



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DE *Castela
tortuosa* Liebm. EN DOS TERRAZAS ALUVIALES CON
DISTINTO GRADO DE DETERIORO EN EL VALLE DE
ZAPOTITLÁN DE LAS SALINAS, PUEBLA.

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A

MENDOZA OROZCO LUCIA MARLETH



Director: Dr. Héctor Octavio Godínez Álvarez

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, MÉXICO, 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

A MIS PADRES Y HERMANOS

El presente trabajo fue realizado gracias al apoyo del Programa de Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), UNAM, a través de los proyectos IX 247904 e IN 213402-2.

AGRADECIMIENTOS

A mi comité de Tesis, la Dra. Patricia Dávila, Dr. Héctor Godínez, Dr. Rafael Lira, Mc. Daniel Muñoz y el Dr. Cesar Mateo; por sus comentarios para el mejoramiento de este trabajo.

A mis compañeros Guillermo Sánchez, por su ayuda en campo, además del apoyo y comentarios cuando mas lo necesite, a Paty Zarco por su ayuda en los viajes al campo y por tu amistad. A Roció Rosas por su ayuda en la parte del formato de de la tesis.

Al laboratorio de Fisiología Vegetal; en especial a la técnico Margarita Ramirez por su ayuda en el procesamiento de los frutos y brindarme un poco de su tiempo, a la maestra Josefina Vásquez por sus valiosos comentarios, así como a la maestra Martha Urzua. Gracias por la invitación a sus ricas comidas en laboratorio.

Un especial agradecimiento a la señora Agustina dueña del Restaurante Ámbar en el Pueblo de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, por su tiempo, apoyo brindado y por supuesto, a su gran disposición para atenderme a tempranas horas.

A Gerardo Chaparro Aguilera, desde que te conozco, me has brindado muchas cosas positivas y tú sin saberlo, fuiste una conexión para que yo hubiera elegido estudiar esta carrera, ya que una cosa me llevo a la otra y así sucesivamente hasta llegar aquí, eres de las pocas personas que me inspiran mucha confianza y seguridad y no cabe duda que en 2005, fuiste una fuerte cuerda de la cual no me solté, además de ser una guía para dejar y encontrar cosas nuevas. ¡¡GRACIAS!!

A mi gran **maestro** Héctor Godínez, al cual, le tengo un gran respeto y admiración por ser una gran persona, ya que actualmente, pocas son en realidad autenticas, sencillas y tolerantes. Te doy las Gracias de todo corazón por haberme dado un lugar en el laboratorio de Ecología, respetado siempre mis decisiones y haberme enseñado mas cosas de las que te puedas imaginar!!! .Lo mejor es que aprendí a ya no ser tan dispersa!!!

Al Dr. Lira por brindarme su apoyo y atención cuando más lo necesite, le agradezco por ser un hombre de palabra y decir siempre las verdades de frente, ya que no cualquiera tiene esa gran virtud.

El haber formado parte de la UBIPRO, me llevo a encontrar un gran tesoro; a mi GRAN AMIGA Juanita Gaspar, por ser tan única y especial y por compartir buenos y malos momentos, simplemente las palabras no me son suficientes para agradecerte en todo en lo que me has apoyado ¡MIL GRACIAS!

A mis grandes amigas Meztli e Hyrais, mis dos buenos aciertos en la vida, esa amistad que ha sido mi pilar para realizar muchas cosas y sobre todo, han sabido aguantarme en mis malos ratos, para ustedes tendría que escribir una tesis completa solo de agradecimientos y mas, por esa ayuda en esta tesis que hoy presento. Gracias y las Quiero Mucho!!!

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo General	8
2.2 Objetivos Particulares	8
3.- MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 Descripción de la Especie	9
3.2 Descripción del Área de Estudio	12
3.2.1 Terrazas Aluviales	13
3.2.2 Terraza Conservada (Zona A)	15
3.2.3 Terraza Deteriorada (Zona D)	16
3.3 Densidad y Estructura de Tamaños	17
3.4 Producción de Frutos por Individuo	19
3.5 Características de los Frutos	19
3.5.1 Tamaño	19
3.5.2 Contenido Nutricional	20
3.6 Germinación de las Semillas	20
3.6.1 Semillas Recién Colectadas	21
3.6.2 Semillas Almacenadas	22
3.6.3 Tipo de Suelo	22
3.6.4 Ácido Giberélico	23
3.7 Supervivencia de las Plántulas en Campo	24
4.- RESULTADOS	26
4.1 Densidad y Estructura de Tamaños	26
4.2 Producción de Frutos por Individuo	27
4.3 Características de los Frutos	28
4.3.1 Tamaño	28
4.3.2 Contenido Nutricional	28
4.4 Germinación de las Semillas	29
4.4.1 Semillas Recién Colectadas	29
4.4.2 Semillas Almacenadas	30
4.4.3 Tipo de Suelo	31
4.4.4 Ácido Giberélico	33
4.5 Supervivencia de las Plántulas en Campo	34
5.-DISCUSIÓN	35
6.-BIBLIOGRAFÍA	42

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el Valle de Tehuacán-Cuicatlán es reconocido como una zona semiárida con una alta diversidad de especies vegetales y animales (Rzedowski 1978, Valiente-Banuet et al. 2000). Además de la riqueza biológica, existe una alta riqueza cultural debida a la presencia de un alto número de grupos étnicos, entre los que destacan nahuas y popolocas (Casas et al. 2001).

Dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, se encuentra el Valle de Zapotitlán de las Salinas, el cual se caracteriza por presentar una alta variedad de tipos de suelo, asociaciones vegetales y proporción de organismos endémicos (Osorio et al. 1996). Estas características se deben a una elevada heterogeneidad ambiental, producto de eventos históricos de erosión y depositación de materiales geológicos ocurridos durante el cuaternario (Osorio et al. 1996), así como a la presencia de abanicos aluviales y laderas con diferente orientación e inclinación (López-Galindo et al. 2003).

En las partes bajas del valle, existen terrazas aluviales formadas por el arrastre del agua y la depositación de distintos materiales litológicos. Las terrazas están ubicadas a lo largo del cauce de los ríos “Zapotitlán” y “Tehuacán”, los cuales forman parte del río “El Salado”. Estudios recientes realizados en estas terrazas, reportan que son sistemas ecológicos con distintos grados de conservación que varían entre los mínimamente deteriorados hasta los muy degradados. Los principales factores que pueden favorecer la degradación de las terrazas son diferentes actividades humanas como los desmontes, la extracción de materiales diversos como leña, mármol, sal y el sobrepastoreo,

entre otras. Como resultado de estas actividades se han incrementado los procesos de erosión hídrica y eólica, afectando así las principales características físicas y biológicas de las terrazas (UBIPRO 2000).

La existencia de los distintos niveles de deterioro en las terrazas aluviales podría afectar diferencialmente a las especies de plantas, por lo que el estudio de sus características demográficas y dinámica poblacional son algunos aspectos centrales para el manejo, conservación y posible restauración de estos sistemas ecológicos. Actualmente los estudios realizados con diversas especies de plantas, tales como *Prosopis laevigata* (Oliveros 2000, Roldán 2004), *Cercidium precox* (Oliveros 2000, Rosas en preparación) y *Stenocereus stellatus* (Pérez 2004), han mostrado que no existe evidencia suficiente que permita determinar el efecto del deterioro ambiental sobre las plantas. Debido a lo anterior, es necesario realizar estudios con otras especies de plantas importantes en la región que permitan acumular información y conocer si efectivamente existe un efecto del deterioro sobre las poblaciones de plantas.

En términos generales, una forma de visualizar el posible efecto del deterioro sobre las poblaciones de plantas es a través de la evaluación de algunos aspectos demográficos básicos como la densidad, la estructura de tamaños, la reproducción, la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas. La densidad es un atributo que muestra los cambios de una población a través de las modificaciones en su tamaño, por medio del número de individuos en un área determinada (Thomas 1975). La estructura de tamaños permite conocer la composición actual de la población, si ésta crece, se encuentra estable o

comienza a decrecer, además de mostrar las etapas del ciclo de vida que limitan este crecimiento (Krebs 1985). La reproducción, entendida como la formación de nuevos individuos mediante la producción de frutos y semillas, puede ser considerada un aspecto importante de los posibles cambios demográficos que pudieran ocurrir en las poblaciones. Por su parte, la germinación permite conocer el potencial de los individuos para poder ser incorporados a la población y la sobrevivencia es una forma de representar la pérdida gradual de los individuos a medida que el tiempo pasa. El estudio de estos aspectos demográficos permite describir cómo estos elementos se han combinado en las características que presenta una población en situaciones particulares y en tiempos sucesivos (Margalef 1985).

Castela tortuosa Liebm. es una especie de planta dominante en las terrazas aluviales, la cual es conocida localmente como “venenillo” o “chaparro amargoso” (Oliveros 2000). Actualmente existe poca información sobre el estado en el que se encuentran las poblaciones de este arbusto en estos sitios. Oliveros (2000) sugirió que el reclutamiento de nuevos individuos por semilla en las terrazas aluviales es escaso. Asimismo, este autor mencionó que la estructura de tamaños en estos sitios muestra que existe un bajo número de individuos de tamaño pequeño. No obstante lo anterior, este estudio sólo se realizó en una terraza aluvial, por lo que es importante evaluar el estado poblacional de *C. tortuosa* en otras terrazas con distinto grado de deterioro. Otros trabajos existentes en la literatura son el de Rosas (2004), quién realizó un mapa de distribución potencial de *C. tortuosa*, por medio de un perfil bioclimático (Fig. 1). Por su parte, Arias (2000) realizó una breve descripción de

la especie en relación con los usos etnobotánicos en el Valle de Zapotitlán. Así mismo, Paredes (2001) realizó un estudio de la flora útil de Zapotitlán de las Salinas en el que se incluyó a *C. tortuosa*.

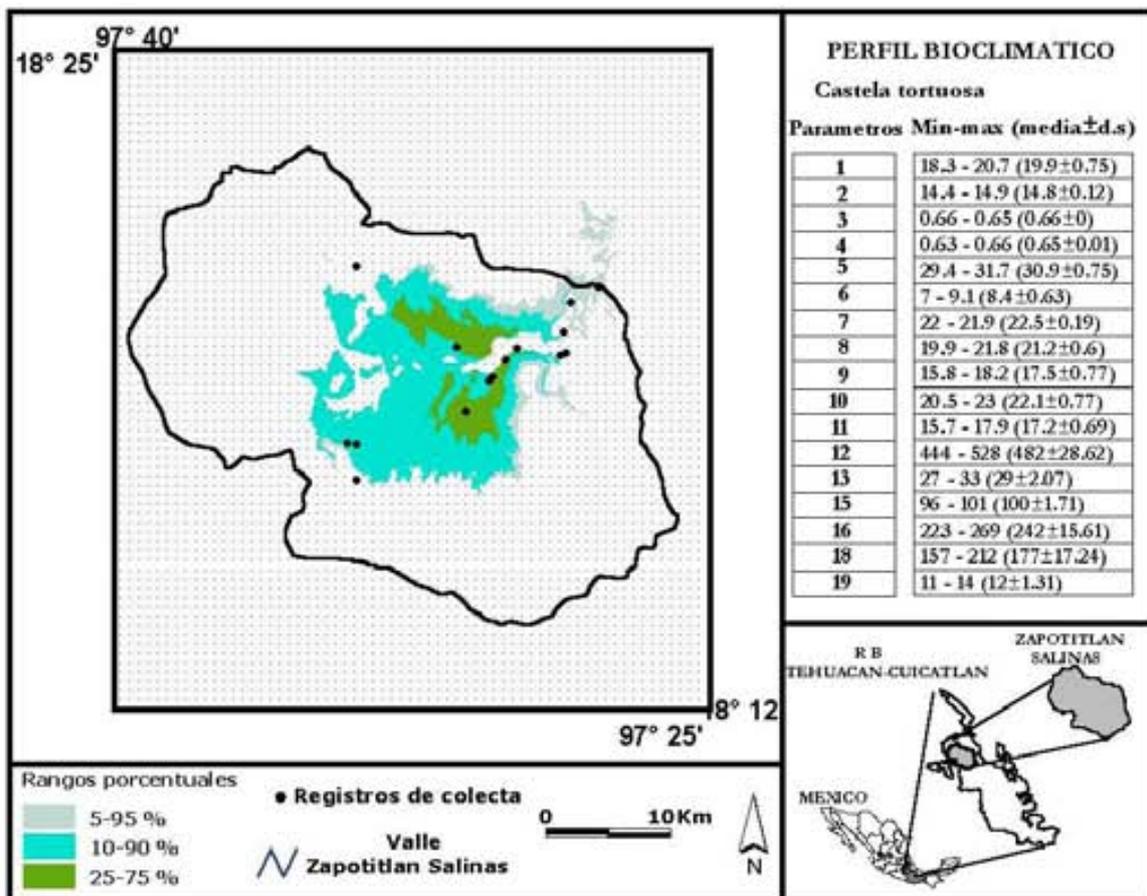


Figura 1.- Mapa de distribución potencial de *C. tortuosa* en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, realizado por medio de un perfil bioclimático. Tomado de Rosas (2004).

Además de los trabajos anteriores, existen en la literatura desde hace varios años otros estudios en donde se determinó la presencia y el tipo de diversos compuestos químicos. Algunos de estos trabajos son Novoa (1828), Guerrero (1959), Barrera (1960), Kravzov (1962), Ramos (1962), Lara y Márquez (1996), entre otros. Además también existen estudios en donde se ha analizado la actividad biológica, en beneficio del hombre, de algunos compuestos

encontrados en *C. tortuosa*, como Coronado (1990), Villareal et al. (1992) y Calzado-Flores (1998). En los cuadros 1 y 2 se presentan brevemente los resultados de algunos de estos trabajos.

Cuadro 1.- Presencia de algunos compuestos químicos encontrados en la corteza de *C. tortuosa*. Modificada de Lara y Márquez (1996).

Compuesto aislado	Tipo de compuesto	Referencia
Alantoína	Alcaloide	Kubo et al. 1993
Castelalina	Quasinoide	Kubo et al. 1993
Castelosido A	Quasinoide	Chaudhuri et al. 1992
Castelosido B	Quasinoide	Chaudhuri et al. 1992
Castelosido C	Quasinoide	Kubo et al. 1993
Chaparramarin	Quasinoide	Kubo et al. 1992
Chaparrin	Quasinoide	Kubo et al. 1992, Geissman et al. 1961, Geissman et al. 1962 y de Mayo et al. 1965
Chaparrinona	Quasinoide	Kubo et al. 1992
Fisetinidol	Flavonoide	Kubo et al. 1993
Galiato de metilo	Ester	Kubo et al. 1993
Glaucarubolona	Triterpeno	Chaudhuri et al. 1992
Glaucarubol	Triterpeno	Geissman et al. 1961, Polonsky 1965
Glucosa	Carbohidrato	Kubo et al. 1993
Glicerol	Alcohol	Chaudhuri et al. 1992
O metil inositol	Carbohidrato	Kubo et al. 1993
Prosopina	Flavonoide	Kubo et al. 1993
Sacarosa	Carbohidrato	Kubo et al. 1993
Amarolida	Quasinoide	Mitchol et al. 1971
Chaparrólida	Quasinoide	Polonsky 1965, Polonsky 1973
Castelanólida	Lactonas	Polonsky 1965, Polonsky 1973

En este trabajo se estudiaron algunos atributos demográficos de *Castela tortuosa* como la densidad, la estructura de tamaños, la reproducción (número de frutos, tamaño de los frutos y contenido de lípidos, carbohidratos y proteínas), la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas, para conocer el posible efecto del deterioro existente en las terrazas aluviales sobre las poblaciones de esta especie de planta.

Cuadro 2.- Actividad biológica de distintas partes vegetativas y reproductivas de *C. tortuosa*.

Parte estudiada	Actividad Biológica	Organismo de prueba	Resultados	Rereferencia
Toda la planta	Citotóxica	Cultivo celular Leuk-P388	Activa	Villareal et al. 1992
Toda la planta	Citotóxica	CA-9KB	Activa	Villareal et al. 1992
Toda la planta	Citotóxica	CA-9KB-VI	Inactiva	Villareal et al. 1992
Fruto	Antimalaria	Pollo, <i>plasmodium galliceneum</i>	Fuerte actividad	Polonsky 1973
Fruto	Antimalaria	Pollo, <i>plasmodium galliceneum</i>	Fuerte actividad	Polonsky 1973
Fruto	Antimalaria	Pollo, <i>plasmodium galliceneum</i>	Inactivo	Polonsky 1973
Hojas	Antimalaria	Pollo, <i>plasmodium galliceneum</i>	Activo	Polonsky 1973
Hojas	Antimalaria	Pollo, <i>plasmodium galliceneum</i>	Activo	Polonsky 1973
Partes aéreas	Insecticida	<i>Heliothis viverencens</i> (Lepidópteros)	Activo	Kubo 1990

RESUMEN

En el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, existen terrazas aluviales con distintos grados de conservación los cuales podrían afectar a las poblaciones de plantas existentes en estos sitios. No obstante que *Castela tortuosa* es una especie de planta dominante en las terrazas y ampliamente utilizada por los pobladores locales, actualmente se desconocen las características demográficas de las poblaciones de esta especie creciendo en estas terrazas. Para generar esta información, en el presente trabajo se estudiaron algunos atributos demográficos como la densidad, la estructura de tamaños, la reproducción (número de frutos, tamaño de los frutos y contenido de lípidos, carbohidratos y proteínas), la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas. Los resultados muestran que no existen diferencias entre las poblaciones creciendo en la terraza conservada y la terraza deteriorada, ya que se encontraron similitudes en la densidad, la producción de frutos por individuo, el tamaño del fruto, el contenido nutricional y la sobrevivencia. Sin embargo, si existieron diferencias en la estructura de tamaños y la germinación de las semillas. La población en la terraza deteriorada presentó una mayor frecuencia relativa de individuos en las categorías de 0–1 m³, mientras que la población de la terraza conservada presentó la mayor frecuencia relativa en las categorías de 20-60 m³. Con respecto a la germinación, las semillas recién colectadas tuvieron una germinación mayor que las semillas almacenadas durante 12 meses. De manera similar, la germinación fue mayor en suelo de la terraza conservada o en suelo colectado debajo de *Castela tortuosa*, en comparación con el suelo de la terraza deteriorada o el suelo colectado en espacios abiertos. Es necesario realizar trabajos adicionales, tanto en campo como en laboratorio, para complementar la información demográfica de esta especie.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar algunas características demográficas de las poblaciones de *Castela tortuosa*, que crece en dos terrazas aluviales con distinto grado de deterioro.

2.2. Objetivos Particulares

- Determinar la densidad y estructura de tamaños en dos terrazas aluviales.
- Cuantificar el número promedio de frutos por individuo en cada una de las terrazas.
- Medir el tamaño de los frutos en ambas terrazas.
- Cuantificar el contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos de los frutos.
- Determinar el porcentaje de germinación de las semillas en el laboratorio.
- Estimar la sobrevivencia de las plántulas en distintas condiciones ambientales encontradas en las terrazas aluviales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la Especie

Castela tortuosa pertenece al Orden Sapindales y a la Familia Simaroubaceae, se caracteriza por ser un arbusto que puede medir de 0.4 a 2.0 m de alto (Medina y Chiang 2001). Presenta una corteza amarga y generalmente de color grisáceo, sus ramas son alternas con una espina terminal recta, mientras que las ramas jóvenes presentan espinas laterales. Las hojas son pequeñas y están aglomeradas en las axilas de las espinas. El haz de la hoja es lustroso, el envés es blanquecino y la nervadura principal generalmente es amarillenta. Presenta inflorescencias con 2-3 flores que pueden medir hasta 4.0 mm de largo. Las flores son de color anaranjado rojizo, aunque se han reportado de color rojo o morado (Arias 2000). El fruto es una drupa de 7.0 mm de largo y 6.0 mm de ancho aproximadamente, tiene forma ovoide–aplanada, de color rojo llamativo y sólo presentan una semilla. Las semillas presentan la testa reticulada y dura (Fig. 2). La floración y fructificación se presentan a lo largo de todo el año (Medina y Chiang 2001).

Se distribuye desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Sudamérica. En México se encuentra en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas y Puebla. Habita en el matorral xerófilo y el bosque tropical caducifolio, principalmente en suelo rocoso calizo y en elevaciones que van de 700 a 2100 msnm (Medina y Chiang 2001). En particular, en el Valle de Zapotitlán de las Salinas se encuentra generalmente en las zonas donde se encuentra el matorral espinoso (Arias

2000), el palmar de *Brahea nitida* (López-Galindo et al. 2003), la selva baja con espinas laterales y en las tetecheras de *Neobuxbaumia tetetzo* (Oliveros 2000).

Esta planta, conocida localmente como palo amargoso, chaparro amargoso, arbusto de chivos o venenillo (Medina y Chiang 2001), es ampliamente utilizada por los pobladores locales para tratar distintas enfermedades (Paredes 2001). Generalmente, las partes usadas son la corteza, las ramas y las hojas, aunque también puede utilizarse toda la planta (Standley, 1923; citado en Medina y Chiang 2001). Preparada en infusión o té puede ser utilizada para controlar la diabetes (Arias 2000, Paredes 2001) y para impresiones fuertes como sustos o enojos, respectivamente. De la corteza se ha obtenido la droga Castamargnina, la cual es útil para tratamientos antiamebianos (Medina y Chiang 2001), desparasitantes (Arias 2000), contra la disenteria, la diarrea (Martinez 1969) y gusanos intestinales (Paredes 2001). Esta planta también puede ser empleada para el tratamiento de otras enfermedades como el paludismo, las fiebres y los eczemas (Arias 2000).



Figura 2.- Características de *Castela tortuosa*. a. Individuo adulto; b. Flores y hojas; c. Frutos; d. Semilla; e. Individuo joven.

3.2 Descripción del Área de Estudio

Dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán se encuentra el Valle de Zapotitlán de las Salinas, localizado en la parte occidental (18° 20' E, 97° 28' O), a una altura promedio de 1550 msnm (Casas et al. 2001). El valle está constituido por un mosaico de diferentes asociaciones vegetales debido a amplias diferencias climáticas y a una alta heterogeneidad de sustratos. En general, estas asociaciones han sido consideradas exclusivas para el valle, ya que existe un gran número de especies endémicas (Osorio et al. 1996).

El clima es de tipo seco semicálido, con lluvias de verano (BShw) y una oscilación térmica que varía entre 5° y 7° C. La temperatura media fluctúa entre 17.6° y 23.7° C. La precipitación media anual es de 412.2 mm y cuenta con la presencia de una canícula a mitad del periodo de lluvias (López-Galindo et al. 2003).

Los suelos son someros y pedregosos con diferentes niveles de alcalinidad y salinidad, producto de la influencia de los sustratos geológicos presentes en el sitio. Se han reportado litosoles, cambisoles cálcicos y xerosoles cálcicos, así como regosoles y fluvisoles calcáricos formados por materiales transportados derivados de sedimentos aluviales (García 2002).

La comunidad vegetal más importante en el valle es el matorral xerófilo (Rzedowski 1978), en donde la cactácea columnar *Neobuxbaumia tetetzo* y las leguminosas *Prosopis laevigata* y *Cercidium praecox* son algunas de las especies dominantes (UBIPRO 2000).

3.2.1 Terrazas Aluviales

Se localizan en la parte media de la cuenca, a una altitud promedio de 1480 msnm. Están formadas por sedimentos recientes de relieve ondulado a recto y pendientes bajas. Su naturaleza litológica es variada e incluye elementos clásticos derivados del intemperismo y erosión de calizas, lutitas, areniscas, así como de materiales ígneos basálticos y metamórficos del tipo de esquistos micáceos y gneis. Se reportan temperaturas medias entre los 19.8° y 24°C y una precipitación entre 370 y 410 mm anuales. Las unidades de suelos identificados son fluvisol y regosol calcáricos profundos formados por el transporte y depósito de sedimentos fluviales, de grosores y texturas variados, dominando las clases texturales franco arenosas, con contenidos medios de materia orgánica. La vegetación dominante corresponde a mezquitales y selva baja de *Prosopis laevigata* y *Cercidium praecox*. Además, existen otras especies importantes como *Myrtillocactus geometrizans*, *Castela tortuosa*, *Opuntia puberula*, *Cercidium praecox* y *Stenocereus stellatus*. Actualmente, estos sistemas ecológicos presentan estados de conservación que varían entre los mínimamente deteriorados hasta los muy degradados. (López-Galindo et al. 2003 y UBIPRO 2002).

De acuerdo con UBIPRO (2001), las terrazas han sido clasificadas en A, B, C y D, según el nivel de conservación que presentan. En el presente trabajo se utilizaron las terrazas A y D, la primera se considera como conservada y se encuentra cerca del pueblo de Zapotitlán de las Salinas, la segunda es considerada como degradada y se ubicada cerca del Jardín Botánico "Helia Bravo", a 30 km al sur de la ciudad de Tehuacán (Fig. 3).

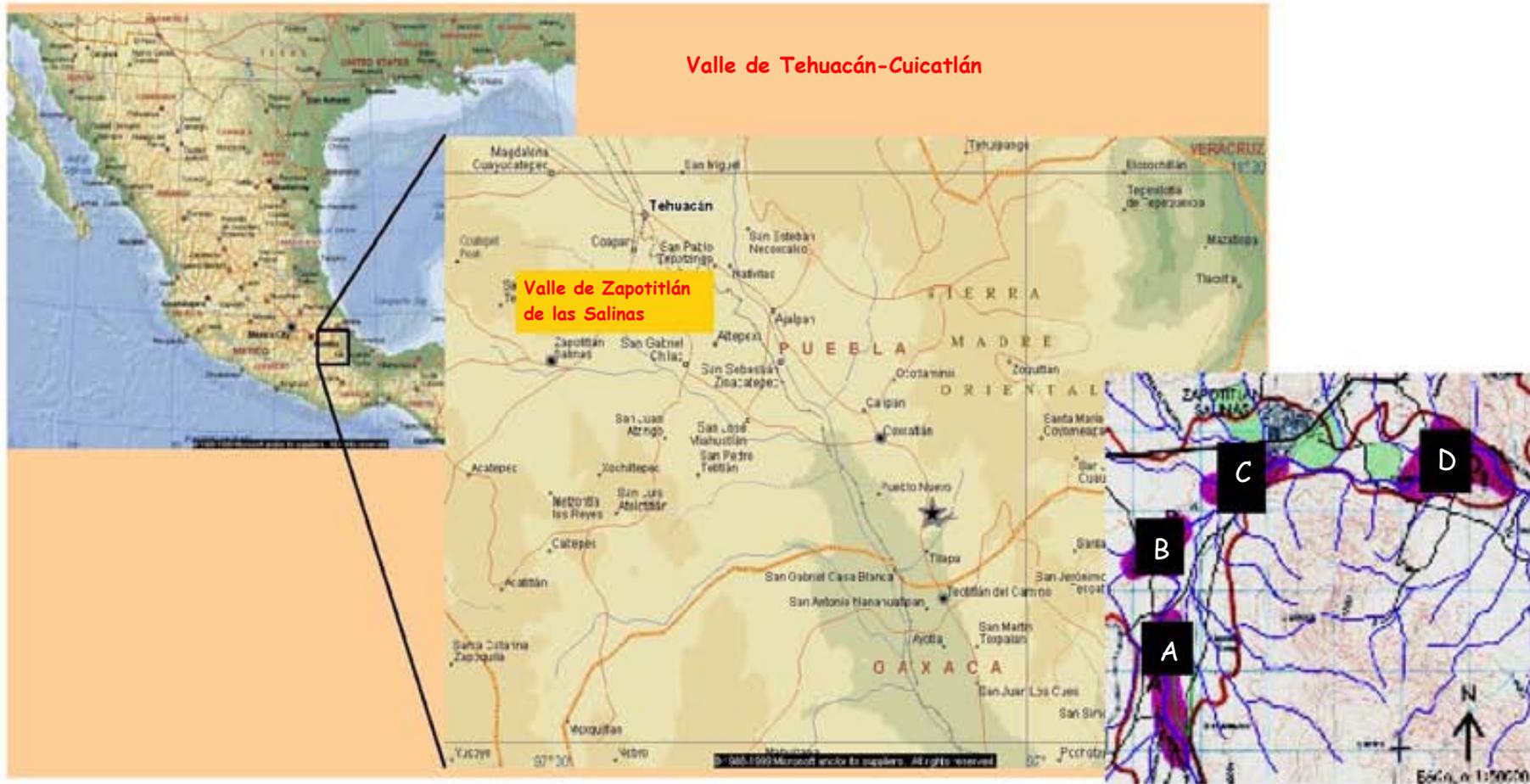


Figura 3.- Ubicación del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, en donde se muestran las terrazas aluviales A, B, C y D. El trabajo se realizó específicamente en las terrazas A y D.

3.2.2 Terraza Conservada (Zona A)

Son sitios en donde no existen evidencias claras de deterioro. Los rasgos fisiográficos están representados por una terraza aluvial con relieve llano o ligeramente ondulado. Los materiales geológicos (sedimentos aluviales) aún conservan sus estructuras primarias con nula o poca alteración. Los suelos presentan una morfología completa. La vegetación presenta una estructura fisonómica bien definida, mayor diversidad y riqueza específica. El tipo de vegetación dominante es el matorral espinoso, con asociaciones de *Prosopis laevigata* con *Cercidium praecox*, *Prosopis laevigata* con *Myrtillocactus geometrizans*, *P. laevigata* con *Beaucarnea gracilis* y *P. laevigata* con *Neobuxbaumia tetetzo* (UBIPRO 2001; Fig. 4).



Figura 4.- Terraza conservada (Zona A) en donde se llevó a cabo el trabajo en Zapotitlán, de las Salinas, Puebla.

3.2.3 Terraza Deteriorada (Zona D)

En estas áreas es donde se observan los mayores niveles de deterioro debido a cambios en el uso del suelo, en su mayor parte están formadas por sedimentos arcillosos derivados de lutitas y calizas. En la actualidad, son parcelas que, por la pérdida de fertilidad natural han sido abandonadas. El subsuelo manifiesta procesos de colapsamiento, la fragmentación de las terrazas aluviales se encuentran en su máximo nivel. Se comienzan a manifestar cambios físicos que alteran el relieve formando montículos separados y en la época de lluvias se desarrolla una serie de canales o redes de avenamiento muy reticuladas, que favorecen el drenaje superficial pero que limita la infiltración, incrementando el proceso de deterioro físico y químico hasta formar paisajes conocidos como “Tierras Malas” (UBIPRO 2001; Fig. 5).



Figura 5.- Terraza deteriorada (Zona D), en donde se llevó a cabo el trabajo, en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

En la tabla 3 se muestra la comparación de algunos parámetros físicos del suelo y la riqueza florística entre ambas terrazas.

Tabla 3.- Riqueza florística y parámetros físicoquímicos del suelo de las terrazas conservada y deteriorada. (Modificado de UBIPRO 2001).

Parámetro	Terraza Conservada	Terraza Deteriorada
Riqueza florística	28 familias- 44 especies	17 familias -28 especies
Materia orgánica	0.98%	1.4%
Nivel de degradación	Poco degradado	Muy degradado
Pérdida de suelo	10.07%	11.5%
pH	7.53	8.24
Salinidad	0.4%	20.2%
Arcillas	8%	26%
Nitrógeno total	0.5202%	0.2758%
Conductividad eléctrica	0.86 Ds/ m	33.46 Ds/ m
Fósforo total	33.58 ppm	36.21 ppm
Cobre	0.109 ug/g	0.291 ug/g
Manganeso	16.6 ug/g	6.6 ug/g
Zinc	4.5 ug/g	1.2 ug/g

3.3 Densidad y Estructura de Tamaños

El trabajo de campo se realizó de marzo de 2004 a marzo de 2005. Para determinar la densidad y estructura de tamaños, se realizaron 3 transectos de 50 x 10 m en cada una de las terrazas. Dentro de cada transecto, los individuos encontrados de *C. tortuosa* fueron etiquetados, contados y medidos. Para la medición, se tomaron 2 diámetros perpendiculares de la copa y la altura total de la planta. Con los datos obtenidos se determinó la densidad de *C. tortuosa* en cada terraza, como el promedio del número de individuos por transecto y se realizó una prueba de χ^2 para conocer si existen diferencias en las densidades

de ambas terrazas. Con respecto a la estructura de tamaños, se calculó el volumen de cada individuo empleando la siguiente fórmula:

$$v = 1/6 * \pi * h * (3 r^2 + h^2)$$

En donde:

v = volumen

h = altura total de la planta

r = radio

$\pi = 3.1416$

Se decidió utilizar dicha fórmula para el cálculo de los volúmenes debido a que era la que mejor describía la forma de los individuos. Para calcular r^2 se utilizaron las mediciones de los diámetros perpendiculares y la siguiente fórmula:

$$r^2 = (d1 / 2) * (d2 / 2)$$

En donde:

d1 = diámetro 1 de la copa

d2 = diámetro 2 de la copa

Una vez calculados los volúmenes, los individuos se clasificaron en las siguientes categorías de tamaño (en m³):

- | | | |
|--------------|-----------|-----------|
| 1) < 0.01 | 6) 1-5 | 11) 40-50 |
| 2) 0.01-0.05 | 7) 5-10 | 12) 50-60 |
| 3) 0.05-0.1 | 8) 10-20 | 13) > 60 |
| 4) 0.1-0.5 | 9) 20-30 | |
| 5) 0.5-1 | 10) 30-40 | |

Estas categorías se definieron considerando el rango de datos obtenidos en campo. Para conocer si existían diferencias significativas en la estructura de tamaños entre ambas terrazas se realizó una prueba de χ^2 .

3.4 Producción de Frutos por Individuo

En cada una de las terrazas se realizó una estimación del número total de frutos por individuo. Para esto, cada una de las plantas de *C. tortuosa* se dividió imaginariamente en 2-4 secciones de tamaño relativamente similar. De estas secciones, se eligió una al azar para contar el número de frutos. El número total de frutos por planta se determinó multiplicando el número de frutos encontrado en la sección seleccionada al azar, por el número de secciones en las que se dividió el individuo. Estas estimaciones se realizaron en febrero y octubre de 2004, así como en febrero de 2005. Con estos datos se calculó el número promedio de frutos por individuo y se comparó mediante una prueba de χ^2 para determinar si existían diferencias entre las terrazas y los meses del año.

3.5 Características de los Frutos

3.5.1 Tamaño

Para determinar si existían diferencias significativas en el tamaño de los frutos de *C. tortuosa* entre ambas terrazas, se seleccionaron aleatoriamente 10 frutos para medir el largo y el ancho con un vernier. Los datos obtenidos fueron analizados con una prueba de "t".

3.5.2 Contenido Nutricional

Para la caracterización del contenido nutricional se colectaron frutos maduros de *C. tortuosa* en la terraza conservada y la terraza deteriorada. Los frutos de ambas terrazas fueron cortados directamente de la planta y colocados en bolsas de plástico, las cuales fueron puestas en hielo. En el laboratorio, los frutos se descongelaron y se les separó la cáscara y la pulpa de la semilla. La cáscara y la pulpa se pesaron y se colocaron en cajas Petri, en una estufa a temperatura constante de 70°C, hasta alcanzar un peso seco constante. Posteriormente, el extracto fue molido hasta obtener un polvo fino el cual fue colocado en una estufa para evitar su hidratación. El extracto fue analizado mediante el método de micro-Kjeldahl (González 2000, Izaki 1993 y Levery 2000), para cuantificar el contenido de proteínas. Para los lípidos totales se utilizó el método Soxhth (González 2000) y para los carbohidratos totales se empleó el método de Antrona (Osborne 1986). Los porcentajes de proteínas, lípidos y carbohidratos de los frutos colectados en la terraza conservada y deteriorada fueron comparados con un análisis de la varianza, previa transformación arco seno de los datos para cumplir con los requisitos de la prueba estadística.

3.6 Germinación de las Semillas

Ensayos preliminares realizados en el laboratorio mostraron que la germinación de las semillas de *C. tortuosa* es prácticamente nula. El pre-tratamiento que permitió la mejor germinación de las semillas fue la escarificación mecánica

con tijeras, por medio de las cuales se cortó un extremo lateral de la testa. Debido a lo anterior, todas las semillas empleadas en los experimentos que se describen a continuación fueron escarificadas por este método. Estos experimentos incluyen la evaluación de diversos factores como el tiempo de almacenamiento, el tipo de suelo, y la aplicación de ácido giberélico, los cuales podrían influir en la germinación de las semillas.

3.6.1 Semillas Recién Colectadas

Para evaluar la germinación de las semillas recién colectadas se obtuvieron frutos maduros en la terraza conservada y deteriorada durante febrero de 2005. Los frutos fueron colectados directamente de la planta y puestos en bolsas de papel para su traslado al laboratorio. En el laboratorio, los frutos se procesaron manualmente para separar la cáscara y la pulpa de las semillas, éstas últimas fueron lavadas con agua corriente y secadas a temperatura ambiente. Para cada terraza (conservada y deteriorada) se realizaron 3 réplicas, las cuales consistieron de una caja Petri con 10 semillas y agrolita como sustrato para la germinación.

Las cajas se colocaron bajo condiciones ambientales de luz y temperatura. Se revisaron diariamente para contar el número de semillas germinadas y cuando fue necesario se agregó agua corriente para mantener condiciones constantes de humedad. Una semilla se consideró germinada cuando se observó la presencia de la radícula. Con los datos obtenidos se realizó una prueba de “t”

para comprobar si existían diferencias en la germinación entre las semillas colectadas en ambas terrazas.

3.6.2 Semillas Almacenadas

El efecto del tiempo de almacenamiento se evaluó comparando la germinación de semillas almacenadas durante 12 meses, con la germinación de semillas colectadas recientemente (0 meses). Durante febrero de 2005, se colectaron frutos maduros de *C. tortuosa* en la terraza deteriorada. El procesamiento de los frutos y la obtención de semillas se hicieron siguiendo los protocolos descritos anteriormente (3.6.1). Las semillas obtenidas en 2004 fueron almacenadas en bolsas de papel, en un lugar fresco y seco. Para cada tratamiento, 0 y 12 meses de almacenamiento, se realizaron 3 réplicas en cajas Petri con 10 semillas cada una. Este experimento no pudo realizarse para la terraza conservada, debido a que no se contaba con un número suficiente de semillas. A los datos obtenidos se les realizó una prueba de “t” para saber si existían diferencias en la germinación de semillas con 0 y 12 meses de almacenamiento.

3.6.3 Tipo de Suelo

Para evaluar el efecto del tipo de suelo sobre la germinación, se realizó un experimento con 4 tratamientos: 1) suelo de la terraza conservada colectado en espacios desprovistos de vegetación, 2) suelo de la terraza conservada colectado debajo de *C. tortuosa*, 3) suelo de la terraza deteriorada colectado en

espacios desprovistos de vegetación y 4) suelo de la terraza deteriorada colectado debajo de *C. tortuosa*. El suelo fue colectado en cada una de las terrazas con pala y depositado en costales de yute, para su posterior traslado al laboratorio. En el laboratorio, se colocó en un lugar seco y a temperatura ambiente hasta su utilización (30 días). Las semillas utilizadas en este experimento se colectaron en la terraza conservada en febrero de 2004. No se utilizaron semillas de la terraza deteriorada debido a que el número de semillas era insuficiente. Las semillas fueron colectadas y procesadas de acuerdo con los protocolos descritos anteriormente (3.6.1).

Para cada uno de los tratamientos se realizaron 3 réplicas, cada una de las cuales consistió de una charola de plástico con 100 semillas sin testa. Las charolas se colocaron bajo condiciones ambientales de luz y temperatura. La germinación se registró diariamente y en caso de ser necesario se aplicó agua corriente para mantener condiciones constantes de humedad. Con los datos obtenidos se realizó una prueba de “t” para conocer si existían diferencias significativas entre los tratamientos experimentales.

3.6.4 Ácido Giberélico

Para evaluar el efecto del ácido giberélico se realizó un experimento en el que se colocaron semillas en 5 tratamientos: 0, 500, 1000, 1500 y 2000 ppm de ácido giberélico al 98%. Para este experimento, se colectaron frutos maduros de *C. tortuosa* en la terraza deteriorada durante marzo de 2005, los cuales fueron cortados directamente de la planta y puestos en bolsas de papel. En el

laboratorio, se separó la cáscara y pulpa de la semilla, estas últimas fueron lavadas con agua corriente. Posteriormente las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 30% durante 5 minutos y lavadas con agua destilada. Para cada tratamiento se realizaron 3 réplicas en cajas Petri con 10 semillas cada una. Este experimento no pudo realizarse para la terraza conservada, debido a que no se contaba con un número suficiente de semillas. Las semillas fueron colocadas en una solución de agar-agar y ácido giberélico en las distintas concentraciones, de acuerdo con los tratamientos experimentales. Las cajas fueron selladas con cinta adhesiva y puestas bajo condiciones ambientales de luz y temperatura. La duración del experimento fue de un mes, debido a que durante este lapso la germinación se mantuvo constante. Los datos obtenidos fueron analizados con una prueba de χ^2 para conocer si había diferencias en la germinación entre los tratamientos.

3.7 Supervivencia de las Plántulas en Campo

Las plántulas obtenidas en el experimento del efecto del suelo sobre la germinación (3.6.3) fueron utilizadas para analizar la supervivencia en el campo. Dichas plántulas fueron aclimatadas gradualmente a periodos prolongados de exposición a la radiación solar y baja cantidad de humedad a lo largo de 30 días. Después de este tiempo, las plántulas fueron llevadas a cada una de las terrazas en septiembre de 2004, en donde fueron colocadas en lugares desprovistos de vegetación y debajo de *C. tortuosa*. Después de esto, se realizaron censos por lo menos cada 8 -15 días aproximadamente, durante 2 meses, para registrar el número de plántulas sobrevivientes. Los datos

obtenidos fueron analizados con la prueba de Peto y Peto (Pyke y Thompson, 1986), para determinar si existían diferencias en la sobrevivencia entre las terrazas y las condiciones ambientales en las que fueron colocadas las plántulas.

4. RESULTADOS

4.1 Densidad y Estructura de Tamaños

El número total de individuos muestreados en ambas terrazas fue de 234. Los datos obtenidos mostraron que no existen diferencias significativas en la densidad de *C. tortuosa* entre las terrazas ($\chi^2 = 0.004$, g.l. = 1, $p = 0.95$). La densidad en la terraza conservada fue de 0.96 ± 0.014 (media \pm error estándar) individuos/m², mientras que en la deteriorada fue de 0.62 ± 0.0002 individuos/m².

La estructura de tamaños fue diferente entre las dos poblaciones ($\chi^2 = 79.9$, g.l.= 12, $p < 0.05$). La terraza deteriorada presentó una mayor frecuencia relativa de individuos en las categorías de 0–1 m³. Por el contrario, la terraza conservada presentó una mayor frecuencia relativa de individuos en las categorías de 20–60 m³ (Fig. 6).

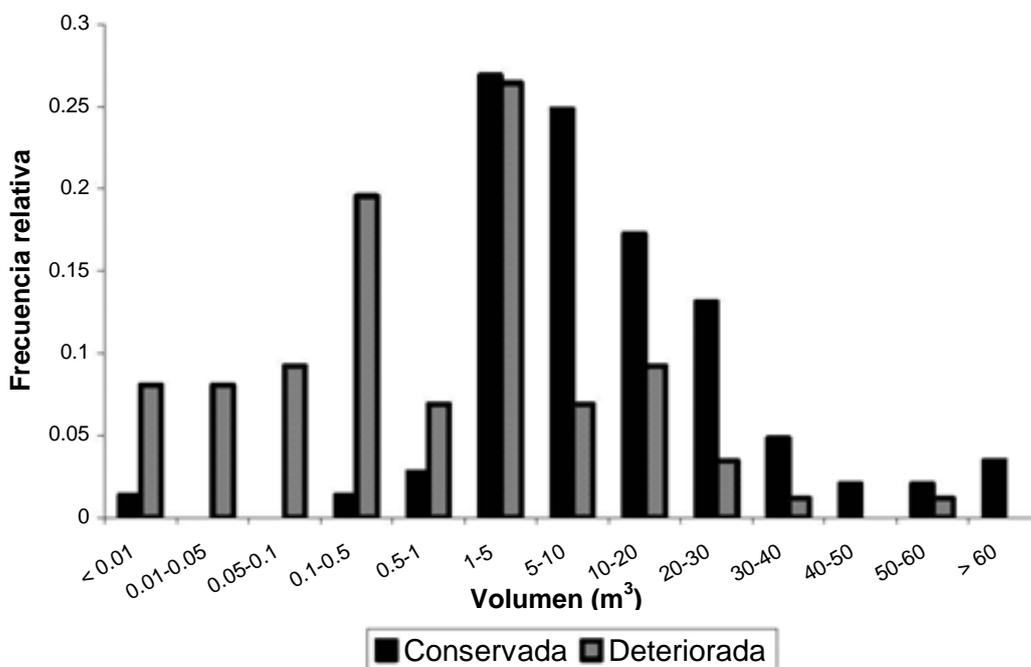


Figura 6.- Estructura de tamaños de *C. tortuosa* creciendo en una terraza conservada y una terraza deteriorada en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

4.2 Producción de Frutos por Individuo

El análisis del número de frutos por individuo mostró que no existe un efecto significativo del tipo de terraza ($\chi^2 = 0.01$, g.l.= 1, $p = 0.2$) y el tiempo ($\chi^2 = 2.9$, g.l.= 2, $p = 0.2$), pero si de la interacción de ambos factores ($\chi^2 = 7.6$, g.l.= 2, $p = 0.02$).

Las plantas creciendo en la terraza conservada produjeron un mayor número de frutos en febrero de 2004, mientras que las plantas de la terraza deteriorada produjeron el mayor número de frutos en febrero de 2005. Las plantas en ambas terrazas produjeron un número similar de frutos durante octubre de 2004 (Fig. 7).

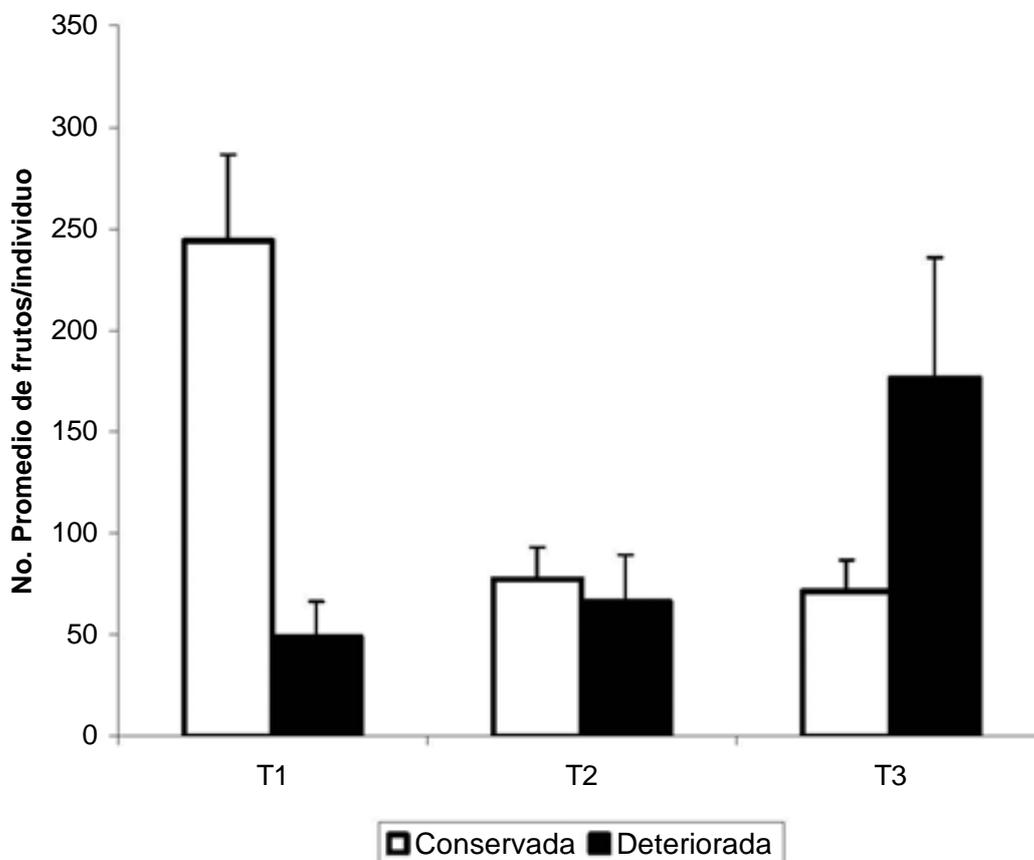


Figura 7.- Número promedio (\pm error estándar) de frutos producidos por individuo de *C. tortuosa* en la terraza conservada y deteriorada en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. T1 = Febrero de 2004, T2 = Octubre de 2004 y T3 = Febrero de 2005.

4.3 Características de los Frutos

4.3.1 Tamaño

Los frutos colectados en la terraza conservada y deteriorada no fueron diferentes en el largo ($t = 1.14$, g.l. = 14, $p = 0.18$) y el ancho ($t = 2.02$, g.l. = 18, $p = 0.06$). El largo promedio de los frutos en la terraza conservada fue de 1.0 ± 0.03 cm ($n = 10$), mientras que en la deteriorada fue de 0.9 ± 0.06 cm ($n = 10$). El ancho de los frutos en la terraza conservada fue de 0.8 ± 0.03 cm ($n = 10$) y en la terraza deteriorada fue de 0.7 ± 0.04 cm ($n = 10$).

4.3.2 Contenido Nutricional

El análisis de los datos mostró que no existen diferencias significativas en la composición de lípidos, carbohidratos y proteínas, en los frutos de *C. tortuosa* colectados en la terraza deteriorada y en la terraza conservada ($F = 0.12$, g.l. = 2, 12, $p = 0.9$).

Los frutos en ambas terrazas presentaron porcentajes relativamente altos de carbohidratos (Terraza conservada: $59 \pm 1.7\%$, Terraza deteriorada: $56 \pm 3.2\%$), porcentajes intermedios de lípidos (Terraza conservada: $29 \pm 1.2\%$, Terraza deteriorada: $27 \pm 2.2\%$) y porcentajes bajos de proteínas (Terraza conservada: $3.8 \pm 10.3\%$, Terraza deteriorada: $3.6 \pm 0.5\%$; Fig. 8).

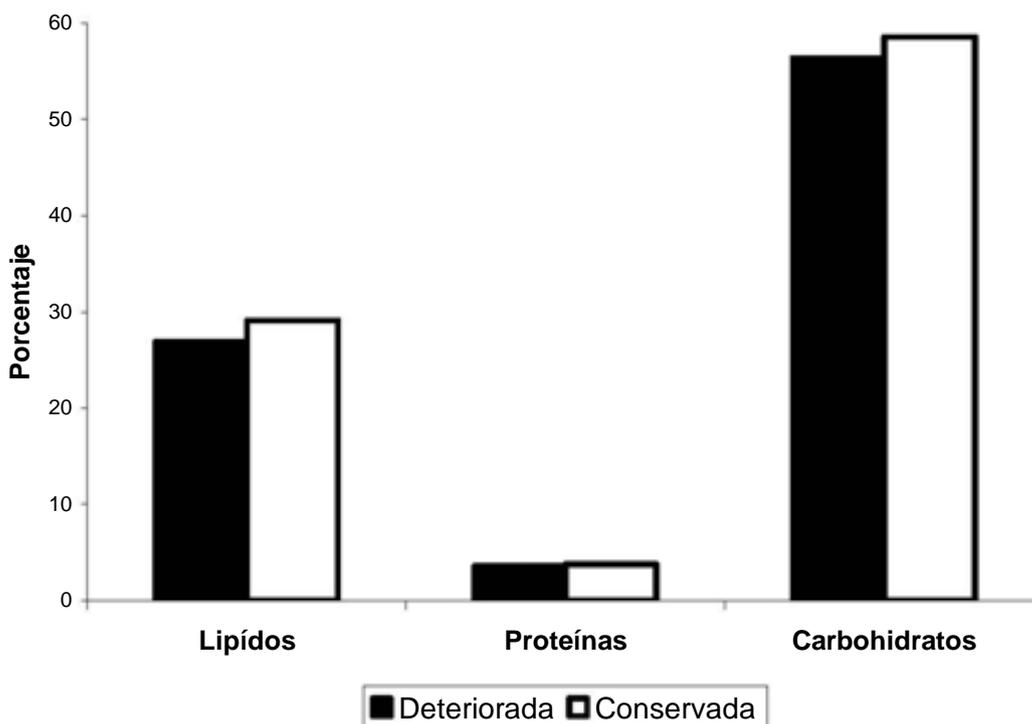


Figura 8.- Porcentaje (\pm error estándar) de lípidos, proteínas y carbohidratos encontrados en los frutos de *C. tortuosa* colectados en la terraza una deteriorada y una conservada en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

4.4 Germinación de las Semillas

4.4.1 Semillas Recién Colectadas

La germinación de las semillas colectadas en ambas terrazas comenzó hasta el cuarto día después de iniciado el experimento. A partir de este día, la germinación incrementó diariamente hasta el día 10, en donde se presentó la máxima germinación (Fig. 9). Ésta se mantuvo constante hasta el día 13. La proporción promedio de semillas germinadas fue de 0.8 en aquellas colectadas en la terraza deteriorada, mientras que la proporción de semillas germinadas para las semillas colectadas en la terraza conservada fue de 0.5. No obstante lo anterior el análisis mostró que no existen diferencias significativas en la proporción de semillas germinadas, entre las terrazas ($F = 3.7$, g.l. = 1, 4, $p = 0.13$).

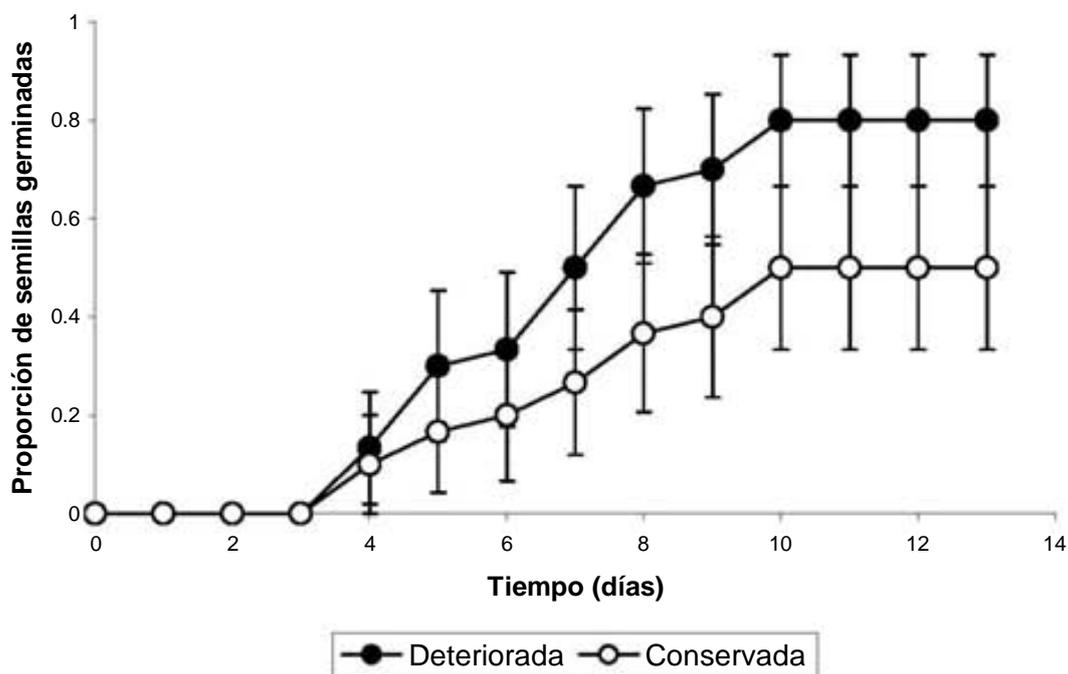


Figura 9.- Proporción de semillas germinadas a partir de semillas recién colectadas de *C. tortuosa* en las terrazas deteriorada y conservada en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

4.4.2 Semillas Almacenadas

Para las semillas colectadas en la terraza deteriorada con 12 meses de almacenaje, la germinación comenzó a partir del día 3 después de iniciado el experimento. Del día 4 al 6 se mantuvo constante, y a partir de este último día se mostró un incremento hasta el día 10, en donde se presentó la máxima germinación, manteniéndose constante hasta el día 13 (Fig. 10).

La germinación de las semillas con 0 meses de almacenaje comenzó a partir del día 2 después de iniciado el experimento. A partir de este día la germinación mostró un incremento diario hasta el día 9 en donde alcanzó la máxima germinación manteniéndose también hasta el día 13 (Fig. 10).

Los resultados obtenidos mostraron que existen diferencias en la germinación de las semillas sin almacenamiento y las semillas almacenadas durante 12 meses. Las semillas con 0 meses de almacenamiento presentaron una mayor germinación, (0.7) en comparación con las de 12 meses (0.23). Estas diferencias fueron significativas ($F = 16.7$, g.l. = 1, 4, $p = 0.02$)

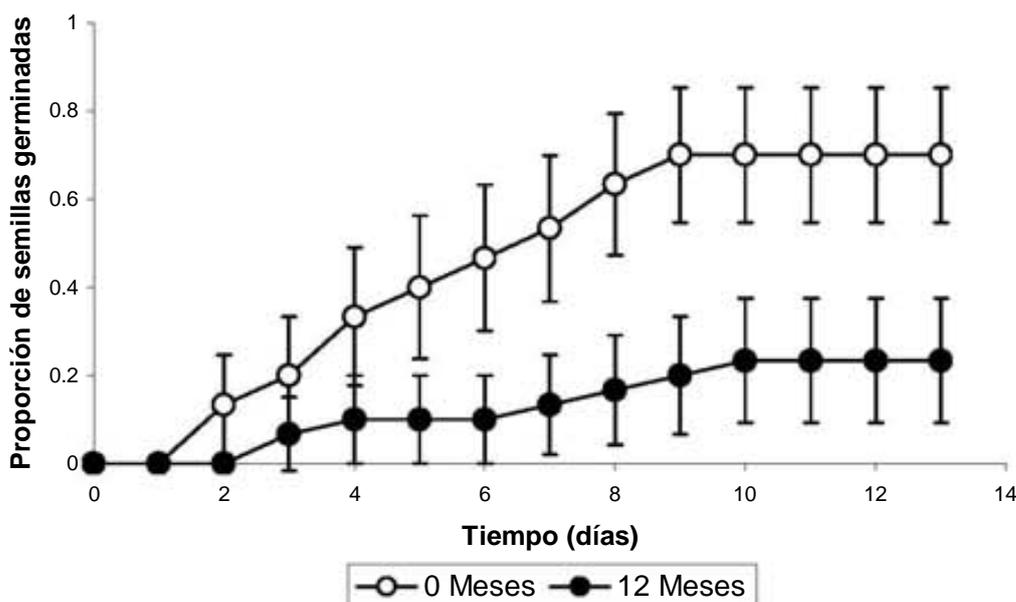


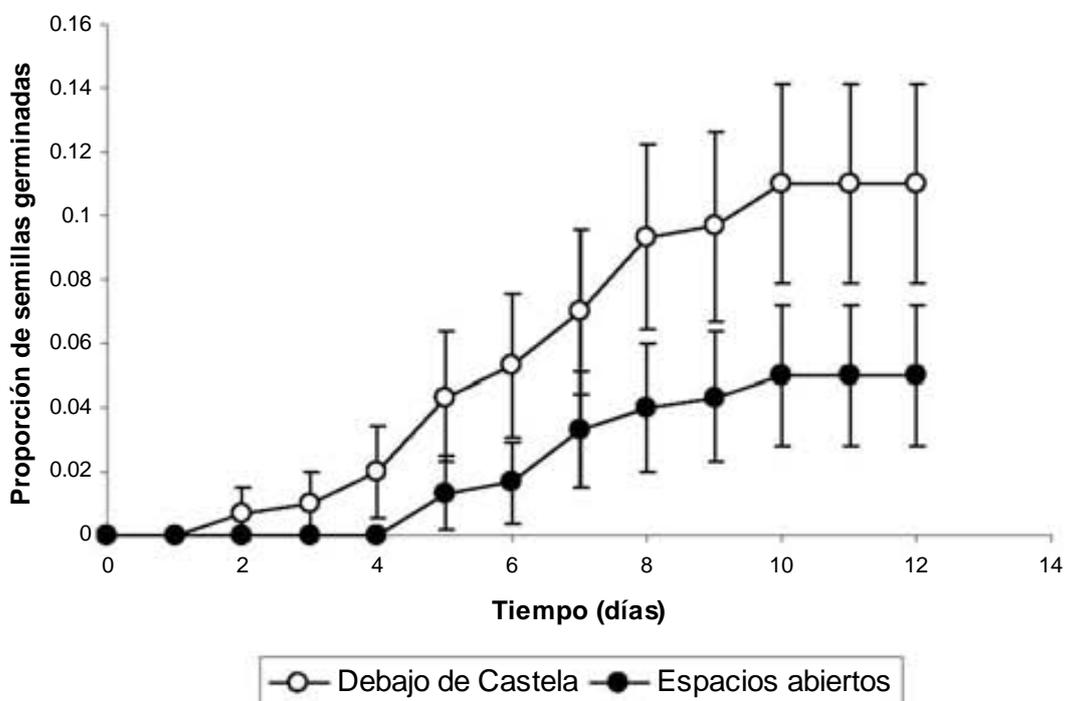
Figura 10.- Proporción de semillas germinadas de *C. tortuosa* a partir de semillas colectadas con 0 y 12 meses de almacenaje en la terraza deteriorada en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

4.4.3 Efecto del Suelo

El análisis estadístico mostró que la proporción de semillas germinadas fue mayor en el suelo de la terraza conservada que en el de la deteriorada ($F = 66.5$, g.l. = 1, 8, $p < 0.00001$). Asimismo el análisis también mostró que las semillas debajo de *Castela tortuosa* presentaron una mayor proporción de semillas germinadas en comparación con la proporción de las semillas de los espacios abiertos ($F = 16$, g.l. = 1, 8, $p = 0.004$). La interacción de ambos factores no fue significativa ($F = 0.0006$, g.l. = 1,8, $p = 0.98$).

La germinación de las semillas en suelo colectado debajo de *Castela tortuosa* comenzó antes (día 2-3 después de iniciado el experimento) que la de las semillas en el suelo colectado en espacios abiertos (día 4-5 después de iniciado el experimento), independientemente de la terraza que se trate. En todos los tratamientos, la máxima germinación se alcanzó el día 9-10 (Fig. 11).

A



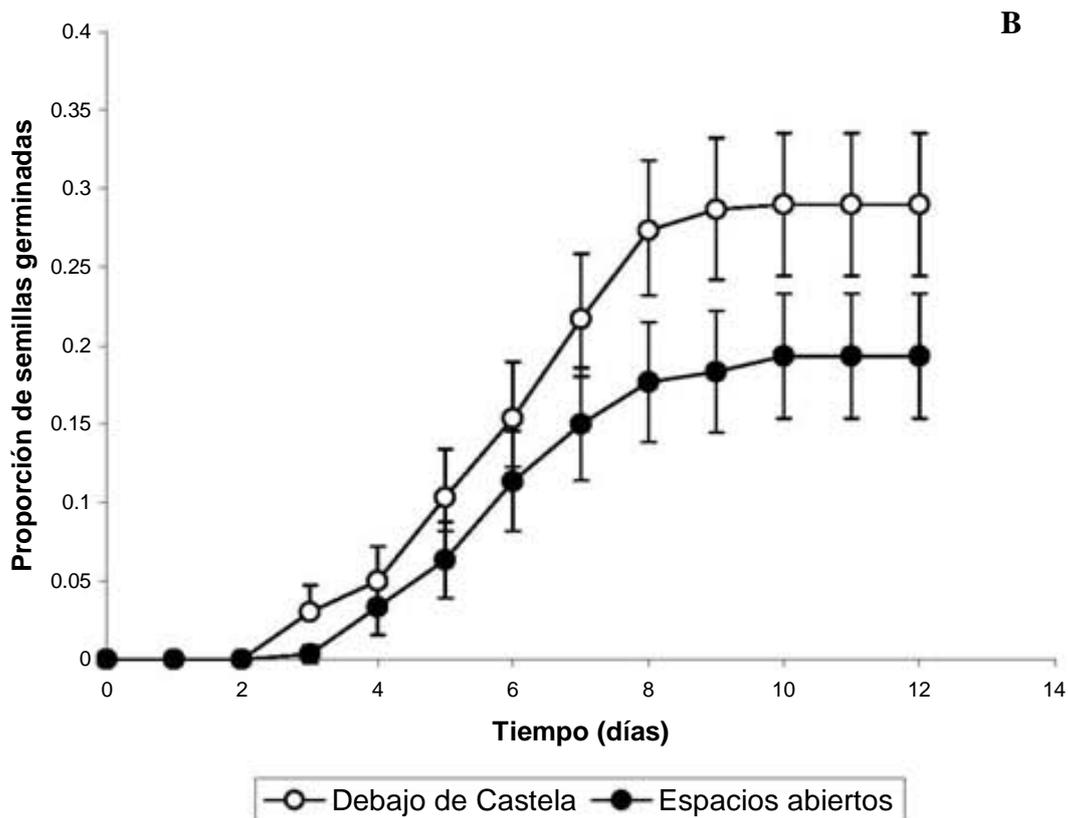


Figura 11.- Proporción de semillas germinadas de *C. tortuosa* colectadas en suelo de la terraza deteriorada **(A)** y en suelo de la terraza conservada **(B)**, así como en espacios abiertos (círculos rellenos) y debajo de *Castela tortuosa* (círculos vacíos).

4.4.4 Efecto del Ácido Giberélico

El análisis estadístico mostró que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos experimentales ($\chi^2 = 0.86$, g.l. = 4, $p = 0.9$). Ninguno de los tratamientos empleados (500, 1000, 1500 y 2000 ppm de ácido giberélico al 98%), incrementó la germinación de las semillas en comparación con el tratamiento control (0 ppm).

4.5 Supervivencia de las Plántulas en Campo

Los resultados obtenidos mostraron que no existen diferencias significativas en la supervivencia de las plántulas en espacios desprovistos de vegetación y debajo de *Castela tortuosa* en ambas terrazas ($\chi^2 = 0.9$, g.l. = 3, $p = 0.8$). La supervivencia de las plántulas fue baja y siguió un comportamiento similar en ambas terrazas. Las plántulas permanecieron vivas únicamente por 10-15 días (Fig. 12).

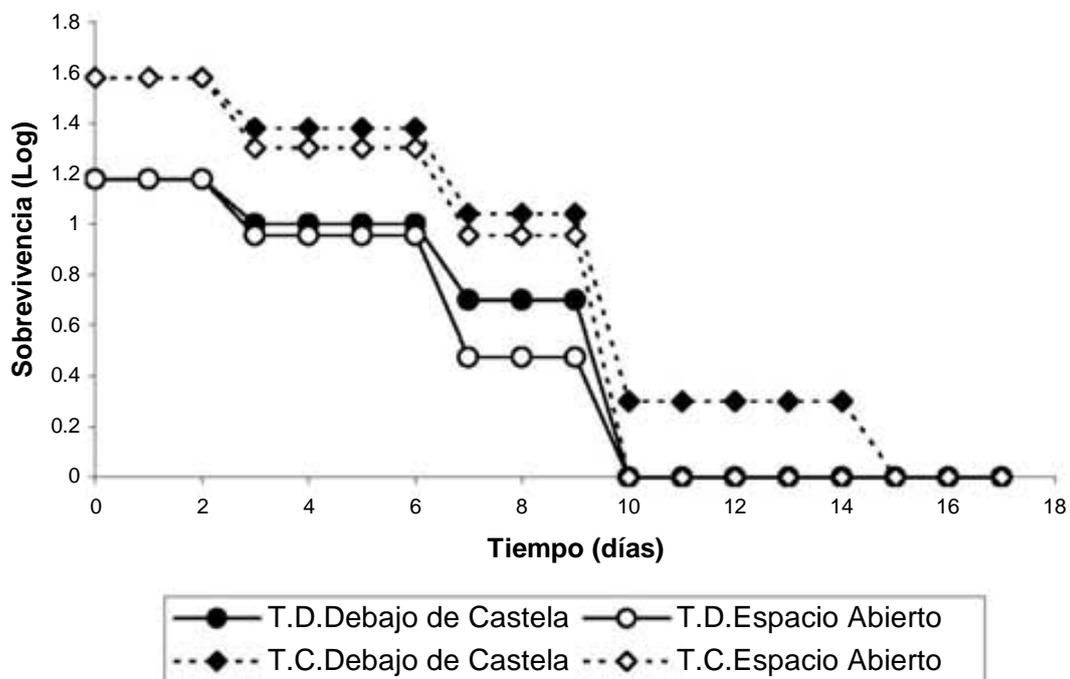


Figura 12.- Supervivencia de las plántulas de *C. tortuosa* en espacios abiertos (símbolos abiertos) y debajo de *Castela tortuosa* (símbolos rellenos) en la terraza conservada (rombos y línea punteada) y la terraza deteriorada (círculos y línea continua) en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mostraron que no existen diferencias en la densidad promedio de *C. tortuosa* creciendo en la terraza conservada (0.96 individuos/m²) y en la terraza deteriorada (0.62 individuos/m²), por lo que el número de individuos por unidad de área es similar en ambas terrazas. Estos datos difieren de los obtenidos por Oliveros (2000), quién trabajando en las terrazas aluviales reportó densidades de *C. tortuosa* que variaron desde 0.008 individuos/m² hasta 0.015 individuos/m². Asimismo, Osorio et al. (1996) estimaron la densidad de *C. tortuosa* en 7 diferentes tipos de ambientes del Valle de Zapotitlán, encontrando 0.0008 individuos/m² en el matorral espinoso con espinas laterales, 0.02 individuos/m² en la tetechera, 0.024 individuos/m² en la selva baja espinosa perennifolia y 0.006 individuos/m² en la tetechera-cardonal. Por último, Paredes (2001) reportó una densidad de 0.058 individuos/m² en este mismo valle. Las diferencias encontradas en la densidad de *C. tortuosa* entre los distintos trabajos pueden deberse a los métodos empleados, así como a la amplia variación espacial y temporal existente en la zona (Osorio et al. 1996).

La estructura de tamaños fue diferente en ambas terrazas. La frecuencia relativa de individuos < 1 m³ fue mayor en la terraza deteriorada que en la conservada, lo cual sugiere que la población de *C. tortuosa* en esta terraza podría estar creciendo debido a la elevada proporción de individuos jóvenes. Por el contrario, la frecuencia relativa de individuos de tamaño pequeño (< 1 m³) en la terraza conservada fue casi nula. Esta terraza presentó la mayor frecuencia relativa de individuos en las categorías de 20-60 m³. Las diferencias

observadas entre las terrazas podrían deberse a distintos factores como la textura del suelo y el microclima, los cuales podrían afectar la germinación, la sobrevivencia de las plántulas y el crecimiento de los individuos. Los suelos de textura franco arcillosa presentes en la terraza deteriorada podrían favorecer las primeras etapas del ciclo de vida de *C. tortuosa*, en comparación con los de textura franco arenosa de la terraza conservada. Sin embargo, los suelos de textura franco arcillosa podrían posteriormente afectar el crecimiento de los individuos en comparación con los de textura franco arenoso. Estos efectos podrían explicar el cambio en las frecuencias relativas de los individuos observado entre las terrazas. En este sentido existen trabajos en los que se comparten estas ideas, como el de Sanders (1998) quien reportó que *Castela emoryi* se encuentra en dunas y en sitios como llanos y zonas aluviales, en donde los suelos son de textura arenosa y no salina. Así mismo Osorio et al. (1996) mencionan que la distribución de las especies vegetales en el Valle de Zapotitlán responde a la capacidad de los suelos para permitir la germinación y la sobrevivencia. Lo anterior, sugiere que el tipo de suelo es un factor que podría influir en el establecimiento de *C. tortuosa*. Con respecto al microclima, la dominancia de *Prosopis laevigata* en la terraza deteriorada podría jugar un papel importante en el reclutamiento, ya que las plántulas bajo su dosel podrían beneficiarse por el incremento de materia orgánica y humedad generado por esta especie (Garner y Steinberger 1991). En este sentido, Sanders (1998) reportó que las plantas de *Castela emoryi* necesitan de la presencia de un árbol o arbusto como el mezquite que actúe como nodriza para permitir su crecimiento. En el Valle de Zapotitlán de las Salinas, *Prosopis laevigata* es una planta nodriza que permite el establecimiento de distintas especies de plantas

perennes (Sánchez 2005), por lo que también podría estar contribuyendo al establecimiento de *C. tortuosa*. Es necesario realizar trabajo de campo para confirmar o rechazar las ideas anteriores. Además, es necesario conocer la relación entre la edad y el tamaño de los individuos y cómo varía dependiendo de las condiciones ambientales de las terrazas.

La producción de frutos por individuo varió dependiendo de la terraza y el año estudiados. Durante febrero y octubre de 2004, las plantas creciendo en la terraza conservada tuvieron una mayor producción de frutos que las de la terraza deteriorada. Por el contrario, durante febrero de 2005 las plantas de la terraza deteriorada tuvieron una mayor producción de frutos que las de la terraza conservada. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la precipitación pluvial ocurrida en 2004, ya que aparentemente las lluvias fueron pocas, pero copiosas y torrenciales ocasionando la caída de las flores y evitando la formación de los frutos del siguiente año. Este efecto fue mayor en el caso particular de la terraza conservada, pues las plantas se encuentran generalmente en espacios abiertos y no cuentan con la protección brindada por otras especies como *Priposis laevigata*. Durante 2003, las lluvias torrenciales ocurridas en los primeros meses del año en el Valle de Zapotitlán de las Salinas también afectaron la producción de frutos de *P. laevigata* en las terrazas aluviales (UBIPRO 2001, Sánchez 2005).

Las diferencias ecológicas existentes entre la terraza conservada y deteriorada, aparentemente no afectan el tamaño de los frutos, ya que no se encontraron diferencias significativas en el largo y ancho de los frutos colectados en ambas

terrazas. De manera similar, el contenido de lípidos, carbohidratos y proteínas no difiere entre los frutos colectados en la terraza conservada y deteriorada. Los frutos de *C. tortuosa* presentaron un mayor contenido de carbohidratos seguido por proteínas y por último lípidos. Otras especies dentro de la familia Simaroubaceae difieren en la composición de sus frutos. Así por ejemplo, *Brucea javanica* presenta 19% de carbohidratos, 3.4% de proteínas y 2% de lípidos, mientras que *Picrasma quassioides* presenta 42% de lípidos, 5% de carbohidratos y 2.4% de proteínas (Corlett 1996). Estos resultados sugieren que las características de los frutos, en términos de lípidos, proteínas y carbohidratos, varían ampliamente dentro de la familia. Aunque estas diferencias también pueden ser resultado de las técnicas empleadas en su caracterización.

En términos generales, la germinación de las semillas de *C. tortuosa* fue baja en todos los ensayos realizados en el presente trabajo (<50%). Las semillas de *C. tortuosa* pueden presentar latencia debida a la presencia de una testa impermeable (Sanders 1998), así como por la presencia de ciertos compuestos químicos inhibidores de la germinación (taninos; Guerrero 1959, Novoa 1928). Además, los datos sugieren que ciertos factores externos como las características del suelo también podrían estar afectando este proceso. Con respecto a la presencia de una testa impermeable, los ensayos preliminares en el laboratorio mostraron que las semillas sin testa tendían a presentar porcentajes de germinación ligeramente mayores que las con testa. Esta evidencia sugiere que la testa podría estar afectando el intercambio de agua y oxígeno, y comprimiendo el embrión (Azcon-Bieto 1996, Camacho 1994). Sanders (1998) sugiere que *C. emoryi* presenta una testa gruesa que inhibe la

germinación, por lo que las semillas deben ser consumidas por animales herbívoros como camellos, caballos, cabras y burros para ser escarificadas y facilitar dicho proceso. Zarco (com. pers.) analizando el contenido de las excretas de los mamíferos carnívoros del Valle de Zapotitlán de las Salinas, encontró que el coyote (*Canis latrans*), la zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y el mapache (*Procyon lotor*), consumen los frutos de *C. tortuosa*. Sin embargo, la germinación de las semillas consumidas por estos animales es baja en comparación con las semillas escarificadas y sin escarificar.

Diversos estudios han reportado que la presencia de taninos en las semillas de distintas especies de plantas inhibe la germinación (Camacho 1994, Harborne 1986, Hemingway 1988). En este sentido, las giberelinas son compuestos naturales presentes en las plantas que afectan, regulan y modulan distintos procesos relacionados con el crecimiento. Debido a lo anterior, se ha sugerido que la adición de ácido giberélico es un tratamiento que puede contrarrestar el efecto negativo de los taninos, induciendo la germinación de las semillas (Camacho 1994). Los resultados mostraron que las semillas de *C. tortuosa* no germinaron con ninguna de las concentraciones empleadas, por lo que la germinación podría estar afectada por otros factores. El almacenamiento de las semillas también puede contribuir a disminuir el efecto negativo de los compuestos inhibidores de la germinación (Camacho 1994). Sin embargo, el almacenamiento de las semillas de *C. tortuosa* tampoco incrementó la germinación significativamente, en comparación con las semillas recién colectadas. Es posible que las semillas con 12 meses de almacenamiento

hayan perdido la capacidad de germinar (Delouche 2002), por lo que es necesario realizar otros trabajos para evaluar detalladamente el efecto del almacenamiento sobre la germinación.

Además de lo anterior, los resultados obtenidos sugieren que las características del suelo pueden jugar un papel importante en la germinación. Las semillas colocadas en suelo de la terraza conservada tuvieron una germinación mayor que las semillas en suelo de la terraza deteriorada. Así mismo se presentó una mayor proporción de semillas germinadas en el suelo colectado debajo de *C. tortuosa* que en el suelo colectado en espacios abiertos. Las diferencias existentes en algunas características del suelo (textura, salinidad) entre las terrazas podrían afectar la cantidad de agua disponible y, por tanto, el proceso germinativo de las semillas (UBIPRO 2000).

Los resultados anteriores sugieren que la germinación de las semillas de *C. tortuosa* es un proceso complejo que puede ser afectado por diversos factores internos y externos. En este sentido es necesario realizar otros experimentos, en laboratorio y campo, que permitan conocer los tipos de latencia presentes en las semillas y los pre-tratamientos germinativos necesarios para romper dicha latencia. Igualmente es necesario determinar las condiciones físicas y biológicas en las cuales ocurre la germinación en condiciones naturales.

La sobrevivencia en campo de las plántulas en la terraza conservada y deteriorada en general fue baja, debido a que sólo permanecieron vivas por 10-15 días. Sin embargo las plántulas colocadas debajo de *Castela* sobrevivieron más días en comparación con las colocadas en espacios abiertos. En el año en

que se llevaron las plántulas a las terrazas la precipitación pluvial para la temporada de lluvias en la zona fue baja, por lo que sugiere que la humedad del suelo juega un papel importante en esta etapa, ya que si no se encuentra la cantidad suficiente la sobrevivencia será baja. Sanders (1998) menciona que *Castela emoryi* depende de la precipitación de verano para el establecimiento de sus plántulas, ya que ésta promueve el desarrollo de una raíz profunda y el crecimiento de las mismas.

En general, los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que no existen diferencias en las poblaciones de *C. tortuosa* creciendo en una terraza conservada y en una terraza deteriorada, ya que se encontró una similitud para la mayoría de las características demográficas estudiadas como la densidad, la producción de frutos por individuo, el tamaño del fruto, el contenido nutricional y la sobrevivencia. Sin embargo si existió una diferencia en la estructura de tamaños y germinación entre las terrazas. Se recomienda ampliar esta información para esta especie en más sitios dentro del Valle de Zapotitlán de las Salinas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, T. A. 2000. Las Plantas de Zapotitlán Salinas, Puebla: Un folleto de divulgación sobre botánica y conservación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Folleto 72. 47 p.
- Azcon-Bieto, J. y Talon, M. 1996. Fisiología y Bioquímica Celular. Mc. Graw-Hill Interamericana de España. 435-448 pp.
- Barrera, O. S. 1966. Estudio de la sustancia insípida del chaparro amargoso (*Castela tortuosa* Liemb). Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. 18 p.
- Camacho, F. 1994. Dormición de Semillas; Causas y Tratamientos. Trillas. México. 62-65 pp.
- Calzado-Flores, C., Verde-Star, J., Lozano-Garza, G. y Segura-Luna, J. J. 1998. Preliminary Actue Toxicological Study of *Castela texana*. *Proc. West. Pharmacol. Soc.* 41: 77-78.
- Casas, A., Valiente-Baunet, A., Viveros, J. L., Dávila, P., Lira, R. y Caballero, J. 2001. Plant Resources of the Tehuacan Valley, México. *Economic Botany*. 55:129-166.
- Corlett, R.T. 1996. Characteristic of vertebrate-dispersed fruits in Hong Kong. *Journal Tropical Ecology*. 12:819-833.

Coronado, Z. P. 1990. Acción del Chaparro Amargoso (*Castela tortuosa* Liebm.) en la fasciolosis experimental del conejo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 35 p.

Chaudhuri, S. K. and Kubo, I. 1992. Two quasinoïd glucosides from *Castela tortuosa*. *Phytochemistry*. 31 (11):3961.

Delouche, J. C. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. *Seed news*. http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66_esp.shtml. Citado en Roldán 2004.

de Mayo, P. et al.,. *Can. J. Chem.*, 1965, 43, 2996.

García-Martínez, M. G. 2002. Mapeo y caracterización de los suelos de las terrazas aluviales del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 78 p.

Garner, W. y Steinberger, Y. 1991. A prosopal mechanism for the formation of "fertile islands" in the desert ecosystem. *Journal of Arid Environments*. 16:257-262.

Geissman, T. A. et al.,. *J. Org. Chem.*, 1961, 26, 1217.

Geissman, T. A. and George, A. E. 1962. The structure of chaparrin, and a note on glaucarubol. *Tetrahedron Lettters*. 3:1083-1088.

González, M. y Peñalosa, I. 2000. Biomoléculas. Métodos de análisis. Universidad Nacional Autónoma de México. 142 p.

Guerrero, P. M. A. 1959. Principio amargo del chaparro amargoso. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. 40 p.

Harborne, J. B. 1986. The flavonoids. Advances in Research since 1986. Published by Chapman & Hall. London. 605-606 pp.

Hemingway, R. W. and Karchesy, J. J. 1998. Chemistry and Significance of Condensed Tannins. Plenum Press, New York. 369 p.

Izaki, I. 1993. Influence of no protein nitrogen on estimation of protein from total nitrogen in fleshy fruits. *Journal of Chemical Ecology*. 19:2605-2615.

Krazov, J. J. 1962. Productos de degradación al principio amargo de *Castela tortuosa* (Chaparro amargo). Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. 35 p.

Krebs, C. J. 1985. Ecología. Estudio de la Distribución y la Abundancia. 2ª ed. Harla, Harper & Row. Latinoamericana. México. 753 p.

Kubo, I. 1990. Methods in Plant Biochemistry. vol. 6. Hostettmann K. Academic Press. London. 179 pp.

Kubo, I., Murai, Y. and Chauhuri, K. 1992. Structure of chaparramarin, a quassinoid from *Castela tortuosa*. *Phytochemistry*. 31 (9):3262-3264.

Kubo, I. J. *Liq. Chromatorgr.*, 1992, 15 (15/16), 2855.

Kubo, I. and Chaudhuri, K. S. 1992. A quassinoid glucoside from de bark of *Castela tortuosa*. *Phytochemistry*. 32 (1):215-217.

Kubo, I., Murai, Y. and Chaudhuri, K. S. 1993. Castelin, a quassinoid from *Castela tortuosa*. *Phytochemistry*. 33 (2):461-463.

Lara, F. y Márquez, C. 1996. Plantas Medicinales de México, Composición, Uso y Actividad Biológica. Dirección General de Publicaciones. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 35-36 pp.

Leverly, D. et al. 2000. Conversión of nitrogen to protein and amino acids in wild fruits. *Journal of Chemical Ecology*. 7:1749-1763.

López-Galindo, F., Muñoz-Iniestra, D., Hernández-Moreno, M., Soler-Aburto, A., Castillo-López, Ma. del C., Hernández-Arzate, I. 2003. Análisis integral de la toposecuencia y su influencia en la distribución de la vegetación y la

degradación del suelo en la Subcuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Tomo LVI. Num 1. 19-41 pp.

Martínez, M. 1969. Las Plantas Medicinales de México. 5ª ed. Botas. México. 100-103 pp.

Margalef, L. R. 1985. Ecología. Omega. Barcelona España. 951 p.

Medina, R. y Chiang F. 2001. Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Simaroubaceae A. DC. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 32: 1-5 pp.

Mitchel, R. E., Stöcklin, M. S. and Geissman, T. A. 1971. Chaparrolide and Castelanolide, new bitter principles from *Castela nicholsoni*. *Phytochemistry*. 10 (2):411.

Novoa, R. E. 1928. El Chaparro amargoso: *Castela texana* Rose. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. 55 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. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 94 p.

Osborne, D. R. 1986. Análisis de nutrientes de los alimentos. Acribia. España. 136-138 pp.

Osorio, O., Valiente-Banuet, 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*. 59:35-38

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. 111 p.

Pérez, V. A. F. 2004. Aspectos demográficos de dos poblaciones de *Stenocereus stellatus*, una cactácea endémica del centro de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 38 p.

Polonsky, J., *Bull. Soc. Chim. France*, 1965, 2793.

Polonsky, J., *Progr. Chem. Org. Nat. Prod.*, 1973, 30, 101.

Pyke, D. A. y Thompson, J. N. 1986. Statical análisis of sirvual and renoval rate experiments. *Ecology*. 67:240-245.

- Ramos, G. M. E. 1962. Contribución al estudio del principio amargo de *Castela tortuosa* (Chaparro amargoso). Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. 34 p.
- Roldán, M. M. P. 2004. Patrones demográficos de *Prosopis laevigata* en un ambiente fragmentado del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 40 p.
- Rosas, R. I. 2004. Modelos bioclimáticos de especies potencialmente importantes para la reforestación en el Valle de Zapotitlán, Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 41 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 237-249 pp.
- Sánchez, de la V. G. 2005. Establecimiento de *Prosopis laevigata* en Zapotitlán de las Salinas, Puebla: Efecto de la dispersión por burros y el microambiente bajo arbustos. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 54 p.
- Sanders, C. A. 1998. CRUCIFIXION THORN *Castela emoryi* (Gray) Moran and Felger [*Holacantha emoryi*] http://www.ca.blm.gov/pdfs/cdd_pdfs/crucif1.PDF. Fecha de consulta: marzo del 2004.

Spencer, C.F. et al., *Lloydia*, 1947, 10, 145.

Thomas, C. E. 1975. *Ecología y Biología de Poblaciones*. Interamericana. Mc. Graw Hill. México. 182 p.

Informe UBIPRO 2000. Evaluación del Deterioro Ambiental Restauración y Conservación Ecológica y Manejo sustentable de Recursos Naturales en la Subcuenca Baja de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Unidad de Biotecnología y Prototipos.

Informe UBIPRO 2001. Evaluación del Deterioro Ambiental Restauración y Conservación Ecológica y Manejo sustentable de Recursos Naturales en la Subcuenca Baja de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Unidad de Biotecnología y Prototipos.

Informe UBIPRO 2002. Evaluación del Deterioro Ambiental Restauración y Conservación Ecológica y Manejo sustentable de Recursos Naturales en la Subcuenca Baja de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Unidad de Biotecnología y Prototipos.

Valiente-Banuet, A., Casas, A., Alcántara, A., Dávila, P., Flores-Hernández, N., Arizmendi, Ma. del C., Villaseñor., J. L., y J. Ortega, R. J. 2000. *La Vegetación*

del Valle de Tehuacán Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*.
67:24- 74.

Virrreal, M. L. et al .*Fitoterapia*, 1992, 63 (6), 518.