

75
24

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

PROPAGACION DE CACTACEAS
POR SEMILLA: UNA EXPERIENCIA
PARA SU CULTIVO Y CONSERVACION.

TESIS

Que para obtener el título de

BIOLOGO

presenta

HECTOR OCTAVIO GODINEZ ALVAREZ

México, D. F.

1991.

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

CONTENIDO

	página
Resumen	1
Introducción	2
Materiales y Métodos	7
Resultados	15
Discusión	19
Referencias	26
Figuras	28
Apéndices	37

RESUMEN

México es el país con el mayor número de especies de la familia Cactaceae ya que se calcula que posee aproximadamente entre 800 y 1 000 las cuales, se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas. Debido a la destrucción del habitat y al comercio ilegal, un gran número de especies se encuentra amenazada o en peligro de extinción. Ante esta problemática, es conveniente realizar proyectos que desarrollen métodos para la propagación de éstas especies. El presente trabajo tiene como objetivo principal proponer alternativas tecnológicas para la propagación de ocho especies de cactáceas en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, en el estado de Puebla. Este proyecto se plantea como base para establecer, junto con los pobladores locales, un cultivo a gran escala que permita la conservación de las especies. Las técnicas empleadas para el cultivo deben ser accesibles y baratas. Debido a lo anterior, en el presente trabajo solo se considera la propagación por semilla porque es un método barato y de fácil manejo. El trabajo está dividido en dos aspectos principales que son la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas. Para la germinación se utilizaron semillas a las que se les aplicaron diferentes tratamientos para determinar el número de semillas germinadas y la tasa de germinación. Con base en estos resultados se pretende determinar cual es el tratamiento adecuado para la germinación. Para el crecimiento se utilizaron dos especies de cactáceas columnares, Neobuxbaumia tetetzo y Pachycereus hollianus. Las semillas se colocaron en diferentes condiciones de luz y suelo para determinar el peso y la tasa de crecimiento. Con base en estos resultados, se pretende determinar cuales son las condiciones adecuadas para el crecimiento de las plántulas. Los tratamientos para la germinación de las semillas varían de acuerdo a la especie que se trate. De manera general, el tratamiento adecuado para la mayoría de las especies implica únicamente el uso de agua ya sea para mantener una humedad constante o bien, para la imbibición de las semillas por diferentes períodos de tiempo. Para el crecimiento de las plántulas de Neobuxbaumia tetetzo y Pachycereus hollianus existen varios tratamientos. Considerando los recursos disponibles para la gente así como el costo económico y el esfuerzo, el tratamiento adecuado para el crecimiento es aquel en el que las plántulas se desarrollan en la casa de sombra y con suelo de espacios abiertos.

México es un país con una gran diversidad biológica. Debido a su amplia variedad de climas, topografía y suelos así como a su posición geográfica, intermedia entre Norteamérica y Sudamérica, cuenta con un gran número de especies de flora y fauna, que pertenecen a las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical (Rzedowski 1978).

Su flora se calcula en aproximadamente 22 000 especies de plantas vasculares (Rzedowski 1991) y está constituida por elementos boreales, meridionales y endémicos. Estos últimos son de gran importancia en la composición florística del país ya que, a nivel de género y especie, representan el 10 y el 52% respectivamente del total de la flora fanerogámica de México (Rzedowski 1991).

Dentro del grupo de plantas con un gran número de especies endémicas se encuentran las cactáceas, originarias del continente americano y que se distribuyen desde Canadá hasta Argentina. México es el país con la mayor riqueza de especies ya que se calcula que posee aproximadamente entre 800 y 1 000 (Martín-Lunas 1990) las cuales, se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas del norte y centro del país. El Valle de Tehuacán-Cuicatlán, ubicado entre los estados de Puebla y Oaxaca, es considerado como centro de alta diversidad de cactáceas columnares. De un total de 69 especies, 45 (65.2%) se localizan en el valle y de éstas, 24 (34.8%) son endémicas a la región (Briones et al. 1989).

Las cactáceas han jugado un papel importante en la cultura de distintos grupos étnicos ya que han sido empleadas como

alimento, remedio para la curación de enfermedades, materia prima para la construcción de vivienda y como plantas de ornato. En el aspecto religioso, algunas especies llegaron a ser consideradas como plantas sagradas y en ocasiones elevadas a categoría de dioses (Bravo 1978). Por su diversidad y abundancia las cactáceas mexicanas, son elementos conspicuos de la vegetación de zonas áridas y semiáridas y su interacción con otras poblaciones es importante en la dinámica de las comunidades vegetales además, debido a sus adaptaciones a lugares secos y calientes son de gran interés científico.

La gran diversidad de formas de crecimiento y la vistosidad de sus flores, son las principales razones de la sobreexplotación y el comercio ilegal de las cactáceas mexicanas. Coleccionistas de países como Holanda, Bélgica, Estados Unidos, Alemania, Inglaterra y Japón se interesan en ellas por lo que familias de escasos recursos se dedican a coleccionarlas para luego venderlas a precios muy bajos. Este comercio ilegal ha provocado que un gran número de especies se encuentren en peligro de extinción. Así, por ejemplo, la Convención sobre Comercio Internacional de Especies en Peligro de Extinción (CITES 1990), considera que todas las especies de la familia Cactaceae están amenazadas si su comercio no es regulado (Apéndice II) y estima que 36 especies están en peligro de extinción (Apéndice I). A su vez, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) estima que 299 especies de cactáceas se encuentran amenazadas (Martín-Lunas 1990). En 1991, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología publica un listado de especies mexicanas de flora y fauna amenazadas o en peligro de extinción en el que se incluyen

91 especies de cactáceas. Ante esta problemática, es necesario realizar proyectos de investigación que desarrollen métodos para la propagación de cactáceas. Estos métodos deben ser accesibles y baratos para que puedan ser utilizados para establecer, junto con los pobladores locales, cultivos a gran escala que permitan la conservación de las especies.

La mayoría de la información existente en la literatura para la propagación de las diferentes especies de cactáceas ha surgido a través de la experiencia de horticultores y aficionados quienes a lo largo de muchos años han desarrollado las diferentes técnicas para cada una de las especies. Además de este conocimiento, en su mayor parte empírico, existe la información generada por diversos estudios ecológicos sobre la dinámica del establecimiento de cactáceas y su ecofisiología (Franco y Nobel 1989, Nobel 1988, Steenbergh y Lowe 1969, Turner et al. 1966, Valiente-Banuet y Ezcurra en prensa). De manera general, los resultados de estas investigaciones muestran que para la germinación, sobrevivencia y establecimiento de las cactáceas es necesaria la presencia de arbustos "nodriza" que disminuyan la radiación solar directa y como consecuencia la temperatura y la evaporación, creando así un microclima adecuado (Valiente-Banuet y Ezcurra en prensa).

Con base en la información científica y el conocimiento empírico, el presente trabajo pretende generar alternativas tecnológicas para la propagación de cactáceas por parte de los habitantes del poblado de Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

La propagación de cactáceas puede realizarse básicamente por medio de cultivo de tejidos, por propagación vegetativa y por semilla. El trabajo está enfocado únicamente a la propagación

por semilla por considerar que es un método barato, de fácil manejo e importante para la preservación de la diversidad genética de las especies. La semilla es un recurso que puede obtenerse directamente del campo y en grandes cantidades mediante la recolección de frutos y permite seleccionar individuos con determinadas características y en buen estado.

El trabajo está dividido en dos aspectos principales que son la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas. Los tratamientos empleados para la germinación se eligieron pensando en los tipos de latencia que pueden presentar las semillas. De acuerdo con Fearn (1981), existen dos tipos de latencia, la latencia impuesta y la latencia verdadera. La latencia impuesta se debe exclusivamente a factores ambientales como la falta de humedad y las bajas temperaturas. La imbibición de las semillas en agua por diferentes períodos de tiempo y una temperatura semejante a la del lugar donde se desarrollan las especies pueden romper la latencia de las semillas. La latencia verdadera se debe básicamente a características propias de la semilla como son la dureza e impermeabilidad de la testa, la presencia de sustancias inhibidoras o reguladoras y el grado de desarrollo del embrión. La escarificación de la testa, ya sea mecánica o con soluciones ácidas, permite el paso del oxígeno y el agua promoviendo la germinación. La imbibición de las semillas en agua y la temperatura reducen la concentración de sustancias inhibidoras y promueven la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento del embrión respectivamente. Diversos trabajos (Valiente-Banuet y Ezcurra en prensa, Franco y Nobel 1989), han reportado que la sobrevivencia y el establecimiento de

las plántulas es mayor por debajo de arbustos que en espacios abiertos debido a que, en estos sitios la cantidad de radiación solar disminuye y el contenido de nutrientes en el suelo aumenta. Con base en estos resultados, se determinaron los tratamientos empleados para evaluar el crecimiento de las plántulas. En todos los casos, los tratamientos y la metodología se eligieron pensando en los recursos disponibles para los habitantes de Zapotitlán de las Salinas.

Para la germinación, se utilizaron semillas de ocho especies de cactáceas a las que se les aplicaron diferentes tratamientos para determinar el número de semillas germinadas y la tasa de germinación. Con base en esta información se pretende determinar cual es el tratamiento adecuado para germinar cada una de las especies.

Para la parte de crecimiento se utilizaron dos especies de cactáceas columnares, Neobuxbaumia tetetzo y Pachycercus hollianus. Las semillas se colocaron en diferentes condiciones de luz y suelo para cuantificar su peso y tasa de crecimiento. Con base en estos resultados se pretende determinar cuáles son las condiciones adecuadas para el desarrollo de las plántulas.

MATERIALES Y METODOS.

Area de estudio.

El trabajo de campo se realizó en el valle árido de Zapotitlán de las Salinas (18° 20' N, 97° 28' W), que forma parte del Valle de Tehuacán, en el estado de Puebla, México. Esta región debe su aridez a la sombra de lluvia producida por la Sierra Madre Oriental. Su precipitación y temperatura media son de 380 mm y 21°C respectivamente. El suelo es rocoso derivado de rocas sedimentarias y metamórficas. El tipo de vegetación dominante es el matorral xerófilo y de acuerdo con Zavala-Hurtado (1982) se reconocen cuatro unidades fisonómicas de vegetación: matorral espinoso, tetechera, cardonal e izotal. Algunas de las especies que conforman dichas unidades son Cercidium praecox, Prosopis laevigata, Myrtillocactus geometrizans, Neobuxbaumia tetetzo, Mimosa luisana, Agave marmorata, Cephalocereus hoppenstedtii y Beaucarnea gracilis, entre otras.

Las especies.

Las especies utilizadas en el presente trabajo son muy comunes en el Valle de Zapotitlán de las Salinas. Las semillas se obtuvieron por medio de la recolección de frutos de plantas que crecen dentro del jardín botánico de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Los frutos colectados, se pusieron a secar a temperatura ambiente para posteriormente extraer las semillas. Estas se guardaron en frascos de vidrio transparentes a temperatura ambiente.

Las especies utilizadas son:

1) Neobuxbaumia tetetzo (Coulter) Backeberg.

Cactácea columnar mas o menos ramificada de color verde grisáceo

que llega a medir 12 m de altura. Los períodos de floración y fructificación abarcan de mediados de mayo a finales de junio, justo antes de la época de lluvias. Sus flores son nocturnas, de color blanco y aromáticas. Sus frutos son ovoides y de color verde. Las semillas son pequeñas, oblicuo-reniformes, de 2 mm de largo, de color café oscuro y brillantes. Tanto las flores como los frutos son comestibles y se utilizan para la elaboración de diferentes guisos. Se distribuye en los estados de Oaxaca y Puebla, llegando a alcanzar densidades de hasta 1200 individuos/ha (Valiente-Banuet en prensa).

2) Echinocactus platyacanthus Link et Otto forma grandis (Rose) Bravo.

Cactácea de cuerpo simple o cespitoso con tallos cilíndricos, de 1 a 2 m de altura, de color verde oscuro y con abundante lana en el ápice. Sus flores son numerosas y de color amarillo. Sus frutos son secos, de 5 a 7 cm de longitud y están inmersos en la lana del tallo. Las semillas son negras, brillantes, con ornamentación celular y de alrededor de 2.5 mm de longitud. Con el tallo de esta planta se elabora un dulce llamado "acitrón". Se distribuye en los estados de Puebla y Oaxaca.

3) Ferocactus latispinus (Haworth) Britton et Rose [= F. recurvus (Miller) Lindsay].

Cactácea de cuerpo simple, con tallo globoso con espinas anchas de color rojo. Su período de floración es de diciembre a enero. Sus flores son de color púrpura o vino. Los tépalos de las flores son comestibles y se consumen a manera de verdura ya sea cocidos o guisados. Los frutos son ovoides y provistos de escamas, son comestibles y se consumen frescos. Las semillas son

reniformes, de color castaño oscuro, de 1.5 mm de longitud y 1 mm de diámetro. El tallo de esta planta se utiliza en la elaboración de confites o dulces de biznaga. Su distribución es muy amplia, principalmente en el centro de México en los estados de Hidalgo, Querétaro, México, Puebla, San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas.

4) Ferocactus flavovirens (Scheidweiller) Britton et Rose.

Cactácea de cuerpo cespitoso, de color verde pálido, que puede llegar a formar grandes colonias. Sus flores son de color amarillo y sus frutos alargados y con escamas. Sus semillas son pequeñas, de 1 mm de longitud, reniformes, de color negro y con ornamentación celular. Se distribuye en el estado de Puebla.

5) Pachycereus hollianus (Weber) Buxbaum.

Cactácea columnar con tallos simples o poco ramificados que alcanzan 5 m de altura, de color verde oscuro. Su período de floración es entre julio y agosto. Sus flores son diurnas y de color blanco y los frutos son ovoides, de color rojizo y comestibles. Las semillas son pequeñas, de 2 a 3 mm de largo, de color negro y brillantes, con puntuaciones pequeñas. Se distribuye en el estado de Puebla y es muy abundante en Zapotitlán de las Salinas. Debido a su fácil propagación vegetativa se utiliza frecuentemente para formar cercas vivas.

6) Myrtillocactus geometrizans (Martius) Console.

Cactácea columnar, muy ramificada, de más de 4 m de altura de color verde azulado. Sus flores son de color blanco verdoso y sus frutos son globosos, de aproximadamente 1 cm de diámetro, y de color púrpura. Los frutos se consumen como fruta fresca, como pasas o para preparar helados y mermeladas. Sus semillas son pequeñas, rugosas, de color negro mate y de forma variable. Se

distribuye desde Tamaulipas hasta Oaxaca y es muy abundante en los estados del centro de México.

7) Coryphantha pallida Britton et Rose.

Cactácea de cuerpo simple o cespitoso con tallos globosos de color verde azulado y flores de color amarillo limón. Su fruto es alargado de color castaño y sus semillas son pequeñas, de color café y brillantes. Se distribuye en los estados de Puebla y Oaxaca y es muy común en el Valle de Tehuacán.

8) Opuntia decumbens Salm-Dyck (= O. puberula Priffer).

Cactácea rastrera de 30 a 40 cm de altura que puede en ocasiones, llegar a formar grandes matorrales. Los cladodios son de color verde amarillento y presentan flores de color amarillo. Los frutos son globosos y de color rojo púrpura. Sus semillas son de 4 mm de diámetro e irregularmente orbiculares. Se distribuye en los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca.

Diseño Experimental.

Germinación.

El diseño experimental empleado para evaluar la germinación es un factorial de 8 x 11 (fig. 1). El primer factor con 8 niveles que corresponden a las diferentes especies utilizadas en el trabajo y el segundo factor con 11 niveles que representan a cada uno de los tratamientos aplicados a las semillas (tabla 1). La unidad experimental consistió de una caja Petri con 50 semillas y 4 repeticiones para cada tratamiento de tal manera que, en total se tienen 352 unidades experimentales.

Las semillas se colocaron en hipoclorito de sodio al 5% durante 5 minutos para desinfectarlas y se sembraron en cajas Petri con agar al 1%. La germinación se desarrolló en el

	Inmer. sol. pH 1	Inmer. sol. pH 2	Inmer. sol. pH 3	Inmer. sol. pH 6	Imbib. 12 hrs	Imbib. 24 hrs	Imbib. 48 hrs	Temp. 17 °C	Temp. 20-25 °C	Esc.	Test.
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	50	50									
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	50	50									
<i>Ferocactus latispinus</i>											
<i>Ferocactus flavovirens</i>											
<i>Pachycereus hollianus</i>											
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>											
<i>Coryphantha pallida</i>											
<i>Opuntia decumbens</i>											

Fig. 1. Diseño experimental factorial de 8 x 11 empleado para evaluar la germinación de diferentes especies de cactáceas bajo distintos tratamientos. Los círculos representan el número de repeticiones por tratamiento y los valores indican el número de semillas por réplica.

Tabla 1. Tratamientos aplicados a las semillas de ocho especies de cactáceas.

- 1 Inmersión en solución de HCl de pH 1 durante 1 hr.
- 2 Inmersión en solución de HCl de pH 2 durante 1 hr.
- 3 Inmersión en solución de HCl de pH 3 durante 1 hr.
- 4 Inmersión en solución de HCl de pH 6 durante 1 hr.
- 5 Imbibición en agua durante 12 hr.
- 6 Imbibición en agua durante 24 hr.
- 7 Imbibición en agua durante 48 hr.
- 8 Cámara de germinación con temperatura controlada a 17°C constantes y fotoperíodo de 12 hr de luz por 12 hr de oscuridad.
- 9 Cámara de germinación con temperatura controlada de 20 a 25°C y fotoperíodo de 12 hr de luz por 12 hr de oscuridad.
La temperatura en este tratamiento varía de acuerdo con la hora del día de tal manera que:

A las	8:00 hr	la temperatura es de	20°C
	10:00		22
	12:00		24
	14:00		25
	16:00		24
	18:00		22
	20:00		20

10 Escarificación.

Para Echinocactus platyacanthus la escarificación se realizó frotando las semillas con lija.

En Opuntia decumbens se utilizaron pinzas para fragmentar la testa y para el resto de las especies, las semillas se colocaron en agua con arena en un agitador.

En todos los casos, el tiempo de escarificación se determinó por observación al microscopio para verificar que la testa de la semilla estuviera fragmentada.

11 Testigo.

laboratorio, excepto los tratamientos 8 y 9, a una temperatura promedio máxima de 23.3°C y mínima de 15.3°C. Las cajas se revisaron cada tercer día para cuantificar el número de semillas germinadas. Una semilla se consideró germinada cuando la radícula fue visible.

El número total de semillas germinadas al final del experimento se analizó con una tabla de contingencia para determinar si las especies y los tratamientos son variables independientes. La hipótesis nula considera que el número total de semillas germinadas para cada especie es igual en los diferentes tratamientos.

Tasas de germinación.

El análisis de la germinación se realizó ajustando a los datos un modelo logit para determinar las tasas de germinación para las diferentes especies. Para cada especie, se ajustó un modelo considerando al tiempo como una variable continua y a los tratamientos como variables discretas. Los modelos se ajustaron por medio del paquete estadístico GLIM (Generalized Linear Interactive Models) versión 3.77 considerando un error binomial y función de enlace logit (Healy 1988).

El modelo logit se basa en la transformación de los datos a probabilidades de éxito de un cierto evento (i.e. número de semillas germinadas) con respecto a un total dado (i.e. número total de semillas sembradas por tratamiento) por lo que la curva ajustada está acotada entre cero y uno. Este ajuste permite conocer y comparar la tasa de cambio del evento que nos interesa y cómo se modifica con respecto al tiempo.

La ecuación que describe este modelo es:

$$y = \frac{e^{a+bt}}{1 + e^{a+bt}}$$

en donde:

y = número de semillas germinadas

a = ordenada al origen

b = tasa de germinación

t = tiempo

e = número base de los logaritmos naturales

Con los datos experimentales, se hicieron gráficas del número de semillas germinadas con respecto al tiempo.

Crecimiento.

El crecimiento de las plántulas se desarrolló en una casa de sombra ubicada en Zapotitlán de las Salinas. El diseño experimental empleado es un factorial de $2 \times 2 \times 3$. El primer factor con 2 niveles que representan a las especies utilizadas, Neobuxbaumia tetetzo y Pachycereus hollianus, el segundo factor con 2 niveles que son suelo extraído de espacios abiertos y suelo debajo del arbusto Mimosa luisana y el tercer factor con 3 niveles que corresponden a la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR), en espacios abiertos ($1870.361 \mu\text{mol/s m}^2$), debajo de arbustos ($261.121 \mu\text{mol/s m}^2$) y en la casa de sombra ($124.645 \mu\text{mol/s m}^2$). Para determinar la cantidad de radiación fotosintéticamente activa se utilizó un DataLogger, modelo LI-1000 y un sensor para PAR modelo LI-190SA. Para simular la sombra debajo de arbustos, se utilizó malla de plástico de color verde de 1.5 mm.

La unidad experimental consistió de un recipiente de plástico en el cual se sembraron las semillas, cuidando que siempre fuera un número mayor a 10, para cada tratamiento se

realizaron 6 repeticiones y 7 cosechas de tal manera que se tienen 504 unidades experimentales (fig. 2).

La germinación y el crecimiento se desarrollaron a una temperatura promedio mínima de 7.5°C y máxima de 42.6°C y el riego se hizo cada tercer día. Las plantas se cosecharon cada quince días para cuantificar el incremento en el peso seco.

El peso seco al final del experimento se analizó mediante un análisis de la varianza de tres factores (Sokal 1979). La hipótesis nula considera que no existen diferencias significativas en el peso promedio de las plantas para las distintas especies y tratamientos.

Tasas de crecimiento.

El análisis del crecimiento se realizó mediante una regresión múltiple para determinar las tasas de crecimiento de las especies. La regresión múltiple se hizo considerando al tiempo como una variable continua y a la especie, el suelo y la luz como variables discretas. El modelo se ajustó con el paquete estadístico GLIM (Generalized Linear Interactive Models) versión 3.77 considerando un error normal y función de enlace identidad (Healey 1988).

El análisis de regresión múltiple es una técnica estadística que permite conocer la ecuación que relaciona a las diferentes variables y determinar el efecto de las variables independientes (suelo, luz, especie y tiempo) sobre la variable dependiente (peso seco).

La ecuación para la regresión múltiple es:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$$

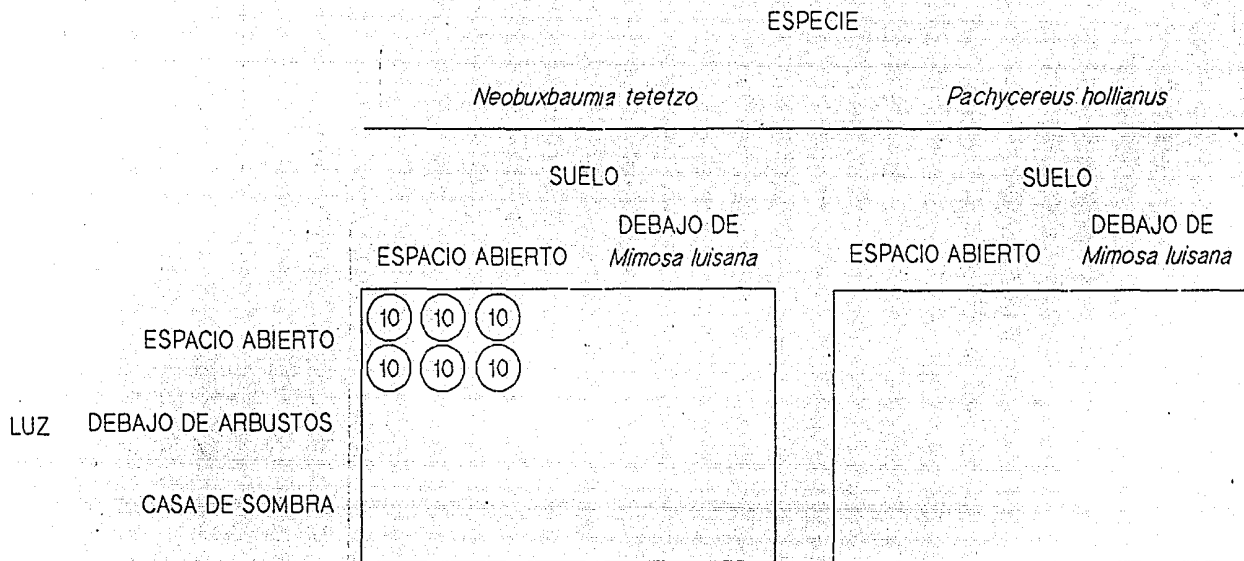


Fig. 2. Diseño experimental factorial de $2 \times 2 \times 3$ utilizado para evaluar el crecimiento de plántulas de *Neobuxbaumia tetetzo* y *Pachycereus hollianus* bajo diferentes condiciones de luz y suelo. Los círculos representan el número de repeticiones por tratamiento y los valores indican el número de semillas por repetición.

en donde:

y = peso seco (mg)

a = ordenada al origen

x_1 = tiempo

b = tasa de crecimiento

x_2 = suelo

c = efecto del suelo

x_3 = luz

d = efecto de la luz

x_4 = especie

e = efecto de la especie

La construcción del modelo se hizo considerando todos los factores y sus interacciones para explicar la varianza de los datos. Para la interpretación de los resultados, solo se consideraron aquellas interacciones con significado biológico. Con los datos experimentales, se hicieron gráficas del peso seco promedio con respecto al tiempo.

RESULTADOS.

Germinación

El análisis de la devianza para el número total de semillas germinadas (tabla 2) muestra que los factores y la interacción son significativos. El factor especie explica aproximadamente el 74% de la variación total de los datos. El número de semillas germinadas para las diferentes especies (tabla 3) varía desde 198 (99%) en Neobuxbaumia tetetzo hasta 5 (2.5%) en Opuntia decumbens.

Tabla 2. Análisis de la devianza para el número total de semillas germinadas al final del experimento para diferentes especies y tratamientos. (***) $p < 0.001$.

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	P
Especies	2011.4	7	0.742	***
Tratamientos	221.8	10	0.082	***
Trat. x Especie	325.8	70	0.120	***
Error	151.8	264	0.056	
Total	2710.8	351	1.000	

En la mayoría de los tratamientos, el número de semillas germinadas fue similar por lo que no existen diferencias significativas entre tratamientos excepto en la temperatura constante a 17°C y en la escarificación en donde se obtuvieron los menores números de semillas germinadas. Opuntia decumbens es la única especie que debido a sus baja germinación en todos los tratamientos difiere significativamente de las demás especies.

TABLA 3. Número total de semillas germinadas al final del experimento para diferentes especies y tratamientos. Los valores marcados con * difieren significativamente del resto. El total corresponde a la suma de las cuatro repeticiones. (n=200, * p < 0.001).

	Inmer. sol. pH 1	Inmer. sol. pH 2	Inmer. sol. pH 3	Inmer. sol. pH 5	Imbib. 12 hrs	Imbib. 24 hrs	Imbib. 48 hrs	Temp. 17 °C	Temp. 20-25 °C	Esc.	Test.
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	191	197	195	193	192	198	180	196	197	98 *	196
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	137	121	121	116	112	109	105	39 *	141	93	132
<i>Ferocactus latispinus</i>	145	141	141	149	150	147	147	89 *	153	28 *	134
<i>Ferocactus flavovirens</i>	155	155	157	163	162	155	154	148	159	84 *	157
<i>Pachycereus hollianus</i>	178	159	158	156	157	157	153	152	160	148	140
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	142	142	155	128	154	75 *	146	144	139	151	143
<i>Coryphantha pallida</i>	196	194	191	186	191	195	191	188	198	58 *	190
<i>Opuntia decumbens</i>	15 *	17 *	17 *	34 *	33 *	29 *	24 *	11 *	34 *	5 *	31 *

Tasas de germinación.

Los análisis de la devianza para los ajustes logit de las diferentes especies se muestran en el apéndice 1. En todos los casos, el tratamiento, el tiempo y la interacción de ambos factores son significativos excepto en Opuntia decumbens en donde este último término resultó ser no significativo. El tiempo es el factor que explica el mayor porcentaje de la devianza total. Para todas las especies, existe un efecto del tiempo y el tratamiento sobre la germinación (figuras 3-34). Los tratamientos con las tasas de germinación más altas varían de acuerdo con la especie (tabla 4). Opuntia decumbens es la única especie en la que no existen diferencias significativas entre las tasas de germinación para los diferentes tratamientos.

Crecimiento.

Las semillas colocadas en los espacios abiertos no germinaron por lo que no fue posible cuantificar el crecimiento de las plántulas. Para los demás tratamientos, el análisis de la varianza para el peso seco de las plántulas (tabla 5) muestra que, los factores y la interacción especie por luz son significativos y explican aproximadamente el 74.5% de la variación total de los datos. El crecimiento de las plántulas es mayor en Pachycereus hollianus que en Neobuxbaumia tetetzo (tabla 6). La cantidad de luz y el tipo de suelo tiene un efecto significativo sobre el crecimiento. Las plántulas con los pesos secos más altos se desarrollaron en la casa de sombra y además, en suelo extraído debajo de Mimosa luisana. Para ambas especies, la luz debajo de arbustos y el suelo de espacios abiertos disminuye el crecimiento de las plántulas de manera

TABLA 4. Tasas de germinación ajustadas con un modelo logit para distintas especies y tratamientos. Para cada especie, las tasas de germinación marcadas con * son iguales entre sí y difieren significativamente del resto. ($p < 0.05$).

	Inmer. sol. pH 1	Inmer. sol. pH 2	Inmer. sol. pH 3	Inmer. sol. pH 5	Imbib. 12 hrs	Imbib. 24 hrs	Imbib. 48 hrs	Temp. 17 °C	Temp. 20-25 °C	Esc.	Test.
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	0.3639	0.6427 *	0.5240	0.4927	0.4066	0.6339 *	0.2416	0.6226 *	0.7059 *	0.1107	0.5743
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	0.2762 *	0.2755 *	0.2534	0.2391	0.2503	0.2565	0.2294	0.2823 *	0.3015 *	0.2302	0.2573
<i>Ferocactus latispinus</i>	0.1704 *	0.1617	0.1629	0.1778 *	0.1826 *	0.1702 *	0.1691 *	0.1554	0.1867 *	0.1089	0.1548
<i>Ferocactus flavovirens</i>	0.2184	0.2238	0.2268	0.2458	0.2383	0.2268	0.1915	0.2834 *	0.2316	0.1350	0.2345
<i>Pachycereus hollianus</i>	0.3183 *	0.2261	0.2200	0.2196	0.2210	0.2118	0.2116	0.2468	0.2197	0.1950	0.1917
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	0.2907 *	0.2806 *	0.3084 *	0.2462	0.2839 *	0.2243	0.2889 *	0.3030 *	0.2596	0.2870 *	0.2784 *
<i>Coryphantha pallida</i>	0.6084 *	0.6522 *	0.5415	0.4561	0.5165	0.5711 *	0.5092	0.6500 *	0.6615 *	0.3181	0.5590 *
<i>Opuntia decumbens</i>	0.2665	0.2327	0.2261	0.2180	0.2346	0.2595	0.2191	0.2079	0.2591	0.1801	0.2276

significativa.

Tabla 5. Análisis de la varianza para el peso seco promedio (mg) de plántulas de Neobuxbaumia tetetzo y Pachycereus hollianus obtenido al final del experimento bajo diferentes condiciones de luz y suelo. (* p < 0.05, *** p < 0.001).

Fuente de Variación	S.C.	g.l.	C.M.	F
Especie	595.5	1	595.5	69.2 ***
Luz	407.1	1	407.1	47.3 ***
Suelo	138.8	1	138.8	16.1 ***
Esp. x Luz	52.6	1	52.6	6.1 *
Esp. x Suelo	27.9	1	27.9	3.2 N.S.
Luz x Suelo	33.9	1	33.9	3.9 N.S.
Esp. x Luz x Suelo	2.7	1	2.7	0.3 N.S.
Error	344.4	40	8.6	
Total	1602.9	47		

Tasas de crecimiento.

El modelo de regresión ajustado para el peso seco promedio de las plántulas de ambas especies explica el 80.3% de la variación total de los datos. El análisis de la varianza (tabla 7) muestra que, el tiempo y la luz son los factores que explican el mayor porcentaje de la variación con 55.9% y 11.3% respectivamente. Las tasas de crecimiento para ambas especies difieren de manera significativa siendo mayores en Pachycereus hollianus que en Neobuxbaumia tetetzo (figuras 35-38). La cantidad de luz y el tipo de suelo tiene un efecto significativo sobre las tasas de crecimiento. Las plántulas con las tasas de crecimiento más altas se desarrollaron en la casa de sombra o en suelo debajo de Mimosa luisana (tabla 8). Para ambas especies, la tasa de crecimiento disminuye de manera significativa con luz debajo de arbustos y suelo de espacios abiertos.

Tabla 6. Peso promedio (mg) de plántulas de Neobuxbaumia tetetzo y Pachycereus hollianus al final del experimento bajo diferentes condiciones de luz y suelo.

Para cada especie, los valores marcados con * difieren significativamente del peso promedio más alto. (** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

		ESPECIE			
		<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>		<i>Pachycereus hollianus</i>	
		SUELO		SUELO	
		ESPACIO ABIERTO	DEBAJO DE <i>Mimosa luisana</i>	ESPACIO ABIERTO	DEBAJO DE <i>Mimosa luisana</i>
LUZ	ESPACIO ABIERTO	-	-	-	-
	DEBAJO DE ARBUSTOS	8.9 **	12.0	11.8 ***	18.9
	CASA DE SOMBRA	13.8	14.5	21.9	24.7

Tabla 7. Análisis de la varianza para la regresión múltiple del peso seco promedio (mg) de plántulas de *Neobuxbaumia tetetzo* y *Pachycereus hollianus* bajo diferentes condiciones de luz y suelo. (** p < 0.01, *** p < 0.001).

Fuente de variación	S.C.	g.l.	C.M.	F
Especie	463.7	1	463.7	67.2 ***
Luz	1321.0	1	1321.0	191.4 ***
Suelo	126.4	1	126.4	18.3 ***
Tiempo	6507.0	1	6507.0	943.0 ***
Esp. x Luz	133.2	1	133.2	19.3 ***
Esp. x Suelo	9.8	1	9.8	1.4 N.S.
Esp. x Tiempo	256.5	1	256.5	37.2 ***
Luz x Suelo	4.1	1	4.1	0.6 N.S.
Luz x Tiempo	337.2	1	337.2	48.9 ***
Suelo x Tiempo	71.1	1	71.1	10.3 **
Esp. x Luz x Suelo	1.6	1	1.6	0.2 N.S.
Esp. x Luz x Suelo x T.	141.8	4	35.5	5.1 **
Error	2260.0	328	6.9	
Total	11633.4	343		

Con base en los resultados obtenidos, en la tabla 9 se presentan los tratamientos para la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas de las ocho especies de cactáceas.

Tabla 8. Tasas de crecimiento de plántulas de *Neobuxbaumia tetetzo* y *Pachycereus hollianus* ajustadas mediante una regresión múltiple bajo diferentes condiciones de luz y suelo. Para cada especie, las tasas marcadas con * difieren significativamente de la tasa de crecimiento mayor. (* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$).

		ESPECIE			
		<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>		<i>Pachycereus hollianus</i>	
		SUELO		SUELO	
		ESPACIO ABIERTO	DEBAJO DE <i>Mimosa luisana</i>	ESPACIO ABIERTO	DEBAJO DE <i>Mimosa luisana</i>
LUZ	ESPACIO ABIERTO	-	-	-	-
	DEBAJO DE ARBUSTOS	0.0671 *	0.0849	0.0656 ***	0.1229
	CASA DE SOMBRA	0.0968	0.1045	0.1653	0.1747

Tabla 9. Tratamientos para la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas de ocho especies de cactáceas en el Valle de Zapotitlán de las Salinas.

GERMINACION

Especie	Tratamiento
<u>Neobuxbaumia tetetzo</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Imbibición en agua durante 24 hr - Temperatura fluctuante de 20-25°C - Temperatura constante a 17°C - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 2 durante 1 hr
<u>Echinocactus platyacanthus</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 1 durante 1 hr - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 2 durante 1 hr - Temperatura fluctuante de 20-25°C
<u>Ferocactus latispinus</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Imbibición en agua durante 12 hr - Imbibición en agua durante 24 hr - Imbibición en agua durante 48 hr - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 1 durante 1 hr - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 6 durante 1 hr - Temperatura fluctuante de 20-25°C
<u>Ferocactus flavovirens</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura constante a 17°C
<u>Pachycereus hollianus</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 1 durante 1 hr
<u>Myrtillocactus geometrizans</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 1 durante 1 hr - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 2 durante 1 hr - Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 3 durante 1 hr - Imbibición en agua durante 12 hr - Imbibición en agua durante 48 hr - Temperatura constante a 17°C - Escarificación - Testigo (mantener humedad)

Coryphantha pallida

- Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 1 durante 1 hr
- Inmersión en solución de ácido clorhídrico de pH 2 durante 1 hr
- Imbibición en agua durante 24 hr
- Temperatura constante a 17°C
- Temperatura fluctuante de 20 a 25°C
- Testigo (mantener humedad)

Opuntia decumbens

- Cualquier tratamiento excepto la escarificación y temperatura constante a 17°C

CRECIMIENTO

Especie	Tratamiento
---------	-------------

Neobuxbaumia tetetzo

- Luz en casa de sombra y suelo debajo de Mimosa luisana
- Luz en casa de sombra y suelo de espacios abiertos
- Luz debajo de arbustos y suelo debajo de Mimosa luisana

Pachycereus hollianus

- Luz en casa de sombra y suelo debajo de Mimosa luisana
- Luz en casa de sombra y suelo de espacios abiertos
- Luz debajo de arbustos y suelo debajo de Mimosa luisana

DISCUSION.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo para la germinación de las semillas muestran que los mejores tratamientos varían según la especie que se trate. De manera general, el número de semillas germinadas en todos los tratamientos fue alto excepto en la escarificación.

La inmersión de las semillas en solución de ácido clorhídrico de diferente pH permitió obtener porcentajes altos de germinación. De manera similar, McDonough (1964) reporta que las semillas de Carnegiea gigantea y Stenocereus thurberi alcanzan porcentajes de germinación de 100 y 94% respectivamente después de estar inmersas en una solución de ácido clorhídrico durante 3 hr.

Para diferentes especies, los tratamientos de temperatura constante a 17°C así como de temperatura fluctuante de 20 a 25°C permiten obtener números altos de semillas germinadas. Nobel (1988) al analizar los requerimientos de temperatura para 19 especies de cactáceas encuentra que, el rango de temperatura para la germinación varía de los 17°C a los 34°C. Asimismo, McDonough (1964) y Alcorn y Kurtz (1959) reportan que para Carnegiea gigantea y Stenocereus thurberi, el rango de temperatura varía de los 15 a los 45°C y de los 15 a los 35°C respectivamente. Para S. griseus, la germinación de las semillas puede llevarse a cabo a temperaturas que van de los 12 a los 35°C (Martínez 1983). De manera general, los resultados de éste y otros trabajos muestran que el rango de temperatura, para la germinación de diferentes especies, es muy variable. Diversos factores pueden afectar los

requerimientos de temperatura para la germinación de las semillas como son, las características propias de la especie (Fearn 1981), la edad de la semilla (Fearn 1974), las características ambientales del lugar donde se desarrolla la especie (Thompson 1970) así como su distribución geográfica (Dau y Labouriau 1974). Con base en estos resultados, es necesario realizar trabajos que permitan conocer cual o cuales de los factores anteriores determinan la respuesta de las ocho especies a la temperatura y con esta información determinar la temperatura óptima para la germinación de las semillas de cada una de las especies.

La germinación de las semillas es un proceso que requiere temperatura y humedad adecuadas para su inicio y desarrollo. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la humedad constante (tratamiento testigo) y la imbibición de las semillas por diferentes períodos de tiempo son tratamientos que permiten obtener porcentajes de germinación altos. Diversos trabajos han reportado que la imbibición de las semillas aumenta el porcentaje de germinación. En 1964, McDonough encuentra que la imbibición de las semillas de Carnegiea gigantea y Stenocereus thurberi por períodos de 8 a 12 hrs permite obtener porcentajes de germinación de 91 y 57% respectivamente. La imbibición de las semillas de S. griseus por períodos de 24 hrs permite obtener porcentajes de germinación del 49% (Martínez 1983).

La escarificación es el tratamiento en el cual la germinación de las semillas fue más baja excepto en Myrtillocactus geometrizans. En 1964, McDonough reporta que al fragmentar la testa de las semillas de Carnegiea gigantea y Stenocereus thurberi el porcentaje de germinación disminuye a 3%. De manera general, las especies de cactáceas estudiadas aquí, se

caracterizan por presentar semillas de tamaño pequeño y testa muy delgada por lo que, al escarificar la semilla el embrión es dañado disminuyendo el número de semillas germinadas.

Myrtillocactus geometrizans es la única especie que presenta semillas de tamaño pequeño con testa gruesa y rugosa por lo que la escarificación probablemente no dañe el embrión.

La germinación de las distintas especies en el tratamiento testigo fue muy similar a la de los demás tratamientos y, en general, no existen diferencias significativas. Este resultado muestra que, las semillas de las ocho especies de cactáceas utilizadas presentan latencia impuesta (Fearn 1981) es decir, latencia debida únicamente a condiciones ambientales inadecuadas. Diversos trabajos (Martínez 1983, McDonough 1964, Alcorn y Kurtz 1959 y Fearn 1981) han reportado que el agua y la luz son los principales factores que desencadenan la germinación de las semillas de las cactáceas.

De manera general, el número de semillas germinadas para todas las especies bajo los distintos tratamientos es alto excepto en Opuntia decumbens en donde la germinación de las semillas en todos los tratamientos fue baja. Lo anterior, podría deberse a que Opuntia decumbens es una especie que se caracteriza por presentar semillas con una testa muy gruesa. Nobel (1988) reporta que la germinación de las semillas de Opuntia aumenta en un 50% después de pasar por el tracto digestivo de conejos o ganado. En el presente trabajo, la inmersión de las semillas en solución de ácido clorhídrico se realizó solo durante 1 hr. Un tiempo de inmersión semejante al tiempo que permanecen las semillas en el tracto digestivo del ganado, probablemente

aumentaría el número de semillas germinadas.

Los resultados obtenidos para el peso seco de las plántulas de ambas especies muestran que, la cantidad de luz y el tipo de suelo influyen sobre el crecimiento. Las plántulas en la casa de sombra y en suelo debajo de Mimosa luisana presentan los pesos más altos. Diversos trabajos han reportado que para la sobrevivencia y el establecimiento de plántulas de Carnegieia gigantea (Turner et al. 1966 y Steenbergh y Lowe 1969) y Neobuxbaumia tetetzo (Valiente-Banuet y Ezcurra en prensa) es necesaria la presencia de arbustos u objetos que provean protección contra los altos índices de radiación solar. Al disminuir la radiación, la temperatura del suelo disminuye también y, por lo tanto, la tasa de evaporación del agua, creándose así un microclima adecuado para el desarrollo de las plántulas (Valiente-Banuet y Ezcurra en prensa). Las cactáceas son plantas suculentas con metabolismo fotosintético tipo CAM por lo que son incapaces de termorregular durante el día debido a que sus estomas permanecen cerrados. Con base en lo anterior, la ausencia de germinación de las semillas en los espacios abiertos se debe básicamente a las altas temperaturas del suelo las cuales, aumentan la tasa de evaporación del agua por lo que la humedad requerida para la germinación no fue suficiente. Los registros de temperatura a nivel del suelo, para los distintos tratamientos, muestran que existe una diferencia de temperatura de 17.5°C entre la casa de sombra y los espacios abiertos. A las 15:00 hrs, la temperatura máxima en los espacios abiertos es de 51.5°C mientras que en la casa de sombra es de 34°C. De manera similar, Valiente-Banuet et al. (1991) reportan que la temperatura en los espacios abiertos es 16°C mayor que debajo de

arbustos.

Franco y Nobel (1989) y García-Moya y McKell (1970) reportan que el contenido de nitrógeno del suelo por debajo de arbustos es mayor que en espacios abiertos. El mayor crecimiento de las plántulas en el suelo debajo de Mimosa luisana en comparación con el suelo de espacios abiertos puede deberse a diferencias en el contenido de nitrógeno en los distintos tipos de suelo.

Los resultados obtenidos sugieren que, debajo de los arbustos se encuentran las condiciones adecuadas para el crecimiento de las plántulas. Con base en estos resultados, es necesario realizar trabajos que determinen como la presencia de un arbusto, modifica los factores ambientales y como éstos afectan el crecimiento de las plántulas. Algunos de estos factores son la cantidad de radiación fotosintéticamente activa, la temperatura, el contenido de nutrientes y la humedad.

En general, los resultados obtenidos en el presente trabajo sugieren que, para la propagación de las especies existen varios tratamientos. Desde el punto de vista práctico, la elección del tratamiento adecuado para la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas depende del costo así como de la infraestructura disponible para la gente de Zapotitlán de las Salinas. Con base en lo anterior, para la mayoría de las especies empleadas, el mejor tratamiento para la germinación de las semillas es el que implica únicamente el uso del agua ya sea para mantener una humedad constante o bien, para la imbibición de las semillas por diferentes periodos de tiempo. Existen otras especies para las cuales, los mejores tratamientos son la inmersión de las semillas en solución de ácido clorhídrico y la

germinación a temperatura de 17°C. Este último tratamiento es posible realizarlo bajo las condiciones locales de Zapotitlán dado que la temperatura de 17°C se encuentra dentro del rango de temperaturas máximas y mínimas reportado para el lugar.

Para el crecimiento de las plántulas de Neobuxbaumia tetetzo y Pachycereus hollianus, los resultados obtenidos sugieren que existen varios tratamientos adecuados. Considerando los recursos disponibles así como la infraestructura y el esfuerzo, el tratamiento más accesible es aquel en el que las plántulas se desarrollan en la casa de sombra y con suelo de espacios abiertos.

La propagación de especies amenazadas o en peligro de extinción por medio de cultivos a gran escala realizados por los pobladores locales, es una de las soluciones más viables al problema de la conservación de cactáceas mexicanas. Este tipo de proyectos de propagación con metodologías baratas y accesibles para la gente, posee algunas ventajas sobre otras técnicas tales como el cultivo de tejidos o la propagación vegetativa. En primer lugar, son proyectos económicos que no requieren grandes inversiones y que, con una buena planeación pueden dar resultados a mediano plazo. La propagación por semilla permite preservar la variabilidad genética de las especies y además, es posible obtener un gran número de plántulas para realizar proyectos de reintroducción de nuevos individuos al medio. Por último, al implementar cultivos a gran escala no solo de especies amenazadas sino también de especies comunes, la comercialización de éstas genera alternativas económicas para la gente del lugar. Este beneficio, probablemente pueda crear consciencia entre los pobladores de la importancia de estas plantas y, comiencen a

protegerlas y valorarlas evitando así, el comercio ilegal y el saqueo.

REFERENCIAS.

- Alcorn, S. M. and E. B. Kurtz. 1959. Some factors affecting the germination of seed of the saguaro cactus (Carnegiea gigantea). American Journal of Botany 46: 526-529.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Briones, V. O., Ezcurra, E., García-Oliva, F., López-Portillo, G., Riemann, G. H., Rosas, M., Valiente-Banuet, A. 1989. Patrones geográficos de diversidad y termorregulación en las cactáceas columnares de México. Simposio sobre Diversidad Biológica en México, Oaxtepec, Mor., México.
- CITES. 1990. Appendices I, II and III to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. U.S. Fish and Wildlife Service, Interior. February 20, 1990.
- Dau, L. and L. G. Labouriau. 1974. Temperature control of seed germination in Pereskia aculeata Mill. An. Acad. Brasil. Cienc. 46(2): 311-322.
- Fearn, B. 1974. An investigation into the effect of temperature on the seed germination of nine species of cacti using thermal gradient bars. Cactus & Succulent Journal (U.S.) 46: 215-219.
- Fearn, B. 1981. Seed germination: the modern approach. Cactus and Succulent Journal of Great Britain 43(1): 13-16.
- Franco, A. C. and P. S. Nobel. 1989. Effect of nurse plant on the microhabitat and growth of cacti. Journal of Ecology 77: 870-886.
- García-Moya, E. and C. M. McKell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. Ecology 51(1): 81-88.
- Healey, M. J. R. 1988. Glim an introduction. Oxford Science Publications. Oxford University Press.
- Martín-Lunas, R. R. 1990. Estado actual de seis especies de cactáceas mexicanas sobrecolectadas y algunos planteamientos alternativos para su conservación. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, U.N.A.M.
- Martínez, E. 1983. Germinación de semillas de Stenocereus griseus (Haw.) Buxbaum (Pitayo de Mayo). Cactáceas y Suculentas de México 28: 51-57.

- McDonough, W. T. 1964. Germination responses of Carnegiea gigantea and Lemaireocereus thurberi. Ecology 45(1): 155-159.
- Nobel, P. S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge University Press. New York.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y origen de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana 14: 3-21.
- SEDUE. 1991. Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos que determinan las especies raras, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial y sus endemismos, de la flora y fauna terrestres y acuáticas en la República Mexicana. Diario Oficial de la Federación. Tomo CDLII. No. 12: 7-36.
- Sokal, R. y F. J. Rohlf. 1979. Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Ed. Blume. Madrid.
- Steenbergh, W. F. and C. H. Lowe. 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (Cereus giganteus) at Saguaro National Monument, Arizona. Ecology 50(5): 825-834.
- Thompson, P. A. 1970. Characterization of the germination response to temperature of species and ecotypes. Nature 225: 927-931.
- Turner, R. M., Alcorn, S. M., Olin, G. and J. A. Booth. 1966. The influence of shade, soil and water on saguaro seedling establishment. Botanical Gazette 127(2-3): 95-102.
- Valiente-Banuet, A., Bolongaro-Crevenna, A., Briones, O., Ezcurra, E., Rosas, M., Núñez, H., Barnard, G. y Vázquez, E. 1991. Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central Mexico. Journal of Vegetation Science 2: 15-20.
- Valiente-Banuet, A. y E. Ezcurra. en prensa. Shade as a cause of the association between the cactus Neobuxbaumia tetetzo and the nurse-plant Mimosa luisana in the Tehuacan Valley, Mexico. Journal of Ecology.
- Zavala-Hurtado, J. A. 1982. Estudios ecológicos en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de las especies. Biótica 7(1): 99-120.

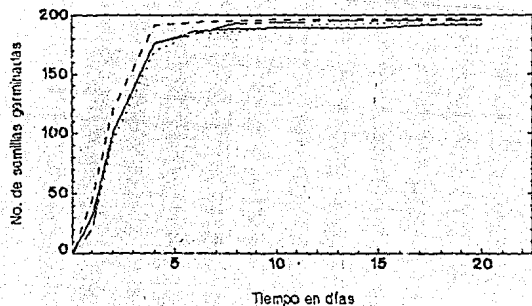


Fig. 3. Número total de semillas germinadas de *Neobuxbaumia tetetzo* con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr en solución de ácido clorhídrico de pH 1 —, pH 2 - - -, pH 3 — — — y pH 6 ·····.

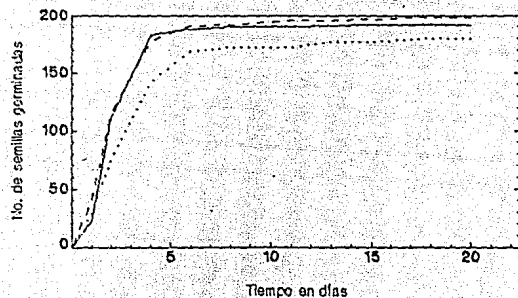


Fig. 4. Número total de semillas germinadas de *Neobuxbaumia tetetzo* con respecto al tiempo embebidas en agua durante 12 hrs — — —, 24 hrs - - - y 48 hrs ·····.

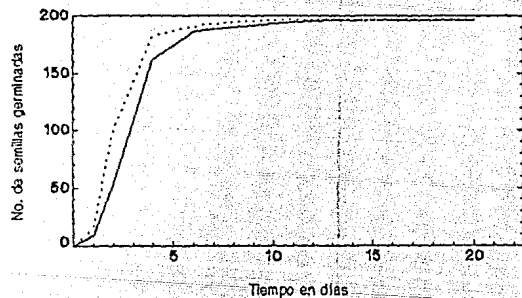


Fig. 5. Número total de semillas germinadas de *Neobuxbaumia tetetzo* con respecto al tiempo a temperatura constante de 17°C — y temperatura de 20 a 25°C ·····.

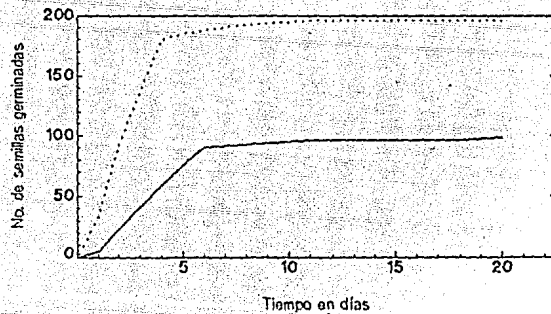


Fig. 6. Número total de semillas germinadas de *Neobuxbaumia tetetzo* con respecto al tiempo escarificadas — y en agua ·····.

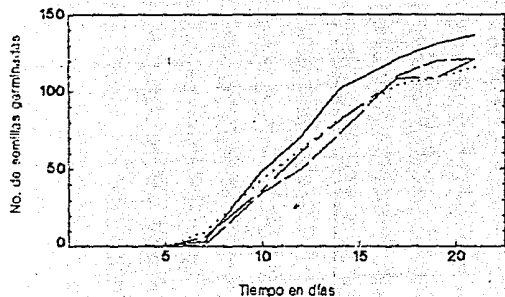


Fig. 7. Número total de semillas germinadas de Echinocactus platyacanthus con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr. en solución de ácido clorhídrico de pH 1 —, pH 2 — · —, pH 3 — — — y pH 6 · · · · ·.

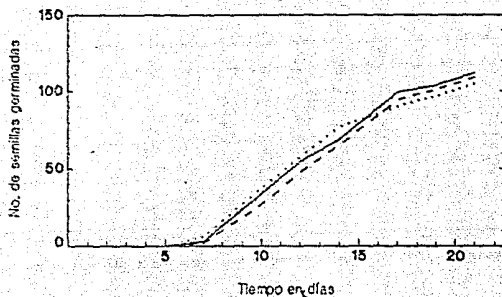


Fig. 8. Número total de semillas germinadas de Echinocactus platyacanthus con respecto al tiempo embebidas en agua durante 12 hrs —, 24 hrs — · — y 48 hrs · · · · ·.

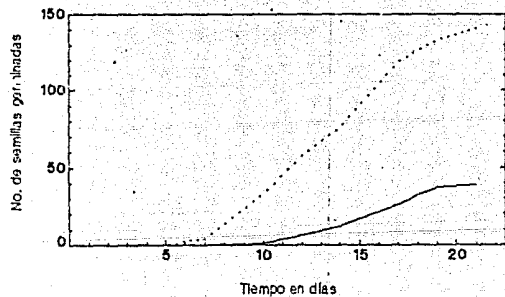


Fig. 9. Número total de semillas germinadas de Echinocactus platyacanthus con respecto al tiempo a temperatura constante de 17°C — y temperatura de 20 a 25°C · · · · ·.

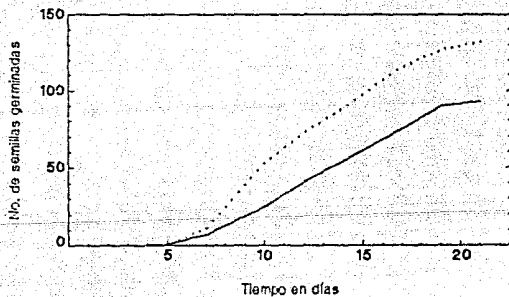


Fig. 10. Número total de semillas germinadas de Echinocactus platyacanthus con respecto al tiempo escarificadas — y en agua · · · · ·.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

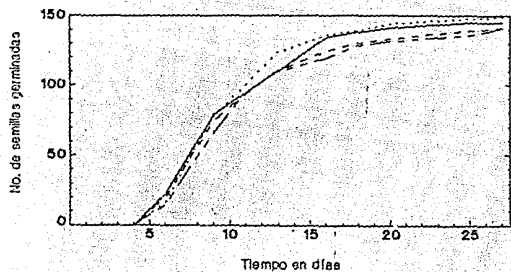


Fig. 11. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus latispinus* con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr. en solución de ácido clorhídrico de pH 1 —, pH 2 - - -, pH 3 - · - · y pH 6 ·····.

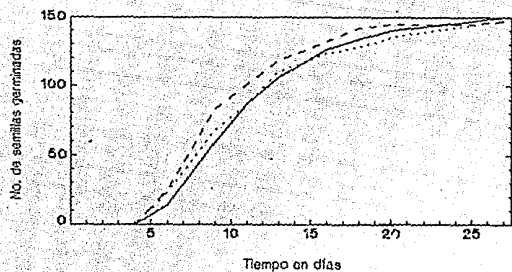


Fig. 12. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus latispinus* con respecto al tiempo embodidas en agua durante 12 hrs —, 24 hrs - - - y 48 hrs ·····.

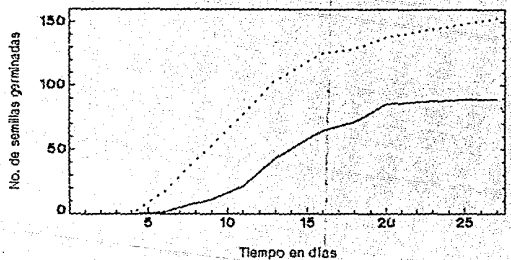


Fig. 13. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus latispinus* con respecto al tiempo a temperatura constante de 17°C — y temperatura de 20 a 25°C ·····.

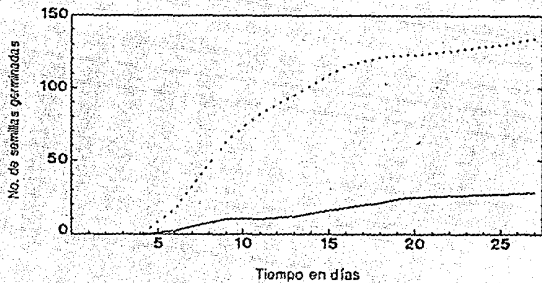


Fig. 14. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus latispinus* con respecto al tiempo escarificadas — y en agua ·····.

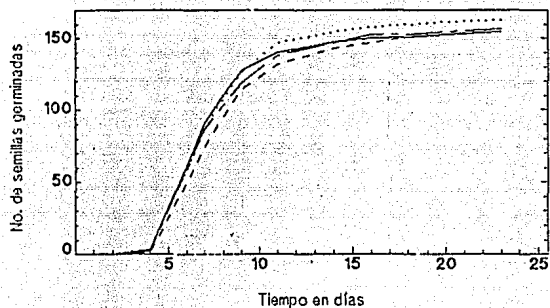


Fig. 15. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus flavovirens* con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr. en solución de ácido clorhídrico de pH 1 —, pH 2 - - -, pH 3 — — — y pH 6 ·····.

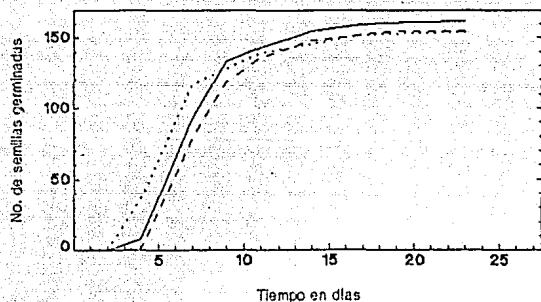


Fig. 16. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus flavovirens* con respecto al tiempo embebidas en agua durante 12 hrs —, 24 hrs - - - y 48 hrs ·····.

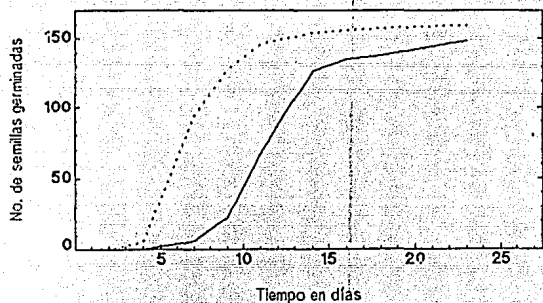


Fig. 17. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus flavovirens* con respecto al tiempo a temperatura constante de 17°C — y temperatura de 20 a 25°C ·····.

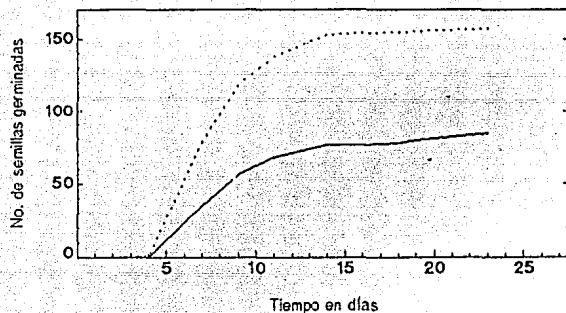


Fig. 18. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus flavovirens* con respecto al tiempo escarificadas — y en agua ·····.

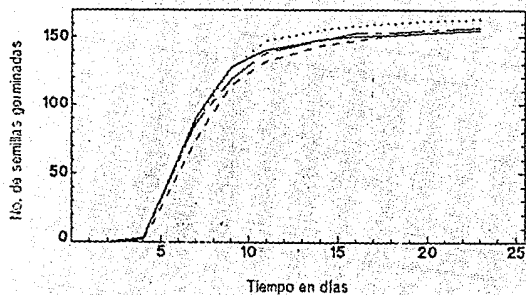


Fig. 15. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus flavovirens* con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr. en solución de ácido clorhídrico de pH 1 —, pH 2 - - -, pH 3 — · — y pH 6 ·····.

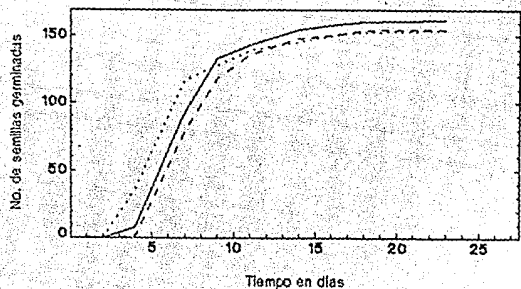


Fig. 16. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus flavovirens* con respecto al tiempo embebidas en agua durante 12 hrs —, 24 hrs - - - y 48 hrs ·····.

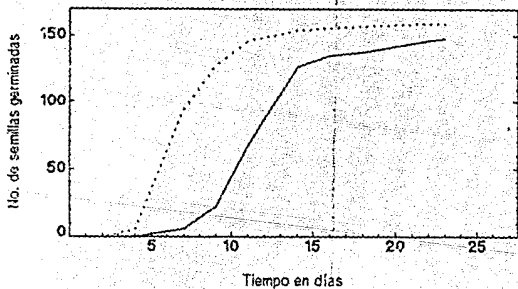


Fig. 17. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus flavovirens* con respecto al tiempo a temperatura constante de 17°C — y temperatura de 20 a 25°C ·····.

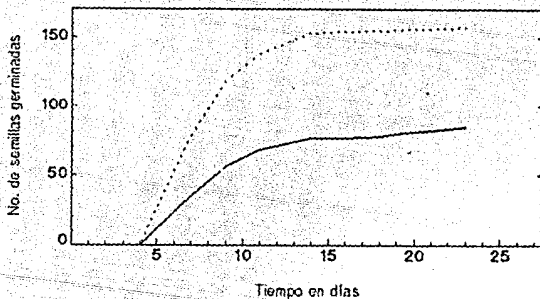


Fig. 18. Número total de semillas germinadas de *Ferocactus flavovirens* con respecto al tiempo escarificadas — y en agua ·····.

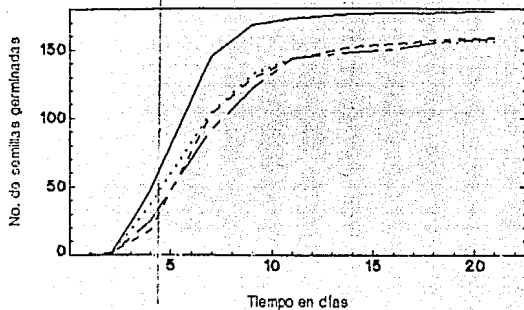


Fig. 19. Número total de semillas germinadas de *Pachycereus hollianus* con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr. en solución de ácido clorhídrico de pH 1 — , pH 2 - - - , pH 3 — · — y pH 6 ····· .

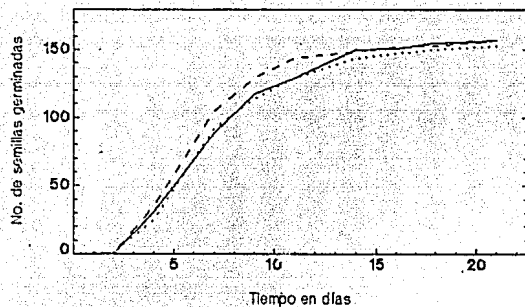


Fig. 20. Número total de semillas germinadas de *Pachycereus hollianus* con respecto al tiempo embebidas en agua durante 12 hrs — , 24 hrs - - - y 48 hrs ····· .

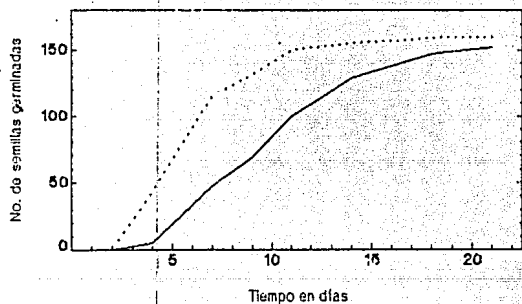


Fig. 21. Número total de semillas germinadas de *Pachycereus hollianus* con respecto al tiempo a temperatura constante de 17 °C — y temperatura de 20 a 25 °C ····· .

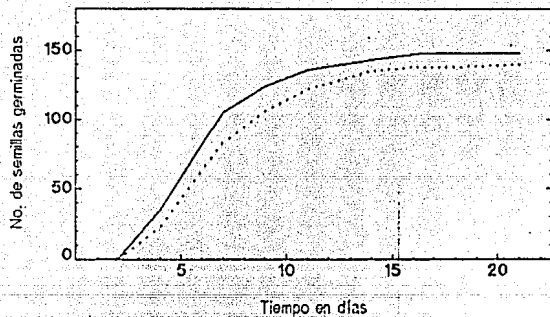


Fig. 22. Número total de semillas germinadas de *Pachycereus hollianus* con respecto al tiempo escarificadas — y en agua ····· .

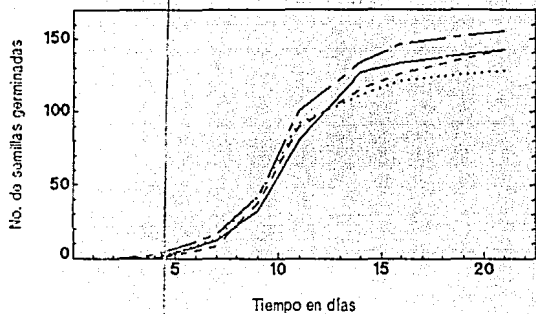


Fig. 23. Número total de semillas germinadas de *Myrtillocactus geometrizans* con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr. en solución de ácido clorhídrico de pH 1 —, pH 2 ---, pH 3 — — y pH 6

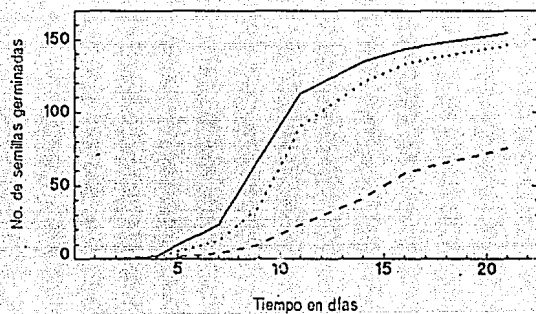


Fig. 24. Número total de semillas germinadas de *Myrtillocactus geometrizans* con respecto al tiempo embebidas en agua durante 12 hrs —, 24 hrs --- y 48 hrs

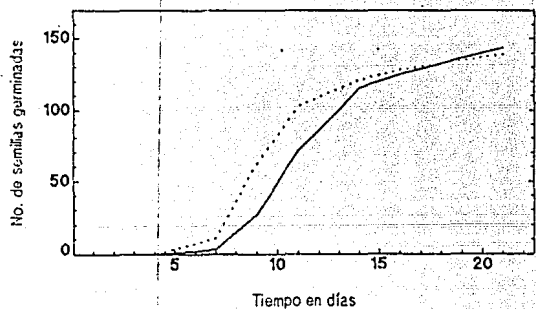


Fig. 25. Número total de semillas germinadas de *Myrtillocactus geometrizans* con respecto al tiempo a temperatura constante de 17 °C — y temperatura de 20 a 25 °C

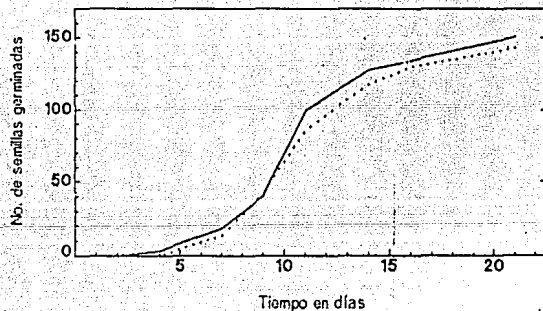


Fig. 26. Número total de semillas germinadas de *Myrtillocactus geometrizans* con respecto al tiempo escarificadas — y en agua

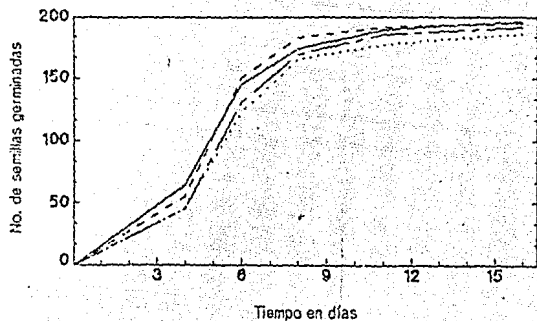


Fig. 27. Número total de semillas germinadas de *Coryphantha pallida* con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr. en solución de ácido clorhídrico de pH 1 —, pH 2 - - -, pH 3 — · — y pH 6 ·····.

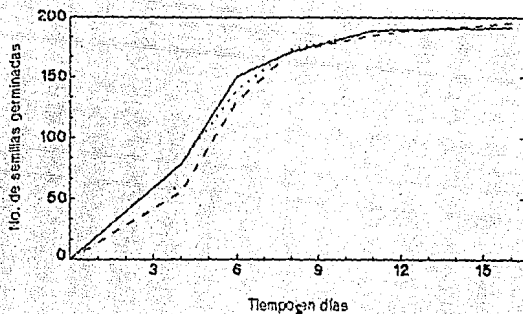


Fig. 28. Número total de semillas germinadas de *Coryphantha pallida* con respecto al tiempo embebidas en agua durante 12 hrs —, 24 hrs - - - y 48 hrs ·····.

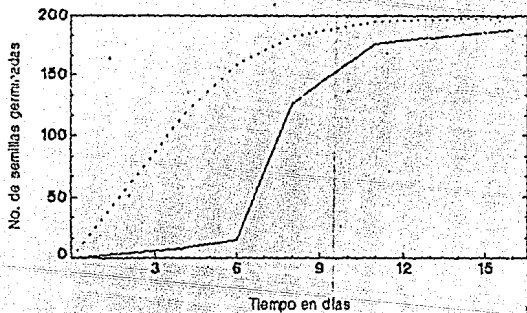


Fig. 29. Número total de semillas germinadas de *Coryphantha pallida* con respecto al tiempo a temperatura constante de 17°C — y temperatura de 20 a 25°C ·····.

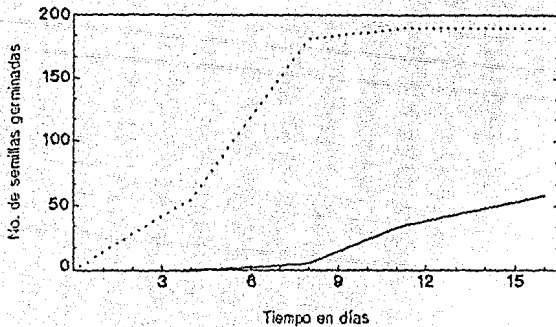


Fig. 30. Número total de semillas germinadas de *Coryphantha pallida* con respecto al tiempo escarificadas — y en agua ·····.

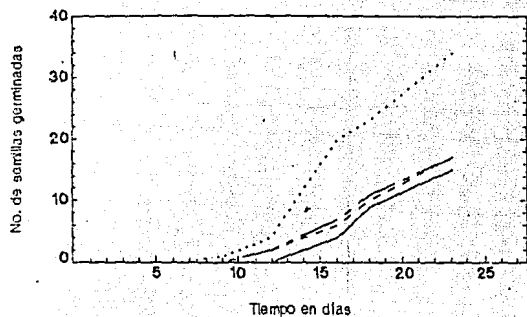


Fig. 31. Número total de semillas germinadas de Opuntia decumbens con respecto al tiempo inmersas durante 1 hr. en solución de ácido clorhídrico de pH 1 — , pH 2 - - - , pH 3 — · — y pH 6 ·····.

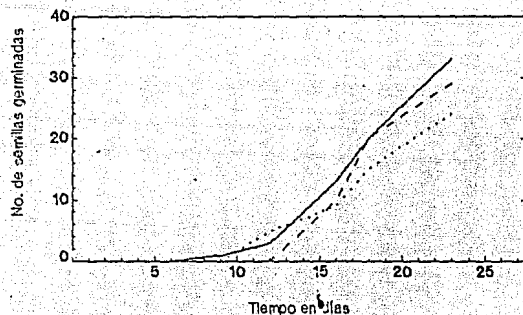


Fig. 32. Número total de semillas germinadas de Opuntia decumbens con respecto al tiempo embebidas en agua durante 12 hrs — , 24 hrs - - - y 48 hrs ·····.

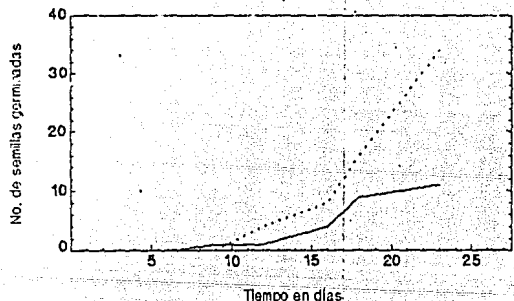


Fig. 33. Número total de semillas germinadas de Opuntia decumbens con respecto al tiempo a temperatura constante de 17 °C — y temperatura de 20 a 25 °C ·····.

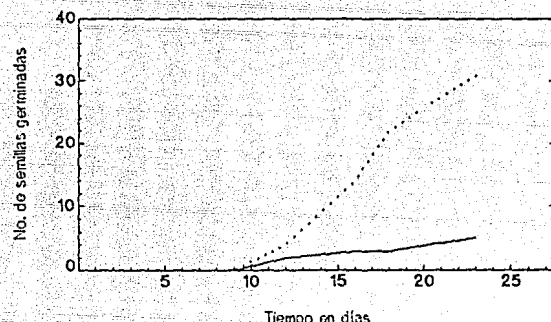


Fig. 34. Número total de semillas germinadas de Opuntia decumbens con respecto al tiempo escarificadas — y en agua ·····.

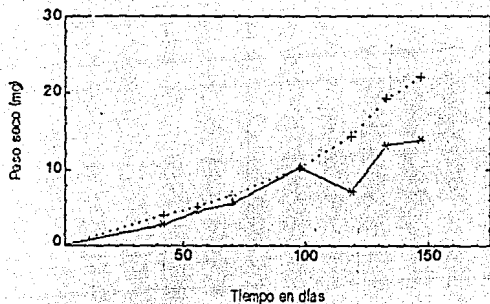


Fig. 35. Peso seco de plántulas de *Neobuxbaumia tetetzo* —x— y *Pachycereus hofferianus* +--+ con respecto al tiempo en condiciones de luz en casa de sombra y suelo de espacios abiertos.

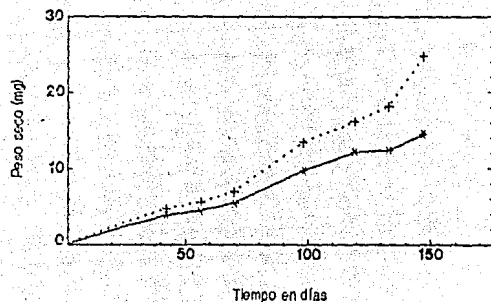


Fig. 36. Peso seco de plántulas de *Neobuxbaumia tetetzo* —x— y *Pachycereus hofferianus* +--+ con respecto al tiempo en condiciones de luz en casa de sombra y suelo debajo de *Mimosa usara*.

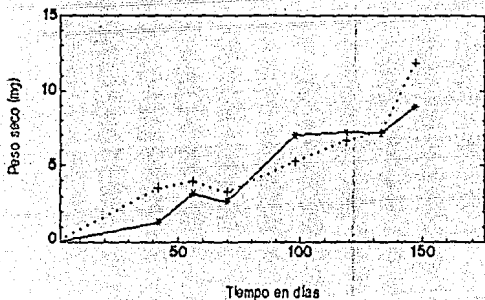


Fig. 37. Peso seco de plántulas de *Neobuxbaumia tetetzo* —x— y *Pachycereus hofferianus* +--+ con respecto al tiempo en condiciones de luz debajo de arbustos y suelo de espacios abiertos.

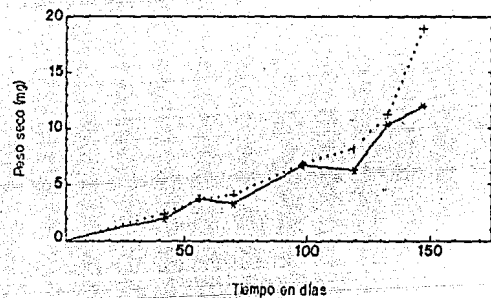


Fig. 38. Peso seco de plántulas de *Neobuxbaumia tetetzo* —x— y *Pachycereus hofferianus* +--+ con respecto al tiempo en condiciones de luz debajo de arbustos y suelo debajo de *Mimosa usara*.

APENDICE 1

Análisis de la devianza para los ajustes logit del número de semillas germinadas contra tiempo para ocho especies de cactáceas bajo diferentes tratamientos.

Neobuxbaumia tetetzo

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	p
Tratamiento	2666.0	10	0.1615	***
Tiempo	9151.0	1	0.5544	***
Trat. x Tiempo	1451.5	10	0.0879	***
Error	3238.4	99	0.1962	
Total	16506.9	120	1.0000	

Echinocactus platyacanthus

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	p
Tratamiento	806.9	10	0.0889	***
Tiempo	7415.0	1	0.8170	***
Trat. x Tiempo	29.4	10	0.0032	***
Error	824.3	99	0.0908	
Total	9075.6	120	0.9999	

Ferocactus latispinus

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	p
Tratamiento	2260.0	10	0.1874	***
Tiempo	7483.0	1	0.6206	***
Trat. x Tiempo	43.2	10	0.0036	***
Error	2271.3	110	0.1884	
Total	12057.5	131	1.0000	

Ferocactus flavovirens

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	p
Tratamiento	967.0	10	0.0816	***
Tiempo	7901.0	1	0.6666	***
Trat. x Tiempo	131.0	10	0.0111	***
Error	2853.2	88	0.2407	
Total	11852.2	109	1.0000	

Pachycereus hollianus

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	p
Tratamiento	261.0	10	0.0242	***
Tiempo	8065.0	1	0.7484	***
Trat. x Tiempo	90.9	10	0.0084	***
Error	2358.8	88	0.2190	
Total	10775.7	109	1.0000	

Myrtillocactus geometrizans

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	p
Tratamiento	573.7	10	0.0610	***
Tiempo	7581.1	1	0.8060	***
Trat. x Tiempo	28.7	10	0.0030	**
Error	1222.5	77	0.1300	
Total	9406.0	98	1.0000	

Coryphantha pallida

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	p
Tratamiento	3022.0	10	0.3083	***
Tiempo	6024.0	1	0.6146	***
Trat. x Tiempo	81.6	10	0.0083	***
Error	674.3	44	0.0688	
Total	9801.9	65	1.0000	

Opuntia decumbens

Fuente de variación	χ^2	g.l.	r^2	p
Tratamiento	119.6	10	0.0965	***
Tiempo	1002.2	1	0.8085	***
Trat. x Tiempo	4.1	10	0.0033	N.S.
Error	113.7	77	0.0917	
Total	1239.6	98	1.0000	