



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**PATRONES DEMOGRÁFICOS DE *PROSOPIS LAEVIGATA*
EN UN AMBIENTE FRAGMENTADO DEL VALLE DE
ZAPOTITLÁN SALINAS, PUEBLA.**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A

ROLDÁN MATÍAS MARTHA PATRICIA



Director: Dr. Héctor Octavio Godínez Álvarez

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, MÉXICO, 2004



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.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado por PAPIIT a través del proyecto IN213402 – 2.

A MI MAMÁ:

Tu mejor que nadie sabes todas las que pasamos juntas y hoy espero que puedas ver toda la confianza depositada en mi hecha realidad, ya que este es el primer gran escalón de la cima y me alegro que estés conmigo para subirlo juntas. Tú sabes que TE AMO y tienes que seguir conmigo mucho tiempo mas para mis futuros logros. En fin gracias por tus desvelos, me dejas la mejor herencia de todas, la oportunidad de haber estudiado una carrera. Te Quiero Mucho.

A MI PAPÁ:

Creo que a pesar de todo hemos estado en las buenas y en las malas, el hecho es que no tenemos que estar juntos para saber que contamos uno con el otro. Gracias por tu esfuerzo y apoyo, se que no soy la mejor estudiante pero espero no defraudarte. TE QUIERO MUCHO.

A MÍ:

Porque sin mi esfuerzo, mi trabajo y mis ganas no hubiera terminado la carrera.

A MIS HERMANOS:

SUSY, por todo el apoyo y la confianza que me tienes ya que me ayudaron a salir de varios problemas T. Q. M. JOSE LUIS, gracias por la paciencia, tu tiempo cuando cerraba y me iba de parranda, espero que ya nos llevemos mejor. ISABEL quiero que sepas que, cuentas con mi apoyo para todo lo que sea necesario. BRAYAN Y LUIS échenle ganas.

TIA ANGELA:

Gracias por estar siempre conmigo apoyándome en todo lo que necesite, espero que a partir de ahora sea usted quien busque mi apoyo, LA QUIERO MUCHO.

LUIS M. H. P:

Porque aunque ya no estemos juntos lo estuviste cuando quería claudicar, me apoyaste cuando estaba mas sola y aunque fallara una y otra vez me diste ese apoyo incondicional que hoy te agradezco infinitamente ya que no te equivocaste cuando confiabas en que podía lograrlo. Sabes que a pesar de todo siempre vamos a estar juntos aunque nadie este de acuerdo con esa decisión y no te olvides de buscarme que yo no olvido tu promesa T.Q.M.S.S.S.

A TODAS MIS AMIGAS, **MONZE, CRISTINA, ELISA, LIZET, CARMEN, MINERVA, ESTER Y YANALTE:**

Que me han apoyado a lo largo de todas las etapas de mi vida escolar, siempre me acuerdo de ustedes y no las olvido, estoy muy contenta de a verlas conocido y compartir muchas cosas muy padres. Gracias a todas y saben que cuentan conmigo siempre, para lo que sea. No les pude dedicar un párrafo a cada una (es muy difícil), todas saben lo que se quisiera decir pero un párrafo no es suficiente, les dedico toda mi tesis con mucho cariño ya que le eche muchas ganas siguiendo sus consejos.

A LOS CHAVOS DEL CINE, ANGELES, CORAZÓN, CLAUDIA, VANESSA, FABIOLA, ARACELI, YESSICA, ARTURO, EDGAR, RICARDO Y EFREN:

Ojala siempre tengamos un tiempo para vernos y compartir las experiencias que nos da la vida.

JEFE:

Dr. Héctor O. Godínez, no me olvide de ti, que te puedo decir si no que me vas a extrañar y espero contar con tus conocimientos para futuras dudas. No me queda mas que darle las gracias, poco gente apoya tanto a los

principiantes como tú, espero sigas así. Te
diagnostico muchos éxitos futuros por tu calvario.



ATLETL:

GRACIAS por estar conmigo,
sigue teniéndome paciencia y recuerda que
confió en ti, no me defraudes. TE AMO.
Inspírate en mi para lograr todo lo que te
propongas ya que tu sabes cuanto me costo
dar el primer paso y si yo pude tu también.
Creo que no necesito decir mil palabras, lo
único y más importante es que si un dios
llego a ti cuando estabas tan sólo es que
algo bueno hiciste para que ocurriera ahora
aprovéchalo y muéstraselo al mundo.

U N A M:

Por darme un lugar en la
Universidad desde que entre al CCH, ya que
para mi era muy importante. Espero obtener
muchos éxitos regresándote con mucho
orgullo todo lo que me has dado. PUMAS
HASTA EL FINAL.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES	7
3. OBJETIVOS	9
4. ÁREA DE ESTUDIO	10
4.1 Descripción de la Especie	10
4.2 Ubicación del Área de Estudio	11
4.3 Descripción de las Terrazas	12
5. MÉTODOS	15
5.1 Densidad y Estructura de Tamaños	15
5.2 Producción de Frutos y Depredación de las Semillas	16
5.3 Germinación de las Semillas en Laboratorio	17
5.4 Germinación de las Semillas en Campo	19
5.5 Supervivencia de las Plántulas en Campo	19
6. RESULTADOS	21
6.1 Densidad y Estructura de Tamaños	21
6.2 Producción de Frutos y Depredación de las Semillas	22
6.3 Germinación de las Semillas en Laboratorio	24
6.4 Germinación de las Semillas en Campo	25
6.5 Supervivencia de las Plántulas en Campo	26
7. DISCUSIÓN	27
8. CONCLUSIONES	32
9. LITERATURA CITADA	33

RESUMEN

El Valle de Zapotitlán Salinas, es una zona semi-árida ubicada en el estado de Puebla. Actualmente, en este valle es posible encontrar terrazas aluviales con diferente grado de deterioro, las cuales han sido denominadas como terrazas conservadas y deterioradas. En estas terrazas, el principal tipo de vegetación encontrado es un Mezquital en donde la especie dominante es la leguminosa *Prosopis laevigata*. En este trabajo se evaluó el patrón demográfico de esta especie, creciendo en una terraza conservada y una deteriorada, para conocer el posible efecto del deterioro sobre sus poblaciones. Para esto, se analizaron distintas características como la densidad, la estructura de tamaños, la producción de frutos y semillas, la depredación y la germinación de las semillas en campo y en laboratorio así como la sobrevivencia de las plántulas en campo. Los resultados mostraron que existen similitudes y diferencias entre las plantas de la terraza conservada y deteriorada. Los individuos de la terraza conservada presentaron una menor densidad y producción de frutos y semillas que los individuos de la terraza deteriorada. Por el contrario, la depredación y la germinación de las semillas colectadas en la terraza conservada fue mayor que en aquellas colectadas en la deteriorada. La germinación y la sobrevivencia en campo fue similar en ambas terrazas. No obstante estas diferencias, la estructura de tamaños mostró que la composición de las poblaciones es similar en las dos terrazas. Debido a lo anterior, es posible suponer que *Prosopis laevigata* tiene un comportamiento demográfico similar en ambas terrazas. Sin embargo, es necesario continuar realizando este tipo de estudios en otras terrazas para conocer de manera general el efecto del deterioro sobre sus poblaciones.

1. INTRODUCCIÓN

El género *Prosopis*, comúnmente conocido como mezquite, es uno de los grupos de árboles y arbustos más importantes de las regiones secas y semisecas de México, debido a que presenta una amplia distribución y una gran importancia ecológica y económica (Rzedowski, 1988).

Con respecto a su importancia ecológica, los mezquites son considerados mejoradores del suelo ya que establecen asociaciones con bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*), las cuales incrementan la fertilidad. Además, poseen raíces profundas que evitan la pérdida de suelo y, por lo tanto, disminuyen la erosión (Golubov et al., 2001). Los mezquites también son importantes porque pueden establecer interacciones con otros organismos que habitan en la comunidad. Por ejemplo, sus flores y frutos proveen alimento a algunos animales como insectos, particularmente abejas, y mamíferos como borregos, burros, cabras y caballos (Maldonado-Aguirre y de la Garza, 2000). Adicionalmente, su copa puede proporcionar sitios de refugio y reproducción para otros animales como las aves. Las plantas de *Prosopis* sp. modifican el microambiente ya que disminuyen la pérdida de agua e incrementan la materia orgánica del suelo, favoreciendo la germinación de las semillas, la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas (Olalde-Portugal et al., 2000).

En relación con el aspecto económico, los mezquites tienen una gran importancia ya que desde la época prehispánica sus hojas, raíces, yemas y corteza han sido utilizados para diversos fines (Gómez, 1970). Actualmente, algunas de estas estructuras como la corteza se utilizan con fines medicinales (Ramírez, 1996). Además, los frutos son consumidos por el ser humano en distintas formas que incluyen fruta fresca, hervidas en su miel y en harina para preparar pinole, galletas, pan, pastel y atole. Asimismo, pueden ser empleados como forraje para el ganado doméstico en época de secas (Maldonado-Aguirre y de la Garza, 2000). La madera es ampliamente usada como leña o carbón debido

a que su combustión es lenta, estable y genera una gran cantidad de calor, proporcionando un mejor recurso en comparación con la madera de otras especies de árboles. Una característica adicional de la leña es que al cocinar los alimentos les confiere un sabor particular. La madera también es usada para fabricar muebles, artesanías, construcciones rústicas y postes (Paredes, 2001).

La amplia distribución del género *Prosopis*, particularmente en ambientes áridos y semiáridos, se debe a sus características morfológicas, anatómicas y fisiológicas que le permiten enfrentar la escasez de agua en este tipo de ambientes. Algunas de estas características son la reducción de la superficie foliar y la presencia de pubescencia. Además, sus estomas están hundidos y son numerosos en la superficie adaxial de la hoja por lo que quedan protegidos en caso de estrés hídrico (Palacios et al., 2000). El sistema radicular es de rápido crecimiento y puede alcanzar grandes profundidades, llegando hasta los mantos freáticos. Las semillas tienen una alta viabilidad y son capaces de germinar en distintas condiciones de suelo. Asimismo, tienen un alto potencial de dispersión debido a que son consumidas por diversas especies de ganado doméstico (Golubov et al., 2001).

Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst., es una especie endémica de México (Frías-Hernández et al., 2000) y corresponde al mezquite típico del centro y sur del país (Rzedowski, 1988). En el Valle de Zapotitlán Salinas, una zona semiárida ubicada en el estado de Puebla, *P. laevigata* es la especie dominante en topoformas conocidas como terrazas aluviales, en donde presenta una alta frecuencia y densidad (Oliveros, 2000). Actualmente, estas terrazas se encuentran fragmentadas presentando distintos tipos de suelo que varían en su uso, composición y salinización. Debido a lo anterior, las terrazas varían en su grado de conservación y han sido clasificadas, en términos generales, en 4 tipos: conservadas, semiconservadas, deterioradas y muy deterioradas (Oliveros, 2000; UBIPRO, 2002). Estudios recientes llevados a cabo en estos tipos de terrazas, mencionan que *P. laevigata* presenta un

establecimiento limitado de nuevos individuos en sus poblaciones ya que no existen individuos menores de 50 cm de altura (Oliveros, 2000). Considerando lo anterior, en este trabajo se evaluaron algunos aspectos demográficos de *P. laevigata* tales como la estructura de tamaños, la producción de frutos y semillas, la germinación y depredación de las semillas así como la sobrevivencia de las plántulas, en una terraza conservada y una deteriorada, para determinar el estado actual de las poblaciones. Estas terrazas fueron seleccionadas debido a que la mayoría de los trabajos realizados hasta el momento para entender el deterioro en esta región han sido hechos principalmente en estos sitios (UBIPRO, 2002). Así, la información que se obtenga permitirá determinar si el proceso de deterioro de estas terrazas afecta negativamente el mantenimiento de las poblaciones de *Prosopis laevigata* y, al mismo tiempo, contribuir al entendimiento de dicho proceso junto con la información reportada para otros grupos de organismos como aves, reptiles y microorganismos, entre otros.

Los aspectos demográficos evaluados fueron seleccionados tratando de obtener información sobre la composición de las poblaciones y la reproducción de los individuos. La estructura de tamaños nos proporciona información sobre el tamaño y número de individuos presentes la población así como sobre el reclutamiento. De la misma manera, el número de frutos por planta, el número de semillas por fruto y la proporción de semillas depredadas permiten estimar el potencial reproductivo de la especie. Otros aspectos evaluados como la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas permiten conocer, en términos generales, el número de individuos que potencialmente podrían ser incorporados a la población. Con base en toda esta información es posible tener una idea general de los patrones demográficos de *Prosopis laevigata* creciendo en cada una de las terrazas aluviales.

En este sentido, es posible suponer que la población de mezquite creciendo en la terraza conservada presentará una mayor densidad de individuos, los cuales producirán un mayor número de frutos y semillas que la población ubicada en la terraza deteriorada. Asimismo, es posible esperar que las semillas producidas por los mezquites de la terraza conservada tendrán una menor proporción de semillas dañadas y una mayor germinación que las semillas producidas por los mezquites de la terraza deteriorada. Finalmente, también se esperaría que la sobrevivencia de las plántulas del mezquite fuera mayor en la terraza conservada que en la deteriorada por lo que habría diferencias en la estructura de tamaños de ambos sitios.

2. ANTECEDENTES

Distintos aspectos ecológicos como la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas han sido evaluados en el género *Prosopis*. Así por ejemplo, Manga y Sen (1995) compararon la germinación de las semillas de *P. cineraria* creciendo en condiciones de laboratorio e invernadero, mientras que Cony y Trione (1998) evaluaron la germinación de las semillas de *P. flexuosa* y *P. chilensis*, en diferentes condiciones de salinidad. Villagra et al. (2002) aplicaron diferentes tratamientos a las semillas de *P. flexuosa*, con el fin de evaluar el efecto sobre la germinación. Con respecto a la sobrevivencia, Al-Humaid y Warrag (1998) evaluaron la mortalidad de las plántulas de *Prosopis juliflora* creciendo en un sustrato elaborado con hojas de la misma especie, para determinar los posibles efectos alelopáticos. Brown y Archer (1999) analizaron el efecto de la herbáceas y la densidad sobre el reclutamiento de las plántulas de *P. glandulosa*. Por otra parte, Vilela y Ravetta (2000) analizaron el efecto de la radiación sobre la fisiología de las plántulas de *P. alba*, *P. chilensis*, *P. flexuosa* y *P. glandulosa*. Otros trabajos han estudiado simultáneamente la germinación y establecimiento de las plántulas de distintas especies. Así, Villalobos y Peláez (2001) midieron la influencia de la temperatura en la germinación y el establecimiento de *P. caldenia*. Pralongo et al. (2003) compararon la germinación y establecimiento de plántulas de *P. nigra* después de aplicar distintos tratamientos de imbibición a las semillas. Finalmente, Golubov et al. (2001) revisaron la información existente sobre diversos aspectos ecológicos para determinar la importancia del género como planta invasora.

En el caso particular de *Prosopis laevigata* se han hecho diversos trabajos como Gómez (1970) quién determinó la importancia económica de esta especie. Asimismo, Signoret (1970) describió el aprovechamiento de esta especie en el Valle del Mezquital, en el estado de Hidalgo. Villagómez (1978) determinó los métodos más efectivos para obtener porcentajes óptimos de germinación. Po otra parte, Dávila (1983) señaló su distribución en México y Johnson (1983) determinó las especies de insectos que atacan sus semillas. Cantú (1990) analizó la

floración y fructificación para evaluar la producción de frutos y semillas. Huerta (1995) evaluó el efecto del mezquite como planta nodriza sobre otras especies de plantas presentes en la comunidad, mientras que Flores-Flores et al. (2000) determinaron las características de las comunidades dominadas por mezquite. Olalde-Portugal et al. (2000) determinaron las características del suelo donde domina el mezquite y Torres et al. (2000) midieron porcentajes de germinación de semillas escarificadas hídricamente a diferentes temperaturas. Otro trabajo fue el reportado por Casas et al. (2001) quienes determinaron la importancia económica de la especie en el valle de Tehuacan-Cuicatlán. Finalmente, Flores y Briones (2001) evaluaron el efecto del potencial hídrico y la temperatura sobre las plántulas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- ◆ Determinar los patrones demográficos de *Prosopis laevigata* en una terraza conservada y una terraza deteriorada en Zapotitlán Salinas, Puebla.

3.2 Objetivos Particulares

- ◆ Determinar la estructura de tamaños.
- ◆ Estimar el número promedio de frutos producido por individuo y el número de semillas producidas por fruto.
- ◆ Evaluar el porcentaje de depredación de las semillas por brúquidos.
- ◆ Determinar el porcentaje de germinación de las semillas en condiciones de laboratorio.
- ◆ Determinar el porcentaje de germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas en condiciones naturales.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Descripción de la Especie

Prosopis laevigata (Fig. 1) puede crecer en forma arbustiva o arbórea, alcanzando alturas de 2 a 3 m, ó de 6 a 7 m, respectivamente. Pertenece a la familia Leguminosae y a la subfamilia Mimosoideae (Jiménez, 1999). Se distribuye en tres regiones del país: el Altiplano, la Depresión del Balsas y la Planicie Costera Nororiental (Rzedowski, 1988). Se encuentra en las isoyetas de 300 a 900 mm y en altitudes de hasta 2300 msnm, principalmente entre los 1800 y 1900 (Maldonado-Aguirre y de la Garza, 2000). La densidad del mezquite puede variar desde menos de 10 árboles por hectárea en un matorral crasicaule o pastizal, hasta densidades mayores de 250 árboles por hectárea, en un mezquital extra desértico (Villanueva, 1993). Puede crecer en suelos que no presentan exceso de sales, en donde el mezquite alcanza coberturas de 60 a 90% de la superficie (Rzedowski, 1978).

El mezquite inicia la producción de follaje en el mes de febrero. Las hojas tienen 1 a 2 pares de pinas, de 6 a 10 mm de largo. La floración comienza en el mes de marzo y se ha sugerido que es afectada por el fotoperíodo y la precipitación (Abrego, 1991). Las flores son de color amarillo y están dispuestas en espigas, sésiles, de 5 a 8 cm de largo. Son hermafroditas, actinomorfas y producen néctar (Siqueiros, 1996). Las abejas son los principales organismos encargados de llevar a cabo la polinización cruzada, aunque también presentan autogamia (Dávila, 1983). Esta especie presenta solamente un período de reproducción por año y el tiempo de desarrollo de las flores hasta la abscisión de los frutos maduros es de aproximadamente 110 días. La fructificación comienza en mayo y continúa hasta agosto. Los frutos son vainas indehiscentes, ligeramente curvadas, de 3 a 20 cm de largo y de 0.7 a 1.3 cm de ancho. Su color es pardo amarillento, aunque en ocasiones presentan estrías rojizas longitudinales. El

mesocarpo es pulposo, de sabor dulce y con un alto contenido de azúcar y almidón, mientras que el endocarpo es coriáceo. Las características del mesocarpo favorecen el consumo de los frutos y la dispersión endozoócora de las semillas por mamíferos (Martínez, 1994). Las semillas son de forma ovoide a elíptica, de 5 a 6 mm de largo y de 5 a 7 mm de grosor. La testa es de color castaño claro, lisa, dura y resistente. Las semillas y las plántulas son las partes más vulnerables del ciclo de vida debido a que el suministro de agua es limitado (Jiménez, 1999).



Figura 1. Individuo adulto de *Prosopis laevigata*.

4.2 Ubicación del Área de Estudio

El Valle de Zapotitlán Salinas, se ubica en la porción occidental de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán con una superficie de 397 km² (Ramírez, 1996). El clima del valle es de tipo BShw”(w)(e)g, de acuerdo a la

clasificación climática de Köppen (García,1964) y se caracteriza por ser seco con dos máximos de lluvia en verano (junio y septiembre) separados por dos estaciones secas. La temperatura media anual es de 21°C y la precipitación media anual de 400 a 450 mm. (Valiente, 1991).

Los suelos son someros, pedregosos, halomórficos y con diferentes estados de alcalinidad. Los principales tipos encontrados son: litosoles, cambisoles cálcicos, vertizoles y xerosoles cálcicos (Osorio et al., 1996). La vegetación está constituida por matorral espinoso, tetechera de *Neobuxbaumia tetetzo*, selva baja espinosa perennifolia dominada por *Prosopis laevigata* (mezquital), tetechera-cardonal dominada por *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna-trajani*, cardonal de *Stenocereus stellatus*, cardonal de *Cephalocereus columna-trajani* y selva baja caducifolia dominada por *Euphorbia antisiphylitica* (Miranda y Hernandez X, 1963).

4.3 Descripción de las Terrazas

Las terrazas aluviales son producto de la depositación de materiales sedimentarios transportados por las corrientes fluviales torrenciales que disectan el territorio. Éstas se ubican a lo largo del río “El Salado”, entre los 18°16’59’’ y 18°20’11’’ de latitud norte y entre los 97°26’51’’ y 97°30’13’’ de longitud oeste (Oliveros, 2000).

La terraza conservada está ubicada en las granjas avícolas a las faldas del cerro “El Mirador” (Fig. 2), se considera así porque no existen evidencias claras de deterioro, los sistemas presentan sus elementos y procesos en situación normal. La vegetación muestra una marcada estratificación vertical, se caracteriza por una cobertura arbórea densa y cerrada que se desarrolla principalmente sobre suelos aluviales. Los suelos presentan una morfología completa, con horizontes superficiales en buenas condiciones, son calcáricos, bien drenados, poco

profundos y de textura arenosa, con poca alteración ya que los materiales geológicos conservan sus estructuras primarias. Las especies vegetales que dominan la zona son: *Prosopis laevigata*, *Opuntia pilifera*, *Opuntia pubescens* y *Cercidium praecox*, entre otras (Oliveros, 2000).

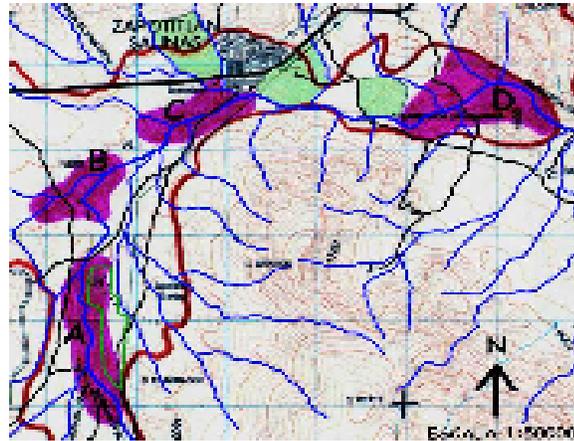


Figura 2. Mapa de las terrazas aluviales del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. Las letras A y D corresponden a la terraza conservada y deteriorada, en donde se llevó a cabo el trabajo.

La terraza deteriorada está ubicada en el interior del Jardín Botánico “Helia Bravo” (Fig. 2), se considera así ya que en esta área se observan los mayores niveles de deterioro asociados al cambio en el uso del suelo. En esta zona existe una alta erosión hídrica y eólica, una alta salinidad así como un alto grado de fragmentación asociado a procesos de compactación y colapsamiento. El suelo original no existe y es evidente la formación de pináculos creados por la erosión. Como consecuencia de lo anterior en esta zona es posible apreciar “islas” formadas por la separación del suelo (UBIPRO, 2002). La vegetación es pobre en las “islas” pequeñas, pero en sitios más extensos y sin actividad ganadera es exuberante. Entre las especies dominantes se encuentran: *Prosopis laevigata*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Opuntia pilifera* (Oliveros, 2000). En esta zona, el

sitio en donde se llevó a cabo el trabajo correspondió únicamente a una de las “islas” que conforman la terraza.

En la tabla 1, se presenta una comparación de algunos parámetros físicos y químicos del suelo en la terraza conservada y deteriorada.

Tabla 1. Comparación de algunos parámetros físicos y químicos del suelos encontrado en la terraza conservada y deteriorada del Valle de Zapotitlán Salinas. (Datos tomados de UBIPRO 2002).

PARÁMETROS	CONSERVADA	DETERIORADA
Grosor (cm)	17	15
Arcillas (%)	8	16
Densidad aparente Kg/m ³	1.07	1.15
% de saturación de humedad	55.03	55.37
% de pérdida de suelo	10.07	11.5
pH	7.53	8.24
% de materia orgánica	0.98	1.4
Perdida de materia orgánica (ton/ha)	0.104	0.161
% de nitrógeno total	0.03	0.1
Fósforo total (ppm)	33.58	36.21
Potasio intercambiable (ppm)	4.6	6.1
% de salinidad	0.4	20.2
Sodio intercambiable (ppm)	9.22	5.5
Cadmio (ug/g)	0.008	0.013
Cobalto (ug/g)	0.0008	0.023
Cobre (ug/g)	0.109	0.291
Manganeso (ug/g)	16.6	6.6

5. MÉTODOS

5.1 Densidad y Estructura de Tamaños

Para determinar la densidad y la estructura de tamaños se realizaron transectos rectangulares que variaron en sus dimensiones debido a las diferencias existentes en el tamaño de las terrazas muestreadas. En la terraza deteriorada se realizaron 3 transectos, uno de 10 x 30 m y otros dos de 10 x 40m y 10 x 50m, respectivamente. En el caso de la terraza conservada, se hicieron 5 transectos de 10 x 50 m y uno de 10 x 60 m. En cada uno de los transectos, se marcaron y contaron todos los individuos de mezquite encontrados.

Para calcular la densidad se dividió el número de organismos encontrados, por el área de cada transecto. Con estos datos se calculó un promedio para cada una de las terrazas. La densidad se transformó mediante la raíz cuadrada y se comparó con la prueba de *t* de Student.

La estructura de tamaños se determinó midiendo la altura máxima de cada uno de los individuos con una pértiga de fibra de vidrio de 15 m, la cual se colocó lo más cerca posible del tronco principal. Además, se tomaron dos diámetros perpendiculares de la copa para estimar la cobertura. Con estos datos, se calculó el tamaño de cada uno de los individuos como el volumen de un cono, empleando la siguiente fórmula:

$$V = \frac{3.1416 * r^2 * h}{3}$$

En donde: V es el volumen, r es el radio de la copa y h la altura máxima. Para calcular el radio de la copa al cuadrado (r^2), cada uno de los diámetros perpendiculares se dividió entre dos y posteriormente se multiplicaron.

Una vez estimado el tamaño de cada uno de los individuos, éstos fueron clasificados en las siguientes categorías:

- | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1) 0 – 0.1 m ³ , | 6) 10.0 – 20.0 m ³ | 11) 60.0 – 70.0 m ³ |
| 2) 0.1 – 0.5 m ³ | 7) 20.0 – 30.0 m ³ | 12) 70.0 – 80.0 m ³ |
| 3) 0.5 – 1.0 m ³ | 8) 30.0 – 40.0 m ³ | 13) 80.0 – 90.0 m ³ |
| 4) 1.0 – 5.0 m ³ | 9) 40.0 – 50.0 m ³ | 14) 90.0– 100.0 m ³ |
| 5) 5.0 – 10.0 m ³ | 10) 50.0 – 60.0 m ³ | 15) >100.0 m ³ |

Estas categorías se determinaron con base en otros trabajos realizados con *Prosopis* sp. (Golubov et al., 1999) y tratando que todas las categorías estuvieran representadas. Para determinar si existían diferencias significativas entre las dos terrazas se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Siegel y Castellan, 2001).

5.2 Producción de Frutos y Depredación de Semillas

Con el fin de estimar el número promedio de frutos producidos por planta, se consideraron todos los individuos reproductivos encontrados en los transectos. Para cada individuo, se determinó el número de ramas principales. Una rama principal se consideró aquella que se originaba cerca de la base y que presentaba un diámetro relativamente mayor en comparación con el resto de las ramas. Posteriormente, se seleccionó aleatoriamente una de las ramas principales para contar el número de frutos. Para estimar el número total de frutos producidos por individuo, se multiplicó el número de frutos de la rama seleccionada, por el número de ramas principales del individuo. El número promedio de frutos por individuo se comparó mediante la prueba t de Student para conocer si existían diferencias

entre las terrazas. Dado que el número de frutos no se distribuye de manera normal, los datos se transformaron mediante la raíz cuadrada.

Con respecto a la depredación de las semillas, se colectaron frutos maduros en ambas terrazas los cuales fueron llevados al laboratorio. En el laboratorio, se tomaron de 30 a 50 frutos de cada terraza para contar la proporción de semillas sanas y dañadas. Una semilla se consideró dañada cuando la testa presentaba puntos negros, orificios de emergencia de brúquidos, estuviera rota o fuera de color verde. Este procedimiento se repitió en cuatro ocasiones a distintos tiempos para determinar si la depredación de las semillas era constante. El primer conteo se realizó un día después de la colecta de los frutos, el segundo a los 16 días, el tercero a los 39 días y el cuarto a los 250 días. Para analizar los datos, se utilizó un análisis de la varianza anidado de la proporción de semillas dañadas, en el que el efecto del tiempo se evaluó dentro de la terraza. Los datos fueron previamente transformados con el arcoseno.

Además, con base en el número de semillas sanas y dañadas se calculó el número total de semillas por fruto. Para esto se tomaron en cuenta todos los frutos de los cuatro conteos mencionados anteriormente ($n = 280$). Para determinar si existían diferencias en el número promedio de semillas por fruto entre ambas terrazas, se utilizó una prueba de t de Student, transformando previamente los datos mediante la raíz cuadrada.

5.3 Germinación de las Semillas en Laboratorio.

Para evaluar la germinación de las semillas, se colectaron frutos y muestras de suelo en la terraza conservada y deteriorada los cuales fueron llevados al laboratorio. Una vez allí, se obtuvieron 500 semillas sanas de los frutos

colectados en campo para cada una de las terrazas. Las semillas se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio al 10%, durante 20 minutos para desinfectarlas. El suelo de cada terraza se colocó en charolas de plástico previamente perforadas en la base, se humedeció agregando 300 ml de agua corriente y se colocaron 50 semillas. Las semillas no recibieron ningún tratamiento pregerminativo debido a que la idea de este experimento era determinar el potencial germinativo de las semillas de cada población. Para cada terraza se realizaron 10 repeticiones las cuales se colocaron en condiciones ambientales de luz y temperatura. Diariamente, las charolas se regaron para mantener condiciones constantes de humedad y se contó el número de semillas germinadas. Una semilla se consideró germinada cuando se observaron los cotiledones. El experimento se mantuvo hasta que el número de semillas germinadas permaneció constante.

La proporción de semillas germinadas al final del experimento se analizó mediante una prueba de *t* de Student para determinar si existían diferencias significativas entre las terrazas. Los datos se transformaron mediante el arcoseno para cumplir con los supuestos de la prueba estadística.

Además de la proporción de semillas germinadas, se evaluó la velocidad de germinación utilizando la siguiente fórmula:

$$IG = \frac{\sum (n_i * t_i)}{N}$$

En donde: IG es el índice de germinación, n_i el número de semillas germinadas el día *i*, t_i es el número de días transcurridos después de la siembra y N el total de semillas sembradas (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996). Para comparar los índices de germinación de ambas terrazas, se utilizó la prueba estadística de Mann – Whitney (Siegel y Castellan, 2001).

5.4 Germinación de las Semillas en Campo.

Para evaluar la germinación en campo, se realizó un experimento factorial de 2 x 2 en ambas terrazas. Los dos factores considerados fueron la depredación y el sitio, cada uno con dos niveles respectivamente. En el caso de la depredación, los niveles consistieron en semillas protegidas contra depredadores y semillas sin protección. Con respecto al sitio, los niveles considerados fueron semillas colocadas debajo de la copa de mezquite y semillas en espacios desprovistos de vegetación. Para cada tratamiento, la unidad experimental consistió de un área de 30 x 30 cm en la que se colocaron 30 semillas sanas de *P. laevigata*, y se realizaron 5 réplicas. En el caso de las semillas protegidas contra los depredadores, se colocaron jaulas de malla de gallinero de 30 x 30 cm, fijadas al suelo con clavos, cubiertas con cinta adhesiva reforzada y con una resina natural (Tangle-Foot, Pest Barrier) alrededor de la base para evitar el paso de las hormigas.

Los tratamientos fueron revisados aproximadamente cada 10 a 45 días para contar el número de semillas germinadas. Una semilla se consideró germinada cuando presentaba los cotiledones.

Para comparar los datos de ambas terrazas se utilizó un análisis de varianza anidado, en el que el efecto de la depredación y el sitio fueron incluidos en la terraza. Los datos fueron previamente transformados mediante el arcoseno para cumplir los supuestos de la prueba estadística.

5.5 Supervivencia de las Plántulas en Campo.

Para medir la supervivencia de las plántulas en campo, se realizó un experimento en el que se consideró el efecto de la terraza (conservada y deteriorada) y el sitio (debajo de *P. laevigata* y en espacios desprovistos de

vegetación). Para esto, se utilizaron todas las plántulas que resultaron del experimento de germinación en laboratorio mencionado en el apartado 5.3. Antes de transportar las plántulas al campo, éstas fueron aclimatadas mediante la disminución gradual del riego (300 ml a 50 ml) a lo largo de 7 días. Para la terraza conservada, se tenían 169 plántulas repartidas en 10 charolas de las cuales 93 (5 charolas) se colocaron debajo de *P. laevigata* y las restantes en espacios abiertos (76 plántulas repartidas en 5 charolas). En la terraza deteriorada, se tenían un total de 156 plántulas de las cuales 83 se colocaron debajo de *P. laevigata* y 73 en espacios abiertos. De igual forma para cada uno de estos tratamientos también se colocaron 5 charolas.

Las charolas fueron transportadas a la terraza correspondiente en donde se colocaron al ras del suelo. Previamente a cada charola se le retiró la base para que la raíz se desarrollara libremente. Después de su colocación, el suelo se hidrató a capacidad de campo con agua corriente.

Las charolas se revisaron cada 1 a 35 días para contar el número de plántulas sobrevivientes. Las revisiones se llevaron a cabo hasta que el número de plántulas se mantuviera constante o fuera cero. Los datos fueron comparados mediante la prueba de Logrank de Peto y Peto (Pyke y Thompson, 1986) para conocer si había diferencias entre las terrazas y los sitios.

6. RESULTADOS

6.1 Densidad y Estructura de Tamaños

Los resultados obtenidos mostraron que la densidad de *P. laevigata* fue significativamente diferente entre ambas terrazas ($t = 6.6$, g. l. = 7, $p = 0.0001$). En la terraza conservada la densidad (0.036 ± 0.005 , $n = 6$; promedio \pm error estándar) fue menor en comparación con la encontrada en la terraza deteriorada (0.121 ± 0.01 , $n = 3$).

La estructura de tamaños fue similar en ambas terrazas ya que no existieron diferencias significativas ($D = 0.73$, g. l. = 108, 129, $p > 0.05$). La proporción de individuos incrementa con el tamaño hasta alcanzar un máximo en la categoría de 10-20 m³ y posteriormente, disminuye. En ambas zonas, la proporción de individuos <1 m³ y >50 m³ es baja representado alrededor del 20% de la población. Las categorías de tamaño de 1 a 50 m³ concentraron la mayor proporción de individuos con el 80% (Fig. 3).

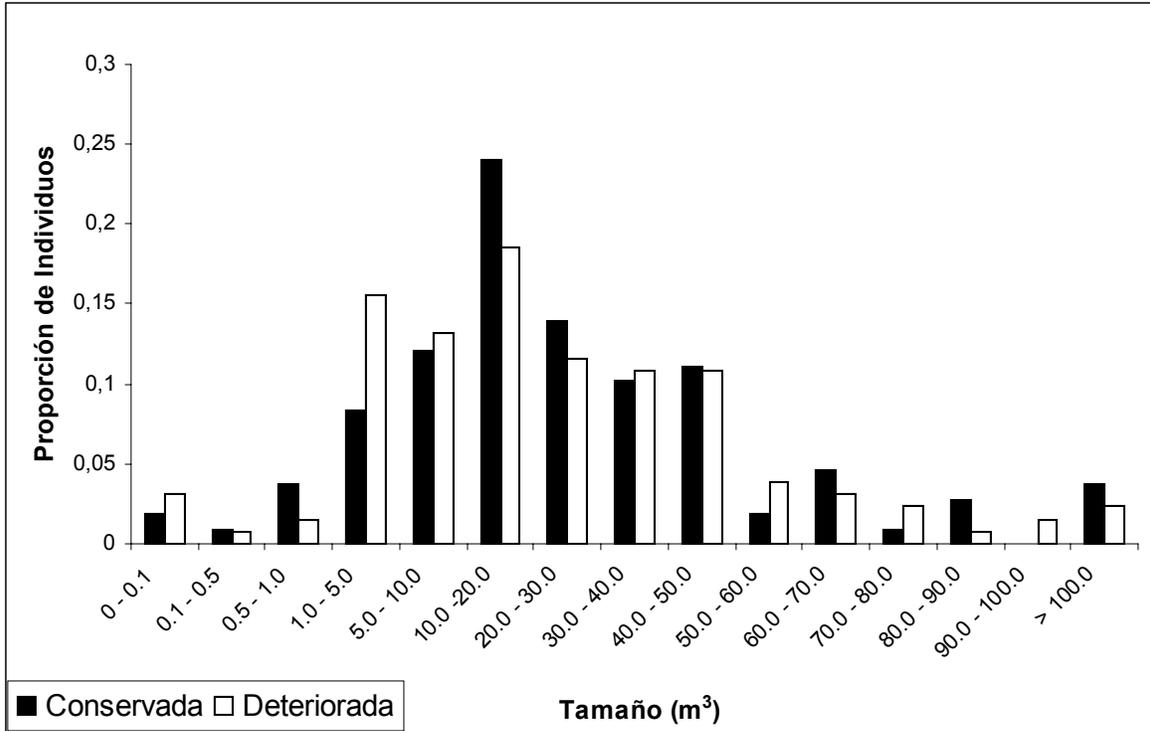


Figura 3. Estructura de tamaños de *Prosopis laevigata*, en la terraza conservada y deteriorada de Zapotitlán Salinas, Puebla.

6.2 Producción de Frutos y Depredación de las Semillas

El número promedio de frutos producido por individuo fue mayor en la terraza deteriorada (351.48 ± 32.53 , $n = 70$) en comparación con la terraza conservada (221.2 ± 33.4 , $n = 73$). Estas diferencias fueron significativas ($t = 2.793$, g. l. = 141, $p = 0.006$).

En lo referente a la depredación de las semillas, la prueba estadística señaló que existe un efecto significativo de la terraza ($F = 4.3$, g. l. = 1, 272, $p = 0.039$) y el tiempo ($F = 32.8$, g. l. = 3, 272, $p < 0.0001$), pero no de la interacción ($F = 0.31$, g. l. = 3, 272, $p = 0.822$).

La depredación en la terraza conservada fue mayor en comparación con la deteriorada. No obstante, la depredación de las semillas fue similar en ambas terrazas conforme avanzó el tiempo, iniciando con una proporción del 50% la cual incrementó hasta un 75% y se mantuvo constante alrededor del 80% (Fig 4).

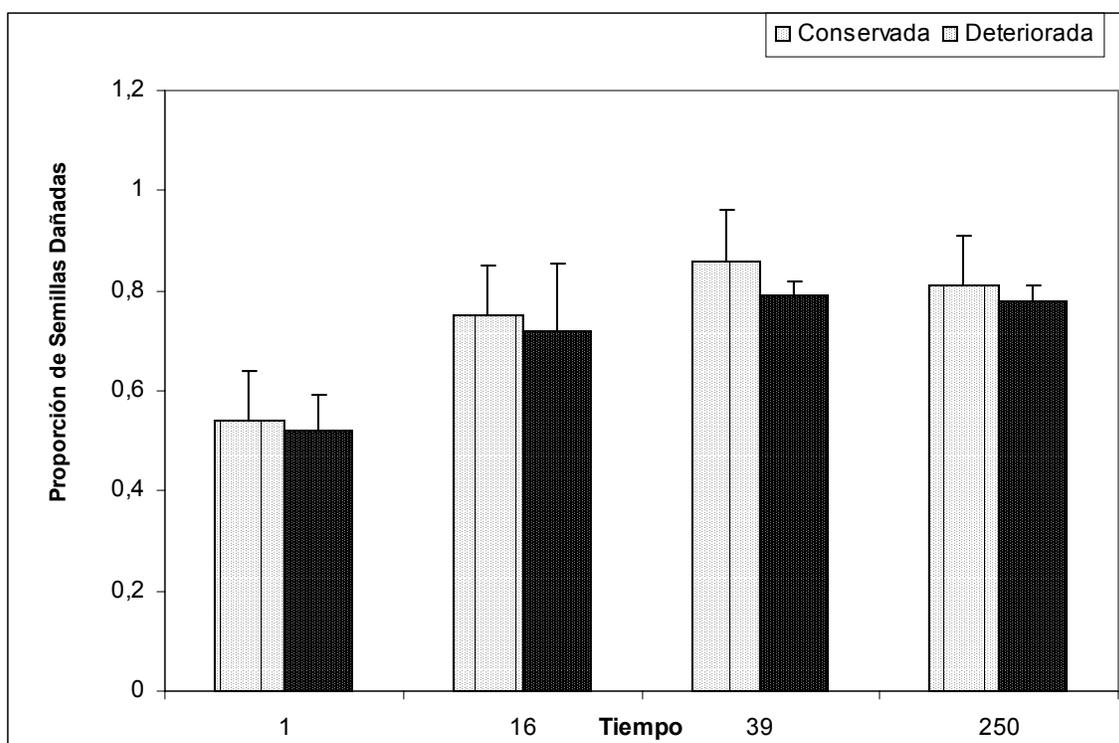


Figura 4. Proporción de semillas dañadas por brúquidos en la terraza conservada y deteriorada de Zapotitlán Salinas. El tiempo se refiere al número de días en el que se hizo el conteo de las semillas dañadas después de la colecta.

Con respecto al número de semillas por fruto, se encontraron diferencias significativas ($t = 8.76$, g. l. = 278, $p < 0.0001$). Los frutos colectados en la terraza deteriorada (20 ± 0.30 , $n = 140$) tuvieron un mayor número de semillas que los de la terraza conservada (14.08 ± 0.25 , $n = 140$).

6.3 Germinación de las Semillas en Laboratorio.

El porcentaje de germinación fue mayor en la terraza conservada (36.6%) en comparación con la terraza deteriorada (34.2%). Estas diferencias fueron significativas ($t = 4.33$, g. l. = 18, $p = 0.0004$).

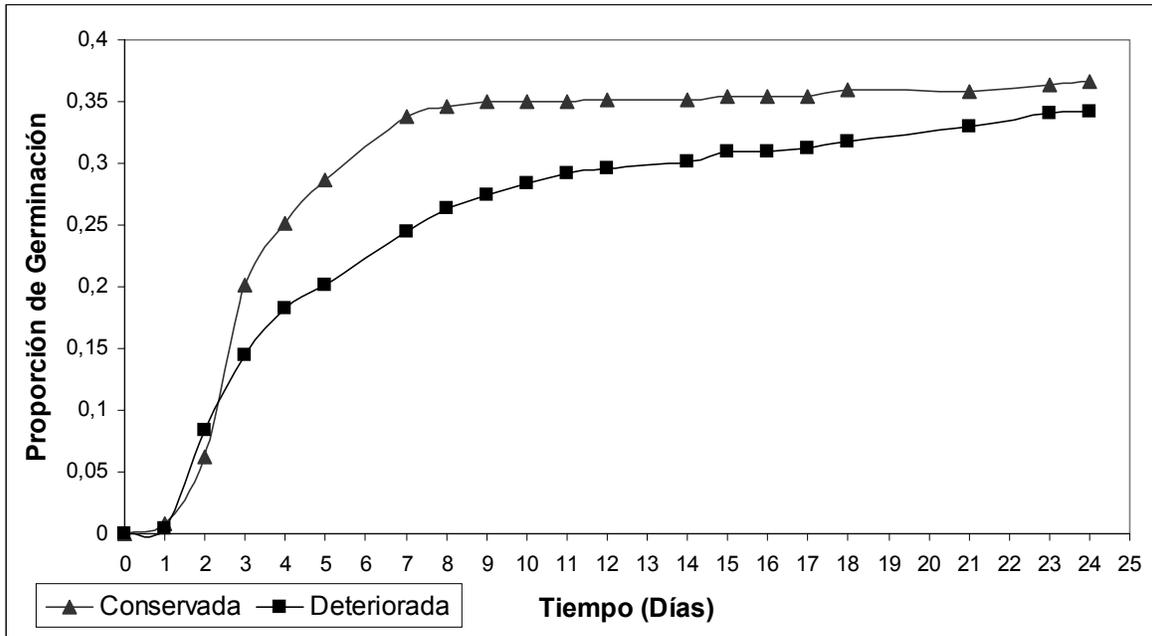


Figura 5. Proporción de semillas germinadas de *P. laevigata* colectadas en la terraza conservada y deteriorada de Zapotitlán Salinas.

En ambas terrazas, la germinación de las semillas comenzó a partir de las 24 horas de haber sido sembradas. En la terraza conservada, la velocidad de germinación incrementó rápidamente hasta el día 7, posteriormente se mantuvo más o menos constante hasta el día 24. Por el contrario, para la terraza deteriorada la germinación fue relativamente lenta, alcanzando el máximo el día 23 (Fig. 5).

Con respecto a la velocidad de germinación, existen diferencias significativas entre ambas terrazas ($U = 87$, g. l. 10, 10, $p < 0.05$). Las semillas de la terraza conservada germinan más rápido (IG= 97.25) en comparación con las de la terraza deteriorada (IG=65.97).

6.4 Germinación de las Semillas en Campo

En general, las semillas desprotegidas contra los depredadores tuvieron una germinación muy baja debido principalmente a la remoción por las hormigas *Pogonomyrmex barbatus* (Smith). El único tratamiento en el que las semillas germinaron fue en la terraza conservada y en espacios desprovistos de vegetación. Para el resto de los tratamientos la germinación no ocurrió (Tabla 2). Debido a lo anterior se decidió no evaluar estadísticamente el efecto de este factor.

Por el contrario, para el resto de los tratamientos si hubo germinación aunque el efecto de la terraza ($F = 0.29$, g. l. = 1, 36, $p = 0.59$) y el sitio ($F = 0.35$, g. l. = 2, 36, $p = 0.7$) no fueron significativos. En términos generales la germinación fue baja en todos los tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Número promedio de semillas germinadas de *P. laevigata* en diferentes tratamientos, colocados en la terraza conservada y deteriorada de Zapotitlán Salinas.

	TERRAZA CONSERVADA		TERRAZA DETERIORADA	
	Con protección de depredadores	Sin protección de depredadores	Con protección de depredadores	Sin protección de depredadores
Debajo de la copa de <i>P. laevigata</i>	1.6 ± 3.04	0	1.4 ± 2.07	0
Espacios desprovistos de vegetación	0	0.2 ± 0.44	1.8 ± 4.02	0

6.5 Supervivencia de las Plántulas en Campo

La supervivencia de las plántulas fue diferente entre las terrazas (LR = 40.75, g. l. 1, $p < 0.00001$), siendo mayor en la terraza deteriorada en comparación con la conservada (Fig. 6).

Con respecto a los sitios, en la terraza deteriorada no hubo diferencias significativas (LR = 1.42, g. l. 1, $p = 0.23$) entre las plántulas debajo de *P. laevigata* y las ubicadas en espacios desprovistos de vegetación. Por el contrario, en la terraza conservada sí existieron diferencias (LR = 9.87, g. l. 1, $p = 0.0017$), siendo mayor la supervivencia en los sitios ubicados debajo de *P. laevigata* en comparación con aquellas creciendo en los espacios abiertos. Las plántulas en espacios desprovistos de vegetación sólo vivieron 29 días, en tanto que las que estaban debajo de *P. laevigata* sobrevivieron hasta el día 77.

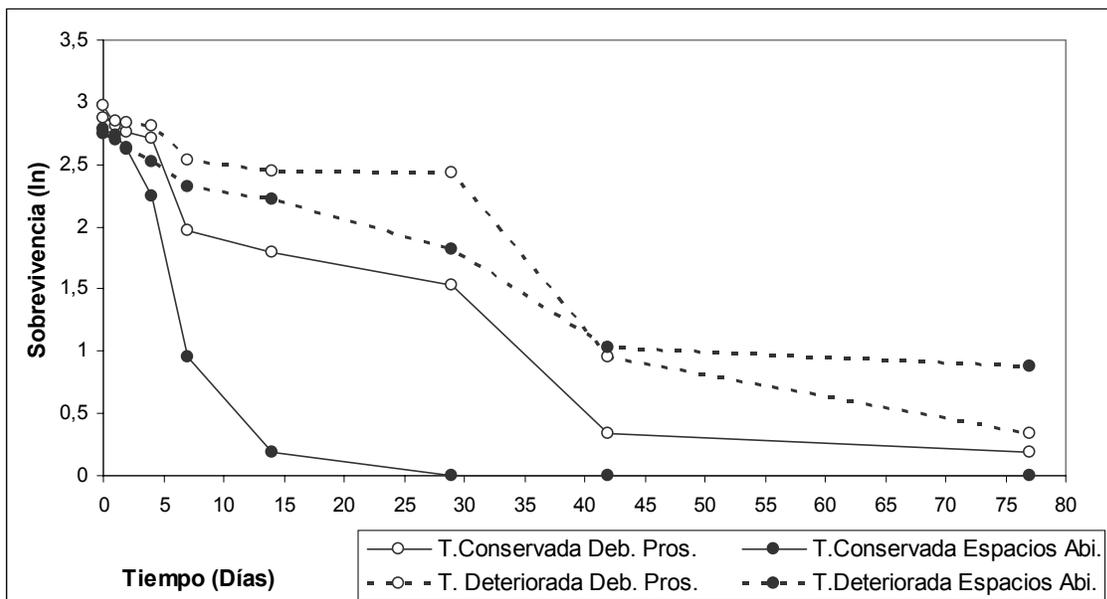


Figura 6. Supervivencia de las plántulas de *Prosopis laevigata* en espacios abiertos y debajo de *P. laevigata* en la terraza conservada y deteriorada de Zapotitlán Salinas

7. DISCUSIÓN

En términos generales, los resultados obtenidos muestran que existen diferencias entre la terraza conservada y la deteriorada para la mayoría de los aspectos demográficos analizados como la densidad, la producción de frutos y semillas, la depredación y la germinación de las semillas en laboratorio. No obstante lo anterior, también existen similitudes en otras características como la estructura de tamaños y la germinación de las semillas en campo.

En cuanto a la densidad, ésta fue menor en la terraza conservada con 0.036 ind/m^2 en comparación con la terraza deteriorada en donde fue de 0.121 ind/m^2 . No obstante estas diferencias, estos valores se encuentran dentro del rango reportado para esta especie que va desde 0.01 (Villanueva, 1993) hasta 0.364 ind/m^2 (Signoret, 1970). Además, son similares a los registrados para esta misma especie en el Valle de Zapotitlán por Oliveros (2000) y Osorio et al. (1996), quienes encontraron una densidad de $0.034\text{-}0.036$ y 0.03 ind/m^2 , respectivamente.

La estructura de tamaños fue similar en ambas terrazas, la proporción de individuos $<1 \text{ m}^3$ y $>50 \text{ m}^3$ fue baja (20%), en tanto que los individuos de 1 a 50 m^3 conformaron la mayoría de la población (80%). La mayor parte de la población se encontró dentro del intervalo de 10 a 20 m^3 . Desafortunadamente, este aspecto demográfico ha sido poco estudiado, debido a que en la literatura no se encontraron trabajos en los que se haya analizado la estructura de las poblaciones. El único trabajo encontrado fue el de Oliveros (2000), en donde se menciona que no existen muchos individuos de tamaños pequeños ($< 50 \text{ cm}$ de altura), lo cual concuerda con el resultado obtenido en este trabajo.

En relación con la reproducción, los resultados mostraron que en la terraza deteriorada hubo una mayor producción de frutos por individuo (351 ± 32), así como un mayor número de semillas por fruto (20 ± 0.30), en comparación con la terraza conservada (221 ± 33 frutos por individuo; 14 ± 0.25 semillas por fruto).

Estos datos concuerdan con Cantú (1990), quién encontró una producción promedio de 16 semillas por fruto (intervalo: 5-25 semillas) en poblaciones de *P. laevigata* creciendo en el municipio de Linares, Nuevo León.

Los resultados obtenidos sobre la depredación de las semillas mostraron que ésta fue mayor en la terraza conservada que en la deteriorada. Sin embargo, al considerar el efecto del tiempo se observó que el patrón de depredación de las semillas fue el mismo en ambas terrazas, incrementando de un 50% a un 80% en un período de 250 días. Darío-Salas et al. (2000) también observaron un incremento en la depredación de las semillas de *P. laevigata*, pasando de un 29.8% a un 43.9% en el lapso de 3 meses. De manera similar, Lerner y Peinetti (1996), trabajando con *Prosopis caldenia*, reportaron un incremento en la depredación del 9% al 54% en un año. Además, en el caso de *P. chilensis* la depredación aumentó hasta 90% en un lapso de trece semanas (Cantú, 1990). Los principales organismos responsables de la depredación de *P. laevigata* son diferentes especies de insectos como: *Algarobius atratus* (Kingsolver), *A. bottimeri* (Kingsolver), *A. johnson* (Kingsolver), *Cydia membrosa* (Heinrich), *Mimosestes protractus* (Kingsolver y Johnson) y *Ofatulena doudecemstriata* (Walsingham) (Cantú, 1990, Darío-Salas, et al., 2000). Sin embargo, en este trabajo no se intentó determinar las especies que atacan las semillas del mezquite en las terrazas, por lo que es necesario realizar trabajos enfocados en la determinación de estos organismos.

Con respecto a la germinación en laboratorio, las semillas de la terraza conservada (36.6%) tuvieron un porcentaje mayor que las semillas de la terraza deteriorada (34.2%). Ambos valores se encuentran dentro del intervalo (11% - 64%) reportado para esta especie por otros autores (García-Aguilera et al., 2000; Torres, 2000; Flores, 2001). No obstante lo anterior, la germinación de *P. laevigata* es relativamente baja si la comparamos con otras especies del género como: *P. caldenia* 100% (Villalobos y Peláez, 2001), *P. cineraria* 45% (Manga y Sen, 1995), *P. flexuosa* 93% (Cony y Triones 1998), *P. glandulosa* 96% (Cantú, 1990), *P.*

juliflora 66% (Al-Humaid y Warrag, 1998) y *P. nigra* 55.4% (Pratolongo et al., 2003). La baja germinación de *P. laevigata* encontrada en este trabajo puede deberse a que las condiciones de humedad del suelo no permanecieron constantes a lo largo del tiempo. Además, cabe la posibilidad de que algunas de las semillas aparentemente sanas y que fueron sembradas en el suelo, en realidad no lo estaban. Sin embargo, esta última idea no es posible confirmarla debido a que no se recuperaron las semillas al final del experimento.

Por otra parte, la germinación de las semillas en el campo fue baja en ambas terrazas (conservada: 1.5%, deteriorada: 2.6%), independientemente de los sitios utilizados (i. e., debajo de *P. laevigata* y en espacios desprovistos de vegetación). Estos resultados están relacionados con una alta depredación de las semillas, así como probablemente a una baja cantidad y frecuencia de las lluvias.

La sobrevivencia de las plántulas en campo fue mayor en la terraza deteriorada que en la conservada. Sin embargo, en ambas terrazas las plántulas debajo de *P. laevigata* sobrevivieron un tiempo mayor que aquellas en espacios desprovistos de vegetación. La alta sobrevivencia de las plántulas bajo el dosel de *P. laevigata* puede deberse a que esta especie incrementa los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica del suelo, gracias a la asociación de sus raíces con la macro y microflora (Garner y Steinberger, 1991). Las plántulas creciendo debajo del dosel de esta especie presentan un mayor número de nódulos que las plántulas que crecen por fuera de él (Olalde-Portugal et al., 2000). Como consecuencia de lo anterior, *P. laevigata* es considerada una planta nodriza que permite el establecimiento de sus plántulas y las de otras especies, incrementando la diversidad de las zonas áridas. Flores-Flores et al. (2000) encontró 30 especies creciendo debajo del dosel, en comparación con 18 en espacios abiertos.

Como se mencionó anteriormente, los resultados obtenidos en este trabajo indican que existen diferencias entre las terrazas estudiadas para la mayoría de

las características demográficas. En este sentido, *P. laevigata* presentó una mayor densidad, así como un mayor número de frutos y semillas en la terraza deteriorada en comparación con los mezquites creciendo en la terraza conservada. Asimismo, las semillas del mezquite en la terraza deteriorada tuvieron una menor depredación por brúquidos, aunque su germinación fue menor en comparación con las semillas colectadas en la terraza conservada. En términos generales, estos resultados no concuerdan con la hipótesis originalmente planteada debido a que para la mayoría de los aspectos ecológicos evaluados los valores de la población del mezquite en la terraza deteriorada fueron aparentemente mayores que en la terraza conservada. No obstante lo anterior, el análisis de la información obtenida permite suponer que el patrón demográfico de *P. laevigata* creciendo en la terraza conservada y deteriorada es similar. Esta idea es apoyada por los resultados obtenidos en relación con la estructura de tamaños, la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas en campo. La estructura de tamaños es un aspecto demográfico que incluye las tasas de natalidad y mortalidad ocurridas a lo largo del tiempo (Krebs, 1985; Silvetown, 1987), por lo que las similitudes encontradas sugieren que estos procesos actúan de manera similar en ambas terrazas. La idea anterior es apoyada por los resultados del experimento de germinación en campo, ya que en ambas terrazas el número de plántulas fue bajo. De manera similar la sobrevivencia de las plántulas en la terraza conservada y deteriorada dependió de la sombra proyectada por las copas del mezquite.

En las zonas áridas y semiáridas, la precipitación y la temperatura son los principales factores que limitan el reclutamiento de los nuevos individuos. Sin embargo, no es posible que estos factores actúen de manera diferencial en la zona de estudio debido a la proximidad de las terrazas. Finalmente, otro factor adicional que podría contribuir a que los patrones demográficos de *P. laevigata* sean similares entre las terrazas, es el hecho de que el mezquite presenta características morfológicas, anatómicas y fisiológicas que le permiten adaptarse y sobrevivir exitosamente en diferentes tipos de ambientes.

Considerando lo anterior, los resultados obtenidos muestran que existen diferencias en las poblaciones de mezquite en las terrazas para la mayoría de las características demográficas analizadas. Sin embargo, es posible afirmar que el patrón demográfico del mezquite no difiere entre las terrazas, debido a que atributos demográficos importantes tales como la estructura de tamaños, la germinación y sobrevivencia en campo fueron similares. Consecuentemente, es posible suponer que el deterioro ambiental no afecta negativamente las poblaciones de esta especie. No obstante lo anterior, es importante considerar que este trabajo únicamente se realizó en dos sitios, por lo que es necesario ampliar este tipo de estudios a otras terrazas para determinar la generalidad de estos patrones.

8. CONCLUSIONES

-  Los individuos de *P. laevigata* creciendo en la terraza deteriorada presentan una mayor densidad y producen un mayor número de frutos y semillas que los individuos de la terraza conservada.
-  Las semillas de los individuos de la terraza conservada tuvieron un mayor porcentaje de germinación y depredación por brúquidos que los individuos de la terraza deteriorada.
-  La germinación de las semillas en campo fue baja y similar en ambas terrazas.
-  La sobrevivencia de las plántulas fue diferente entre la terraza conservada y deteriorada. Sin embargo, en ambas terrazas las plántulas debajo del mezquite sobrevivieron más tiempo que en espacios desprovistos de vegetación.
-  No obstante estas diferencias, es posible suponer que *P. laevigata* tiene el mismo comportamiento demográfico en la terraza conservada y deteriorada ya que la estructura de tamaños, la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas en campo fue similar.
-  Considerando lo anterior, es posible suponer que el deterioro ambiental existente en las terrazas no afecta negativamente las poblaciones del mezquite. En este sentido, ambas poblaciones podrían ser empleadas por los pobladores para obtener recursos, siempre y cuando se aproveche de manera sustentable. No obstante lo anterior, es importante considerar que únicamente se trabajó en dos sitios por lo que es necesario ampliar este tipo de estudios a otras terrazas, para determinar la generalidad de estos patrones.

9. LITERATURA CITADA

- Abrego, R. J. H. 1991. Estudios fenológico del mezquite (*Prosopis* spp.) en 4 localidades del estado de Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Al-Humaid, A. I. y Warrag, M. O. A. 1998. Allelopathic effects of mesquite (*Prosopis juliflora*) foliage on seed germination and seedling growth of bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Journal of Arid Environments* 38: 237 - 243.
- Brown, J. R. y Archer, S. 1999. Shrub invasion of grassland: recruitment is continuous and not regulated by herbaceous biomass or density. *Ecology* 80: 2385 – 2396.
- Cantú, A. C. 1990. Fenología de la floración y fructificación del mezquite *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. en Nuevo León y el efecto de las cabras sobre la dispersión de sus semillas. Reporte Científico No. 18. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México.
- Casas, A., Valiente-Banuet, A., Viveros, J. L., Caballero, J., Cortés, L., Dávila, P., Lira, R. y Rodríguez, I. 2001. Plant resources of the Tehuacan-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany* 55: 129 – 166.
- Cony, M. A. y Trione, S. O. 1998. Inter- and intraspecific variability in *Prosopis flexuosa* and *P. chilensis*: seed germination under salt and moisture stress. *Journal of Arid Environments* 40: 307 - 317.
- Darío-Salas, A. M., Romero-Nápoles, J. y García-Aguilera, E. 2000. Brúquidos asociados a tres especies de mimosáceas del bajío Guanajuatense, México. En: Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carte, E.

- J. (Eds). El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. 109 - 116 p.p.
- Dávila, A. H. 1983. La distribución del mezquite en México. Segunda Reunión Nacional sobre Ecología y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. División Forestal. SAGAR. Publicación Especial No. 43. 135 – 137 p.p
- Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carte, E. J. (Eds.) 2000. El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México.
- Flores, J. y Briones, O. 2001. Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. *Journal of Arid Environments* 47: 485 - 497.
- Flores-Flores, J. L., Cruz-Rodríguez, J. A., García-Moya, E., Frías-Hernández, J. T. y Montesinos, S. G. 2000. Características de la vegetación herbácea en una comunidad dominada por mezquite *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd) M.C. Johnst. En: Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carte, E. J. (Eds). El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. 81 – 93 p.p.
- García-Aguilera, E., Martínez-Jaime, O. A., Torres, N. S. y Frías-Hernández, J. T. 2000. Escarificación biológica de semilla de mezquite [*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.] con diferentes especies de ganado doméstico. En: Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carte, E. J. (Eds). El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato México. 117 - 123 p.p.

- García, A. E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garner, W. y Steinberger, Y. 1991. A proposal mechanism for the formation of “fertile islands” in the desert ecosystem. *Journal of Arid Environments* 16: 257 – 262.
- Golubov, J., Mandujano, M., Franco, M., Montaña, C., Eguiarte, L. E. y López-Portillo, J. 1999. Demography of the invasive woody perennial *Prosopis glandulosa* (honey mesquite). *Journal of Ecology* 87: 955 - 962.
- Golubov, J., Mandujano, M. y Eguiarte, L. 2001. The paradox of mesquites (*Prosopis spp.*): Invading species or biodiversity enhancers? *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 69: 23 - 30.
- Gómez, L. F. 1970. Importancia económica de los mezquites (*Prosopis sp.*) en algunos estados de la República Mexicana. En: Gomez, L.F., Signoret, P. J., Abuin, M. M. C. (Eds). *Mezquites y Huizaches. Algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros Prosopis y Acacia en México*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables A. C. México, D. F. 3 – 69 p.p.
- González-Zertuche, L. y Orozco-Segovia, A., 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58: 15 - 30.
- Huerta, B. V. M. 1995. Asociación entre cactáceas y arbustos en una zona semiárida entre los estados de Querétaro e Hidalgo. *Resúmenes del XVIII*

Congreso Mexicano de Botánica: Diversidad Vegetal de México. Cuernavaca, Morelos, México.

Jiménez, M. V. 1999. Propagación y producción de especies (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y *Mimosa depauperata* Benth) de importancia forestal no maderable en “el Dexthi-San Juanico” Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

Johnson, C. D. 1983, Ecosystematics of Acanthoscelides (Coleoptera: *Bruchidae*) of southern México and Central America. Miscellaneous Publications Entomological Society of America 56: 1 – 370.

Krebs, C. J. 1985. Ecología, estudio de la distribución y abundancia. Ed. Harla. Segunda edición. México D. F.

Lerner, P. y Peinetti, R. 1996. Importance of predation and germination on losses from the seed bank of calden (*Prosopis caldenia*). Journal of Range Management 49: 147 - 150.

Maldonado-Aguirre, L. y de la Garza, F. 2000. El mezquite en México: rasgos de importancia productiva y necesidades de desarrollo. En: Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Cardé, E. J. (Eds). El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. 37 - 50 p.p.

Manga, V. K. y Sen, D. N. 1995. Influence of seed traits on germination in *Prosopis cineraria* (L.) MacBride. Journal of Arid Environments 31: 371 – 375.

- Martínez, L. M. J. 1994. El mezquite (*Prosopis laevigata*): Evaluación experimental de métodos de producción de plántulas en vivero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Miranda, F. y Hernández, X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29 - 179.
- Olalde-Portugal, V., Frías-Hernández, J., Aguilar-Ledezma, A., Pescador, N. y Aguilera-G., L. 2000. Caracterización microbiológica de suelos de islas de fertilidad de mezquite. En: Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carte, E. J. (Eds). El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato México. 95 - 107 p.p.
- Oliveros, G. O. 2000. Descripción estructural de las comunidades vegetales en las terrazas fluviales del río El Salado, en el Valle de Zapotitlán de las Salinas Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Osorio, B. O., Valiente, B. A., Dávila, P. y Medina, R. 1996. Tipos de vegetación y diversidad β en el valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 59: 35 - 58.
- Palacios, R. A., Hoc, S. P., Burghartdt, D. A. y Vilela, E. A. 2000. *Prosopis l.*: Biodiversidad y clasificación, estrategias adaptativas, reproductivas e importancia económica. En: Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carte, E. J. (Eds). El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato México. 13 - 35 p.p.

- Paredes, F. M. 2001. Contribución al estudio etnobotánico de la flora útil de Zapotitlán de las Salinas puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pratolongo, P., Quintana, R., Malvárez, I. y Cagnoni, M. 2003. Comparative analysis of variables associated with germination and seedling establishment for *Prosopis nigra* (Grises.) Hieron and *Acacia caven* (Mol.) Mol. Forest Ecology and Management 179: 15 - 25.
- Pyke, D. A. y Thompson, J. N. 1986. Statical analysis of sirvuval and removal rate experiments. Ecology 67: 240 – 245.
- Ramírez, A. 1996. Contribución al conocimiento de la flora medicinal de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (*Leguminosae, mimosoidae*) en Norteamérica. Acta Botánica Mexicana 3: 7 - 19.
- Siegel, S. y Castellan, N. J. 2001. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Ed. Trillas. México, D. F.
- Signoret, P. J. 1970. Datos sobre algunas características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata*) y su aprovechamiento en el Valle del Mezquital. En: Gomez, L.F., Signoret, P. J., Abuin, M. M. C. (Eds). Mezquites y Huizaches. Algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables A. C. México, D. F 70 – 146 p.p.

- Silvertown, J. W. 1987. Introduction to plant population ecology. Longman Scientific & Technical. Essex, England.
- Siqueiros, D. M. E. 1996. Leguminosas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
- Torres, N. S., Martínez, J. O., García-Aguilera, E. y Frías-Hernández, T. 2000. Escarificación hídrica de semilla de mezquite [*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex. Willd) M.C. Johnst] En: Frías-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V. y Vernon-Carte, E. J. (Eds). El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato México. 125 - 131 p.p.
- UBIPRO. 2002. Evaluación del deterioro ambiental, restauración, conservación ecológica y manejo sustentable de recursos naturales en la subcuenca baja de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Informe anual de avances. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Valiente, B. L. 1991. Patrones de precipitación en el Valle semiárido de Tehuacán, Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vilela, A. E. y Ravetta, D. A. 2000. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). *Journal of Arid Enviroments* 44: 415 – 423.
- Villagómez, A. Y. 1978. Pruebas de semillas forestales y su aplicación en vivero. Memorias de la primera reunión nacional de plantaciones forestales. SARH.

Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. Publicación Especial Núm. 13.

Villagra, P. E., Marone, L. y Cony M. A. 2002. Mechanisms affecting the fate of *Prosopis flexuosa* (Fabaceae, Mimosoideae) seeds during early secondary dispersal in the monte desert, Argentina. *Austral Ecology* 27: 416 – 421.

Villalobos, A. E. y Peláez, D. V. 2001. Influences of temperature and water stress on germination and establishment of *Prosopis caldenia* Burk. *Journal of Arid Environments* 49: 321 - 328.

Villanueva, D. J. 1993. Distribución actual y características ecológicas del mezquital (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex. Willd) M.C. Johnst) en el estado de San Luis Potosí. Boletín Divulgativo No. 74. SARH-INIFAP, México.