcial de favorecimiento y que la baja proporción en los espacios abiertos se deba al impacto que sufre la población, sobre todo por el pastoreo y la colecta. Por otro lado, creemos que la presencia de otras plantas debajo del dosel arbustivo pudieran representar un elemento de importancia conjunta en la preferencia de las plantas que se establecen bajo el dosel arbustivo, como lo sugiere la gran cantidad de plantas de *Opuntia leptocaulis* que encontramos en la localidad de Catorce-1. Esta planta tal vez les sirve de defensa contra los consumidores de frutos y semillas, y los colectores de peyote, ya que las espinas de ésta son grandes y muy agudas.

Como se describió en Wadley-1 y en otras poblaciones naturales, creemos que la dependencia del peyote con el estrato arbustivo sea más importante en la germinación y el establecimiento que el desarrollo posterior o en la reproducción vegetativa, ya que la planta cuenta con las adaptaciones necesarias para reducir el estrés provocado por la radiación solar y la falta de

humedad, como la presencia de cera en la epidermis, el reducido tamaño y la forma globosa de la parte aérea fotosintética, además de la capacidad de esconderse y muchas veces de enterrarse durante la época de sequía. En cuanto a la dispersión de las semillas sólo sabemos que en la época de lluvias son desplazadas del ápice de la cabezuela de la planta progenitora cuando la cubierta del fruto está lo suficientemente madura (Anderson, 1996), pero fuera de esto el destino final no lo conocemos y ni tampoco si la lluvia y los escurrimientos, así como el viento, tengan un papel importante en la dispersión a distancia de la planta progenitora. Además, no encontramos evidencia de algún otro animal dispersor y/o consumidor de frutos y semillas que no fuera la presencia de hormigas. Tanto en la localidad de Wadley-2, como en la de Catorce-1 y la de Catorce-2, junto a los frutos o a las semillas en el ápice de algunos peyotes, encontramos pequeñas hormigas negras, al parecer de la misma especie en las tres localidades, y donde veíamos estas hormigas sobre la planta siempre encontramos frutos o semillas, como si se tratara de indicadores de éstos. Incluso, en una ocasión, las hormigas se comportaron agresivas al momento de intentar recolectar los frutos, aunque nada más había semillas sin el resto del fruto en el ápice de un peyote. Lo anterior parece indicar la posible influencia de las hormigas en la dispersión de las semillas, pero no sabemos si es positiva o negativa, ya que únicamente observamos que las hormigas consumen la escasa pulpa del fruto.

Estudios recientes sobre la gobernadora indican unos 10 años para la repoblación total en terrenos en condiciones de perturbación, (Bolling and Walker, 1996). Sin embargo, la velocidad en el incremento de las áreas perturbadas que observamos en los resultados de la fotointerpretación en nuestra zona de estudio, parecen mostrar una tendencia a la erosión del suelo antes de permitir la repoblación y recuperación de *Larrea tridentata* y la vegetación asociada, ya que la gobernadora es el elemento dominante en este Desierto.

La principal problemática de la zona de estudio es la perturbación del hábitat, sobre todo por el incremento de las parcelas de cultivo en uso y abandonadas parcial o totalmente, lo cual afecta a toda la vegetación. Sin embargo, en particular para *L. williamsii*, el problema es el saqueo intensivo de sus individuos requiere ser evaluado con profundidad para determinar su relación con

la desaparición de este cacto en extensas áreas, además, de evaluar también el impacto de la extracción completa de cada individuo o clón, pues se sabe que al cortar la parte aérea de las cabezuelas se promueve el desarrollo de nuevos individuos por reproducción asexual a partir del tallo enterrado restante (Anderson, 1996). Los Huicholes que llegan a esta zona varias veces al año para coleccionar el cacto "sagrado", toman la planta de esta última forma, además, lo hacen con gran cuidado para no dejar muy dañado lo que queda enterrado y cubren con tierra la herida ocasionada por el corte. Muy probablemente, esto protege y favorece el proceso de cicatrización. De hecho, a diferencia de otras poblaciones de peyote menos perturbadas, se encuentran pocos individuos de gran tamaño y/o solos. La mayoría son clones (llamados "familias") con muchos hijuelos de reducido diámetro, que quizás indican el gran saqueo que experimentan y la preferencia por las plantas de mayor tamaño.

Por otro lado, habría que tomar en cuenta la erosión genética de las poblaciones de *L. williamsii* por la fragmentación del hábitat que produce la perturbación, tanto de la agricultura como del pisoteo y del saqueo de peyote en conjunto. En otras plantas se ha registrado una erosión de la variación genética y una divergencia genética interpoblacional incrementada resultado de la aumentada deriva génica aleatoria y de la elevada cruce entre miembros de cercano parentesco y del reducido flujo genético. Aunque Young *et al.* (1996) han encontrado que no todos los eventos de fragmentación conducen a la pérdida genética y que diferentes tipos de variación genética pueden responder de forma diferente, en algunas circunstancias, la fragmentación en realidad parece incrementar el flujo genético entre las poblaciones remanentes, rompiendo la estructura genética local.

En cuanto a qué se puede hacer para conservar el recurso local de esta planta en protección especial por norma oficial mexicana (Diario Oficial, 16 de mayo de 1994), creemos que además de ser necesaria su efectiva vigilancia judicial, con estricto apego a la ley, se debe estudiar una propuesta de uso integral y sustentable de los recursos naturales para motivar a los lugareños a reducir el uso no sustentable del suelo para la agricultura y la ganadería. Actualmente, es éste uno de los principales factores de perturbación del hábitat de *L. williamsii*. Por otro lado, la utilización de los otros recursos, también influiría en la reducción de la extracción y venta ilegales del "peyote".

## VII. CONCLUSIONES

-Por la información bibliográfica y la información de los pobladores consideramos que la distribución de la población local del peyote a principio de los años 60's era muy amplia y en forma de gradiente en el Desierto de Real de Catorce, concentrándose más hacia las zonas de pendiente intermedia y mayor pedregosidad, solamente limitada por la actividad agrícola y explotada significativamente sólo por los indígenas huicholes hasta entonces.

-La distribución de *Lophophora williamsii* dentro del Desierto de Real de Catorce se ha visto reducida considerablemente en los últimos 30 años, dejando fragmentos aislados muy separados unos de otros

-La fotointerpretación nos muestra que la capacidad de recuperación de la vegetación es grande en parcelas de cultivo abandonadas, al parecer debido a la capacidad de clonación de la gobernadora, que es el elemento dominante dentro del Desierto Chihuahuense. Sin embargo, la velocidad de crecimiento de las áreas utilizadas para la agricultura se duplicó de 1969 a 1983 y continuó avanzando hasta al menos 1993.

-Las principales causas del incremento en el impacto de esta población local son el considerable aumento en las áreas utilizadas para la agricultura, el saqueo de plantas grandes de edades reproductivas y el pastoreo de ganado.

-En las zonas perturbadas encontramos que la acumulación de la biomasa del peyote no tiene una orientación azimutal definida.

-La distribución de la biomasa del peyote desde la base del arbusto hasta el borde del sombreado tiende a disminuir en la orientación sur y oeste y en la orientación norte y este es homogénea, pero la evidencia de plantas que crecen en espacios abiertos nos impide concluir una dependencia con el estrato arbustivo.

-La población local de peyote se encuentra en riesgo de perderse si continua el ritmo de uso del suelo para la agricultura.

-Aunque es evidente el impacto que ha tenido y tiene actualmente el saqueo intenso en la población local de peyote, en este estudio no podemos concluir si es más importante el saqueo en la reducción de las poblaciones que el aislamiento y la fragmentación de su hábitat.

-Encontramos una posible evidencia de que la planta tiene años semilleros y que estas pasan por largos periodos de latencia, debido a que algunas semillas de más de 8 años germinaron en el laboratorio, pero en este estudio no obtuvimos resultados concluyentes.

-Una posible solución al intenso saqueo ilegal de esta planta, es estudiar las alternativas económicas con que potencialmente cuentan los lugareños de recursos conocidos y por estudiar, tomando en cuenta una explotación racional y sustentable, lo cual reduciría la venta ilegal del peyote y ayudaría a la conservación del desierto.

-También se debe tomar en cuenta la propuesta de varios estudiosos sobre la posibilidad de propagar a este cacto por medio de cultivo de tejidos o por injerto, por lo menos como alternativa en la venta controlada dentro de las comunidades indígenas del país y de Estados Unidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALCORN, S. M. and E. B. KURTZ, Jr. 1959. Some factors affecting the germination of seed of the saguaro cactus (*Carnegiea gigantea*). AMER J BOT 46(7): 526-529.
- ANDERSON, F. F. 1969. The Biogeography, Ecology, and Taxonomy of *Lophophora* (Cactaceae). BRITT 21:299-310.
- 1996. Peyote: The Divine Cactus. 2nd. Ed. The University of Arizona Press. U.S.A.
- BALLESTEROS. 1978. Los Cactus y las otras plantas suculentas. R. Guillén. España
- BENÍTEZ, F. 1968. Los indios de México: En la tierra mágica del peyote. Tomo 2. Era ediciones. México.
- BLANCO, V. L. 1992. Wirikuta: la tierra sagrada de los huicholes. Daimon. México.
- BOKE, N. H. and E. F. ANDERSON 1970. Structure, Development, and Taxonomy in the Genus *Lophophora*. AM J BOT 57: 569-78.
- BOLLING, J. D. and L. R. WALKER. Factors controlling succession on a chronosequence of abandoned roads in the Mohave desert. Supplement to Bulletin of the Ecological Society of America, 1996 Annual Combined Meeting. 77(3) 43. 1996.
- BRAVO-HOLLIS, H. 1967 Una revisión del género *Lophophora*. CAC SUC MÉX 12:8-17
- 1978. Las cactáceas de México. Tomo I. UNAM. México.
- BRAVO-HOLLIS, H. y HERNANDO SÁNCHEZ-MEJORADA R. 1991. Las Cactáceas de México. Tomo II UNAM. México.
- BREGMAN, R. and F. BOUMAN. 1983. Seed germination in Cactaceae. BOT J LINN SOC 86 357-374.
- CAMPBELL, R. C. 1989 Statistics for biologists. Third ed. Cambridge University Press. New York.
- CAPON, B. and V. ASDALL 1967. Heat pre-treatment as a means of increasing germination of desert annual seeds. ECOL 48(2):305-306.
- CARRE, J. 1974 Lectura de las fotografías aéreas. Paraninfo, Madrid, pp. 234-44
- CASTANEDA, C. 1968. The teachings of Don Juan: a yaqui way of knowledge. University of California Press, Berkeley

- CETENAL. 1971. Cartas: topográfica, geológica, edafológica, uso potencial y vegetación Zonas: F-14-23 y F-14-24. México.
- CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. 1977. Man and the biology of arid zones. Edward Arnold, London.
- C.M.A. 9 de abril de 1969. Fotografías aéreas b/n escala 1:25 000. Zona 4-B, R870, F79 de 36-39 y F80 de 14-16.
- CONVENIO SOBRE SUSTANCIAS PSICOTRÓPICAS. Diario Oficial, México, 24 de junio de 1975.
- COTA, S. J. H. 1984. Influencia de la luz, temperatura y sustancias químicas sobre la germinación de las semillas de Ferocactus latispinus (Haw.) Br. & Rose, (Cactaceae). Tesis Profesional, ENCB, IPN. México.
- DEL CASTILLO, S. R. F. 1982 Estudio ecológico de *Ferocactus histrix* (DC.) Lindsay Tesis de Licenciatura ENEP-IZTACALA, UNAM.
- DÍAZ, J. L. 1976. Usos de las plantas medicinales de México. Monografías Científicas II Instituto Mexicano para el estudio de las Plantas Medicinales. A. C.
- DUREY, B. 1992. Cactáceas de México México Desconocido. Año XVII (187), septiembre: 36-45.
- FEARN, B. 1981. Seed germination. the modern approach CACT SUC J (G B ) 45(1):13-16.
- FURST, P. T. 1972b To Find Our Life peyote among the Huichol Indians of Mexico. En: The flesh of the gods, ed P. T. Furst, 136-84 New York. Praeger.
- FURST, P. T. 1976. Hallucinogens and Culture. San Francisco Chandler and Sharp
- GARCÍA, M. E. y J. V. VILLA. 1977. Factores ambientales que afectan la distribución geográfica y ecológica de *Bouteloua gracilis* (H B K ) Lag. ex Steud , en el Estado de San Luis Potosí. AGROCIENCIA 28:3-29
- GIBSON, A. C. and P. S. NOBEL. 1986. The cactus primer. Harvard University Press, Cambridge, Mass
- GODINEZ, A. H. O. 1991 Propagación de cactáceas por semilla una experiencia para su cultivo y conservación. Tesis Profesional, UNAM.
- HERNÁNDEZ, H. M. y H. GODINEZ. 1994. Contribución al Conocimiento de las Cactáceas Mexicanas Amenazadas Acta Botánica Mexicana 26,33-52

- HUTTO, R. L., J. R. McAULIFFE, and L. HOGAN. 1986. Distributional associates of saguaro (*Carnegiea gigantea*). SOUTHWEST NAT 31(4):469-473.
- HUXLEY, A. 1959. The doors of perception: Heaven and Hell. Harmondsworth: Penguin Books.
- I.N.E.G.I. (D.G.G.) Junio de 1983. Fotografías aéreas b/n escala 1:75 000 D.F. 153.43 F-14-1 L-146 de 8-10, L-147 de 5-10 y L-148 de 6-8.
- I.N.E.G.I. (D.G.C.C.) Abril de 1994. Fotografías aéreas b/n escala 1:20 000 R-SCI040 L-585 F-14-A-23 de F007-F011 y de F048-F050 y R-SCI043 L-590 F-14-A-24 de F030-F032.
- I.N.E.G.I. 1995. Espaciograma falso color escala 1:250 000 F-14-1 imágenes de satélite de febrero-abril de 1993.
- I.N.E.G.I. 1995. Anuario estadístico del estado de San Luis Potosí. Gobierno del estado de San Luis Potosí, México.
- I.N.E.G.I. 1995. La minería en México, México.
- ISLAS, H. H. 1990. Establecimiento de las condiciones fisicoquímicas de la germinación en Cactáceas, Cicadáceas y *Quercus*". Reporte de Servicio Social. Laboratorio de Biotecnología y Etnobotánica ENEP-Iztacala, UNAM.
- LUMBRERAS y BARRÓN, U. 1976. Contribución al conocimiento del "peyote", *Lophophora williamsii* Lem. Coulter. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM. México.
- McAULIFFE, J. R. 1984b. Prey refugia and the distributions of two Sonoran desert cacti. OECOL (BERL.) 64:319-321.
- McCLEARY, J. A., P. S. SYMPHERED, and D. L. WALKINGTON. 1960. Antibiotic activity of an extract of peyote (*Lophophora williamsii* (Lemaire) Coulter). ECON BOT 14:359-63.
- McCLEARY, J. A., and D. L. WALKINGTON. 1964. Antimicrobial activity of the Cactaceae. BULLETIN OF THE TORREY BOTANICAL CLUB 91:361-69.
- McLAUGHLIN, J. L. and A. G. PAUL. 1966. The cactus alkaloids. I. Identification of N-methylated tyramine derivatives in *Lophophora williamsii*. LLOYDIA 29:315-27.
- MYERHOFF, B. G. 1974. Peyote Hunt: The sacred journey of the Huichol Indians. Ithaca, New York: Cornell University Press.

- NOBEL, P. S., G. N. GELLER, S. C. KEE and A. D. ZIMMERMAN. 1986. Temperatures and thermal tolerance for cacti exposed to high temperatures near soil surface. *PLANT CELL ENVIR* 9:279-287.
- NOBEL, P. S. 1988. *Environmental biology of agaves and cacti*. Cambridge University Press. U.S.A.
- NORMA OFICIAL MEXICANA, NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, raras y las sujetas a protección especial, la que establece especificaciones para su protección. *DIARIO OFICIAL*. Lunes 16 de mayo de 1994.
- ODUM, E. P., J. T. FINN, and E. H. FRANZ. 1979. Perturbation theory and the Subsidy-Stress gradient. *BIOSCIENCE* 29 (6):349-352.
- PALAFIX, V. M. 1985. *Violencia, droga y sexo entre los huicholes*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.
- POTTER, R. L., J. L. PETERSEN, and D. N. UEQUERT. 1984. Germination responses of *Opuntia* spp. To temperature, scarification, and other seed treatments. *WEED SCIENCE* 32:106-110.
- ROBBERT, R. and P. S. NOBEL. 1983. A Fibonacci Sequence in Rib Number for a Barrel Cactus. *ANNALS OF BOTANY* 51:153-155.
- ROHLF, F. J. and ARCHIE, J. W. 1978. Least-squares mapping using interpoint distances. *Ecol.* 59(1). 126-132.
- RZEDOWSKI, J. 1966 *Vegetación del Estado de San Luis Potosí*. Tesis Doctoral UNAM. México.  
- 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México.
- SARH. 1984. *Frontera agrícola y capacidad de uso del suelo*. Carta Matehuala y San Luis Potosí. S. L. P. esc. 1:250 000.
- SÁNCHEZ, G. A. 1998. *Clasificación y ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí*. Tesis de Maestría. ENEP-IZTACALA. UNAM.
- SOTO MORA, C. y E. JÁUREGUI O. 1965. *Isotermas Extremas e Indices Aridez en la República Mexicana*. UNAM. México.
- TURNER, R. M., S. M. ALCORN, G. OLIN, and J. L. BOOTH. 1966. The influence of shade, soil, and water on saguaro seedling establishment. *BOT GAZETTE* 127:95-102.

- TRUJILLO, S. 1982. Estudio ecológico de *Echinocactus platyacanthus*. Tesis de Licenciatura ENEP-Iztacala, UNAM.
- VALIENTE-BANUET, A. 1991. Dinámica del establecimiento de cactáceas: Patrones generales y consecuencias de los procesos de facilitación por plantas nodriza en desiertos. Tesis Doctoral. Centro de Ecología. UNAM. México
- VALIENTE-BANUET, A, BOLONGARO-CREVENNA, A., BRIONES, O., EZCURRA, E., ROSAS, M., NUÑEZ, H., BARNARD, G. and VAZQUEZ, E. 1991a. Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central Mexico. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE 2: 11-14.
- YEATON, I. R. 1978. A cyclical relationship between *Larrea tridentata* and *Opuntia leptocaulis* in the northern Chihuahuan desert. J ECOL 66:651-656.
- YEATON, I. R. and ROMERO-MANZANARES, A. 1986. Organization of vegetation mosaics in the *Acacia schaffneri*-*Opuntia streptacantha* association, southern Chihuahuan desert, México. J ECOL 74:211-217.
- YOUNG, A., T. BOYLE, and T. BROWN. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. TREE 11(10):413-418.