

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

“EFECTO DE LA PROCEDENCIA, LA POBLACION, LA LONGITUD DE  
ONDA Y EL TRATAMIENTO PREGERMINATIVO EN LA  
GERMINACION DE DOS ESPECIES DEL GÉNERO *Yucca spp*”.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I Ó L O G O

P R E S E N T A :  
JOSEFINA VIRRUETA NARANJO

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN  
ECOLOGÍA VEGETAL

DIRECTORA DE TESIS: M. EN C. MA. SOCORRO OROZCO ALMANZA

México, D. F.

2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## DEDICATORIA

A Dios: Cantaré eternamente las misericordias del Señor, proclamaré su fidelidad por siempre. Sal. 89

A mi familia

A mis Profesores

A todos aquellos que me brindaron su apoyo para la culminación de este trabajo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a las personas que me ayudaron durante el proceso de elaboración del presente trabajo

A mi directora de tesis M. en C. Maria del Socorro Orozco Almanza, por su paciencia, apoyo, amistad y todas sus enseñanzas.

A los miembros del jurado: Dr. Arcadio Monroy Ata, M. en C. Rosalba García Sánchez, M. en C. Susana Luna R. y Biól. Balbina Vázquez Benítez por sus revisiones y aportaciones.

Así como al Dr. Eloy Solano Camacho, Dr. Abisai García – Mendoza, Ing. Francisco Camacho Morfin, por su ayuda y colaboración con comentarios e información que fueron útiles para corregir y mejorar el presente trabajo

Al biólogo Roberto Ramos González, por su apoyo en la elaboración de graficas y figuras.

A todo el personal del laboratorio de Biofísica de la FES “Zaragoza”, así como a la Biól. Maribel Flores Estrada por su apoyo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Un agradecimiento especial en memoria del M. en C. Leonardo Escalante García, por su valiosa asesoría y ayuda en la elaboración del análisis estadístico. Descanse en paz.

# ÍNDICE

	Pag.
Resumen	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. ANTECEDENTES	5
2.1 Características generales del género y la especie	5
2.1.1 Descripción botánica	5
2.1.2 Clasificación y descripción botánica <i>Yucca filifera</i> y <i>Yucca periculosa</i>	5
2.1.3 Distribución del género en México	6
2.1.4 Distribución de las especies <i>Yucca filifera</i> y <i>Yucca periculosa</i> en México	7
2.1.5 Condiciones ecológicas en los que se distribuye el género	7
2.1.5.1 Clima	7
2.1.5.2 Suelo	7
2.1.5.3 Vegetación	8
2.2 Aspectos biológicos sobre las especies	8
2.2.1 Polinización y reproducción	8
2.2.2 Germinación	9
2.2.3 Factores que influyen en la germinación	9
a) Viabilidad	9
b) Latencia	10
c) Luz	11
d) Temperatura	13
e) Humedad	14
f) Aireación	14
2.3 Crecimiento postemergente	14

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2.3.1	Establecimiento y factores que lo regulan	14
2.3.2	Etapa juvenil y adulta	15
2.4.	Necesidades de Investigación	15
2.5	Importancia económica y usos	16
2.6	Ensayos de procedencia	16
2.7	Métodos para la recolección de semillas	18
	Muestreo poblacional	19
	Muestreo individual	20
2.8	Selección de especies para la reforestación	20
	III PROBLEMÁTICA	23
	IV HIPÓTESIS	24
	V OBJETIVOS	25
	VI METODOLOGÍA	26
6.1	Recolecta de germoplasma	26
6.2	Ensayos para la evaluación de germoplasma	27
6.2.1	Número de semillas por kilogramo	27
6.2.2	Desinfección de semillas	27
6.2.3	Viabilidad	28
6.2.4	Germinación	28
6.2.5	Crecimiento postemergente	29
6.2.6	Análisis estadístico	30
	VII RESULTADOS	31
7.1	Análisis físico y biológico de las semillas de las dos especies del género <i>Yucca</i> . bajo estudio en relación a la procedencia y a la población	31
7.1.1	Número de semillas sanas por kilogramo	31

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

7.1.2	Viabilidad	31
7.1.3	Resultados del análisis factorial donde los principales factores fueron procedencia tratamiento pregerminativo y longitud de onda	32
7.2.1	Porcentaje de Germinación	32
	a) Efecto individual de los factores	32
	b) Efecto de las interacciones	32
7.2.2	Número promedio de días para que emerja la radícula	36
	a) Efecto de los factores individuales.	36
	b) Efecto de las interacciones en el número promedio de días para que emerja la radícula	38
7.2.3	Longitud de raíz	42
	a) Efecto de los factores individuales	42
	b) Efecto de las interacciones	43
7.2.4	Longitud de vástago	46
	a) Efectos de los factores individuales	46
	b) Efectos de las interacciones	
7.3	Resultados del análisis factorial donde los principales factores fueron población tratamiento pregerminativo y longitud de onda	50
7.3.1	Porcentaje de germinación	50
7.3.2	Número promedio de días para que emerja la radícula	52
7.3.3	Longitud de Vástago	54
7.3.4	Longitud de raíz	55
7.4	Sobrevivencia , altura y número de hojas de plantas de <i>Yucca filifera</i> y <i>Yucca periculosa</i> de un año de edad	56
7.4.2	Altura	58
7.4.3	Número de hojas	59

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

7.5	Resumen comparativo del efecto de los factores: procedencia y población sobre cada una de las variables estudiadas en la <i>Yucca filifera</i> y <i>Yucca periculosa</i>	60
VIII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
IX.	CONCLUSIONES	71
X.	BIBLIOGRAFÍA	73

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## Resumen

El presente trabajo se realizó en la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal y tuvo como objetivo determinar el efecto de la procedencia, la población, el tratamiento pregerminativo y la longitud de onda en la germinación y el crecimiento postemergente de *Yucca filifera* y *Yucca periculosa*. El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero. Se utilizó una cámara de crecimiento para las pruebas de germinación, así como luz de diferente color para simular las diferentes longitudes de onda. Las plantas recién germinadas se transplantaron a vivero y durante un año se midió: sobrevivencia, altura y número de hojas.

De los resultados obtenidos se concluye que la procedencia es el principal factor que determina el porcentaje y el número promedio de días para que emerja la radícula, así mismo, en las plántulas, favorece la longitud de la raíz y del vástago, la sobrevivencia, la altura y el número de hojas. Las semillas de la procedencia de el Limón fueron las que presentaron las mejores características. La población, en cambio no presentó un efecto claro sobre estas variables. Por otro lado, las dos especies presentaron diferentes grados de latencia en sus semillas, en el caso de *Yucca periculosa*, esta fue eliminada con  $\text{KNO}_3$  y remojo en agua; en cambio, en *Yucca filifera* no se observó ningún tipo de latencia.

*Yucca periculosa* procedente de el Limón, presentó los más altos porcentajes de germinación bajo la incidencia de las tres longitudes de onda estudiadas; en cambio, *Yucca filifera* de Zacatepec y *Yucca periculosa* de Santiago, solamente presentaron altos porcentajes de germinación bajo la incidencia de las longitudes de onda de la luz blanca y de la luz amarilla. Finalmente la interacción de todos los factores propició incrementos significativos en la germinación, longitud de raíz, longitud de vástago y porcentaje de sobrevivencia.

## I. INTRODUCCIÓN

El género *Yucca* pertenece a la familia *Agavaceae* y está representada por 50 especies a nivel mundial, de las cuales, 30 aproximadamente crecen en las zonas áridas y semiáridas de México (García-Mendoza, 1992).

Actualmente, las poblaciones de las especies de este género, han disminuido significativamente; debido a que constituyen recursos forestales muy demandados, por su potencialidad para producir fibras de buena calidad que se utilizan en la fabricación de mecates, costales, cepillos y tapetes (Maiti, 1995); así mismo de la raíz se obtiene un extracto que puede emplearse como sustituto del jabón (amole); los tallos ó troncos se utilizan en general para la construcción de chozas, cercas ó corrales y por su alto contenido de celulosa también se utilizan en la elaboración de papel; la flor y el fruto se utilizan como fuente de alimento y aceites; las semillas tienen un alto contenido de sarsapogenina de la cual se aísla el principio activo de los anticonceptivos (Bravo, 1978).

El manejo no controlado de las especies de este género y las tasas de crecimiento lentas de los individuos jóvenes (5-6 cm /año); podrían propiciar a mediano y largo plazo su extinción (Aragón y García, 1973). La regeneración natural se da principalmente, a partir de semillas, aunque también se presenta la regeneración asexual; sin embargo, se conocen poco los factores que controlan la germinación, tanto bajo condiciones naturales, como bajo condiciones de invernadero. Los escasos estudios del género *Yucca* que se han realizado en México, reportan que las semillas presentan porcentajes de germinación menores al 50%, debido a la presencia de latencia física impuesta por una cubierta dura impermeable al agua y a los gases. Estos porcentajes de germinación bajos, aunados a las tasas de crecimiento lentas, dificultan su cultivo en invernadero. Aragón y García (1973), mencionan que la latencia de las semillas puede eliminarse con la aplicación de tratamientos pregerminativos tales como el remojo en agua, tiourea y nitrato de potasio, que pueden incrementar los porcentajes de germinación por arriba del 80%, así mismo se reporta que las semillas del género presentan sensibilidad a la luz de diferentes longitudes de onda, presentándose mejores porcentajes de germinación en el intervalo entre la luz visible y la luz roja. (Bonner, 1974 *et. al.*)

Por otro lado, los bajos porcentajes de germinación de algunas especies en condiciones naturales, también están relacionados con la baja viabilidad de las semillas, la cual es impuesta por las condiciones ecológicas donde las plantas madre se desarrollan (Weiner *et al.*, 1977).

Es importante mencionar que el área de distribución del género *Yucca*, ha sido perturbada principalmente por la sobreexplotación de algunos recursos vegetales; así como por el sobrepastoreo, lo que ha propiciado que en muchos lugares donde crecen las especies, en forma natural, se presenten suelos pobres en nutrimentos y, deficientes en humedad, dando como resultado final el desarrollo de individuos poco vigorosos con producciones de semillas poco viables. De aquí la necesidad de seleccionar aquellas procedencias y poblaciones que tengan las mejores características de germoplasma cuya potencialidad responda satisfactoriamente a la propagación sexual bajo condiciones de invernadero, así como a su posterior establecimiento en el campo.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1- Características generales del género y la especie.

#### 2.1.1 Descripción botánica del género *Yucca*

El género *Yucca*, pertenece a la familia *Agavaceae* orden Asparagales y clase Liliopsida. Se caracteriza por presentar plantas perennes, acaules o con un tronco leñoso, simple o ramificado, con numerosas hojas, linear - lanceoladas o linear- oblanceoladas, dispuestas en el ápice del tallo o de sus ramas, planas o convexas, por lo general rígidas, en ocasiones delgadas y suaves, a menudo con una espina apical, márgenes córneos o provistos de filamentos, inflorescencia en panícula erecta o colgante, pedicelos con una brácteola basal; flores hermafroditas ampliamente campanuladas, segmentos del perianto blancos o de color crema a veces con tintes verdosos o rosados, persistentes oblongos a oblongo - elípticos, libres o apenas unidos a la base, planos o ligeramente concavos, los segmentos de la serie interna más anchos; 6 estambres insertados en la base de los segmentos, filamentos claviformes, anteras basifijas con dehiscencia; ovario sésil trilocular, óvulos numerosos, estilo columnar, con tres lóbulos estigmáticos; fruto seco o carnoso, dehiscente o indehiscente; semillas planas de color negro (Dahlgren *et al.*, 1985).

#### 2.1.2 Clasificación y descripción botánica de *Yucca filifera* (Chabaud) y *Yucca periculosa* (Baker).

*Yucca filifera* Chabaud (*Y. australis* Engelm. Trel; *Y. baccata australis* Engelm). Planta arborescente, de 2 hasta más de 10 m de altura, en ocasiones muy ramificadas, hojas linear oblanceoladas, planas o algo convexas, rígidas, de 25 a 65 cm de largo por 1.4 a 3.5 cm de ancho, margen con filamentos, delgados y espiralados hasta de 25 cm de longitud, espinas de 1.3 a 3.5 cm de largo, de color gris, vaina de color café-rojizo, hasta de 5 cm de largo, inflorescencia cilíndrica y colgante, de 1.2 a 1.6 m de largo, glabra o en ocasiones con pedúnculo y pedicelos pilosos, éstos de 1.5 a 3 cm de longitud, segmentos del perianto unidos en 1 o 2 mm de su base, blancos o de color crema, los segmentos de la serie externa elíptico-oblongos, de 3 a 4.7 cm de largo por 8 a 11 mm de ancho, ápice superior agudo y piloso al igual que el tercio superior del margen, los de la serie interna elíptico-ovados, de

3 a 4.5 mm de largo por 9 a 13 mm de ancho con ápices y márgenes similares en la serie externa, fruto oblongo, de 5 a 7.5 cm de longitud; 2.2 a 2.7 cm de diámetro, carnoso, colgante, semillas de color negro brillante de 7 mm de largo aproximadamente. Florece de fines de abril a fines de mayo (Rzedowski, y Rzedowski, 1990)

*Yucca periculosa* (Baker). Planta arborescente, muy ramificada (plantas viejas); ramas ascendentes; algunas veces surculosa; puede alcanzar hasta 15 m de altura. Hojas de 35 a 50 cm de largo por 2 a 3.5 de ancho, glabras, oblongo linear-lanceoladas; margen finamente fibroso. Panícula anchamente ovoide, hasta de un metro de largo, erecta o algo inclinada; compacta; pedicelos de 10 a 15 mm de largo. Flores extendidas, segmentos de perianto generalmente pubescentes, de 3.5 cm de largo por 1 a 1.2 cm de ancho; estilo abrupto, corto. Fruto colgante, oblongo, de 5 a 8 cm de largo por 2.5 a 3.2 cm de diámetro. Florece de marzo a abril en Tehucán, Puebla y de julio a agosto en Perote, Veracruz (Matuda y Piña, 1980).

### 2.1.3 Distribución del Género en México.

El género *Yucca* comprende alrededor de 50 especies, de las cuales 30 aproximadamente crecen en México (García-Mendoza, 1992)

Las especies que prosperan en nuestro país, reciben el nombre de "izote", "palma", "palmilla" etc. El género, se caracteriza porque sus plantas son de tipo xerófilo, las especies viven en zonas con una precipitación inferior a 700 mm, y se desarrollan mejor en los sustratos menos húmedos, como es el caso de *Yucca lacandonica* (epífita). Se reporta que en épocas pasadas, la distribución geográfica del género era muy amplia, pero se fue restringiendo paulatinamente a las regiones desérticas, en donde la competencia con otras plantas es menor (Trelease, (1902-1911); citado por Matuda y Piña, 1980).

Se ha señalado que el centro de dispersión del género se localiza en la Altiplanicie Mexicana, pero su área actual de distribución se extiende desde el río Missouri en los Estados Unidos (cerca de la frontera con Canadá) hasta Centroamérica, las islas Bermudas y las Antillas (Rzedowski, 1962). En México abarca parte de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, Durango, Aguascalientes, San Luis Potosí, Puebla, Oaxaca e Hidalgo (Bravo, 1978).

En la parte central de Baja California son característicos los matorrales con abundancia de *Yucca valida*. En el altiplano, *Yucca carnerosana* prospera a menudo sobre rocas ricas en carbonato de calcio, formando parte del matorral de *Agave* y *Hechtia* y de algunas otras asociaciones.

*Yucca filifera* y *Yucca dicciens*, crecen en suelos aluviales y profundos en los sectores sur y este de la zona árida Chihuahuense, Zitácuaro Michoacán, Córdoba Veracruz y Tehucán, Puebla (Bravo, 1978); estas comunidades reciben frecuentemente el nombre de "izotales" o "palmares"; otras especies de *Yucca periculosa* son comunes en las partes áridas y semiáridas de Puebla, con extensiones hacia áreas adyacentes de Oaxaca (Rzedowski, 1978). En algunas áreas de San Luis Potosí, Guanajuato y Zacatecas se encuentra *Yucca dicciens* asociada con especies de los géneros *Opuntia* spp., *Mimosa* spp., *Acacia* spp., *Dalea* spp., *Prosopis* spp., *Eupatorium* spp., *Agave* spp., *Atriplex canescens*, *Celtis pallida*, *Citharexylum brachyanthum*, *Condalia* spp., *Flourensia cernua*, *Jatropha dioica*, *Koeberlinia spinosa*, *Larrea tridentata* y *Lycium berlandieri* (Marroquin. et. al. 1981)

#### **2.1.4 Distribución de las especies: *Yucca filifera* y *Yucca periculosa* en México.**

*Yucca filifera* se encuentra distribuida en grandes extensiones del altiplano potosino, en el sur de Coahuila, centro de Nuevo León, suroeste de Tamaulipas, norte de Zacatecas, parte de Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Puebla y Veracruz (Bravo, 1978).

*Yucca periculosa* se distribuye en el estado de Puebla (Tehucán, Izucar de Matamoros, Ciudad Cerdán), Oaxaca (Cuicatlán, Teotitlán, Tamazulapan, Huajuapán de León y Mitla), Veracruz y Tlaxcala. Las mayores densidades se localizan en el municipio de Tehucán, Puebla (hasta 50 plantas por ha.) (Matuda y Piña, 1980).

#### **2.1.5. Condiciones ecológicas en las que se distribuye el género.**

##### **2.1.5.1 Clima.**

La yuca crece en climas áridos y semiáridos según la clasificación de Köppen correspondientes al BW, seco desértico las lluvias se presentan de junio a septiembre y la precipitación es menor de 700 mm (García, 1978).

### 2.1.5.2 Suelo.

Las especies del género se desarrollan en donde la caliza es abundante, predominando en las llanuras los suelos aluviales, arenosos o arcillosos; también crecen en las cuencas endorréicas y en los lugares mal drenados, así como en los suelos salinos o yesosos (Bravo, 1978). Las profundidades de los suelos donde habitan varían desde 8 cm a 1 m; las coloraciones de los suelos secos son: café oscuro, pálido, grisáceo, gris muy oscuro, rosáceo, claro o rojizo oscuro, negro y rojo amarillento. En suelos húmedos pueden presentar coloraciones como café amarillento y café rojizo. Contienen piedra en un 4 a 85 % así como arcilla, arena y limo en un 29 a 75 %. El pH oscila de 6.8 a 8.4, el porcentaje de materia orgánica es de 1 a 13 % y de nitrógeno de 0.1%. La relación carbono - nitrógeno fluctúa de 8:1 a 12:2, la conductividad eléctrica de los suelos tiene un rango de 0.22 a 3.6 ds/m (Marroquin, 1981).

### 2.1.5.3 Vegetación.

La vegetación está integrada por matorrales desérticos micrófilos, que ocupan llanuras, fondos de valles y abanicos aluviales, que se encuentran en comunidades mixtas formadas por numerosos elementos arbustivos y matorrales espinosos o subarbóreos, entre los que se encuentran diferentes especies de *Yucca* y *Opuntia*. Entre los componentes principales del matorral micrófilo se distinguen *Yucca filifera*, *Larrea tridentata*, *Prosopis juliflora* y *Agave atrovirens* (Bravo, 1978).

## 2.2 Aspectos biológicos sobre las especies.

### 2.2.1 Polinización y reproducción.

La polinización de género *Yucca ssp.* se lleva a cabo por una palomilla del género *Tegeticula*; las especies de *Yucca* (*Agavaceae*) y de *Tegeticula* (*Lepidoptera: Incurvariidae*), mantienen una relación mutualista. Las hembras de las palomillas son los únicos polinizadores de estas plantas, de cuyas semillas en desarrollo se alimentan sus larvas. Las hembras ovipositan en el interior de los pistilos penetrando la pared del ovario, después de lo cual polinizan a la misma flor. Las punciones hechas al ovario provocan una deformación de los frutos, característica de este género de plantas. Según la deformación se

observan diferentes tipos de fruto, correspondiendo aparentemente un tipo de fruto a cada especie de *Yucca* (Villavicencio y Pérez, 1994). La floración se presenta en los meses de marzo abril y mayo (Matuda y Piña, 1980) y en cada período de floración se produce una gran cantidad de semillas fértiles. La reproducción ocurre tanto en forma sexual como asexual, en forma de hijuelos o de meristemos apicales (Maiti, 1995).

### **2.2.2 Germinación.**

La germinación se entiende como todos los procesos fisiológicos que ocurren en la semilla desde el momento en que se inicia la imbibición ( absorción pasiva del agua por parte de la semilla) hasta que ocurre la emergencia de la radícula (Black, 1973).

Aragón y García (1973), mencionan que el primer indicio de la germinación de la *Yucca* es la salida de la radícula a través del hilio. A los 2 ó 3 días de iniciado el desarrollo de la plántula el cotiledón se alarga de tal forma que queda fuera del resto de la semilla; durante este período la raíz primaria ya está bien definida y la diferenciación del epicótilo dentro del cotiledón ya es evidente. Se reportan porcentajes de germinación menores al 50 %. Aragón y García (1973) y Maiti (1995), reportan que con la aplicación de tratamientos pregerminativos como remojo en agua durante 24 horas y luz ambiente la germinación se incrementa hasta alcanzar valores mayores al 80% y, que la germinación inicia entre 7 y 12 días después de la siembra. Así mismo, se ha reportado que la luz tiene una influencia directa sobre la germinación de esta especie.

### **2.2.3 Factores que influyen en la germinación.**

La germinación de la semilla puede ser afectada por factores de dos tipos; internos y externos. Entre los internos están la viabilidad y la latencia. Entre los factores externos están, la luz, la temperatura, la humedad y la aereación (Moreno, 1973; Hartman y Kester, 1995; Baskin y Baskin, 2001).

#### **a) Viabilidad.**

La viabilidad es la cualidad de una semilla de estar viva, lo cual a pesar de ser una condición para la germinación, no implica que pueda realizarse. En varias especies la viabilidad se puede conservar aunque las semillas tengan bajos contenidos de humedad



(10% de peso fresco), en algunos otros como los encinos y muchas especies de sitios cálido-húmedos, la viabilidad se pierde cuando las semillas se secan a menos del 20% (Camacho, 1994).

#### **b) Latencia.**

Se define como el estado en que se encuentra una semilla viable, que no germina aunque disponga de humedad para imbibirse y de suficiente aireación, así como de una temperatura que permita el crecimiento vegetal.

Existen diferentes tipos de latencia. (Camacho, 1994):

1) Latencia exógena. La inhibición reside en las cubiertas expuestas directamente al ambiente; ésta puede ser física (impermeabilidad de la testa al agua), química (presencia de inhibidores en la cubierta externa) y mecánica (resistencia de las cubiertas al crecimiento del embrión).

2) Latencia endógena. La inhibición reside en el embrión, y/o en cubiertas que están en contacto con él y están protegidas del ambiente. Esta puede ser: morfológica, fisiológica (leve, intermedia y profunda) y mofofisiológica (intermedia, profunda epicotilar, doble y compleja) (Nikolaeva, 1969).

El género *Yucca* presenta latencia física impuesta por la testa dura de sus semillas que son impermeables al agua y a los gases (Bonner, 1974). Aragón y García, (1973), encontraron que cuatro especies del género: *Y. valida*, *Y. filifera*, *Y. dicipiens* y *Y. brevifolia*, presentan un tipo de latencia fisiológica leve, ya que la germinación aumenta al combinar tratamientos pregerminativos y luz.

La baja permeabilidad de las cubiertas a los gases es un mecanismo de inhibición y, en algunas especies basta eliminar la restricción al paso de los gases para que germinen. Gelmond (1978), propone que la baja permeabilidad a los gases por ejemplo en los cereales se debe a una película de agua presente entre la cariósida y las envolturas externas. Roberts y Smith (1977), sugieren que esta puede ser el resultado de la oxidación de fenoles presentes en las cubiertas, debido a que sustancias como la tiourea que inhiben a las fenoloxidasas, estimulan la germinación. No se ha establecido completamente la forma en que este tratamiento elimina la latencia; sin embargo es uno de los compuestos más

utilizados. Se puede aplicar directamente al medio de germinación, en siembras de laboratorio, en soluciones acuosas al 0.2 % (Nakamura, 1976); también puede emplearse el remojo continuo en soluciones de 0.5 a 3%; no se recomienda prolongar el tratamiento por más de 24 horas pues se corre el peligro de dañar la germinación (Camacho, 1994).

Khan, (1980); propone que compuestos como el azul de metileno, nitratos, nitritos y peróxido de hidrógeno eliminan la latencia leve ya que actúan como reoxidantes alternos del NADPH, o bien inhiben a la catalasa. Las sustancias más utilizadas son el nitrato de potasio en solución acuosa de 0.1 a 0.2% y el agua oxigenada.

### c) Luz.

El efecto de la luz en la germinación depende de la especie. Algunos tipos de semillas a menudo pequeñas, requieren luz (fotoblásticas positivas), otras germinan solo en la oscuridad (fotoblásticas negativas) y otras germinan tanto bajo condiciones de luz como de oscuridad (fotoblásticas indiferentes) (Gelmond, 1978). La germinación en muchas otras clases de semillas, como las de la cebolla y algunos otros miembros de la familia de las *Liliaceas* se retarda o no se efectúa por el efecto de la luz, éste efecto puede variar dependiendo de las condiciones ambientales y la historia pasada de la semilla; por ejemplo semillas de algunas especies de *Poa* que por lo general responden favorablemente a la luz, son indiferentes a la misma después de un período de almacenamiento seco (Cronquist, 1974).

En el suelo la penetración de la luz depende de su longitud de onda. En general la germinación de muchas semillas se ve afectada por la luz; ya que esta es uno de los elementos más importantes en el crecimiento de las plántulas. En los primeros estadios de la germinación, la plántula utiliza la provisión de reservas de la semilla. Una vez que la plántula ya ha formado un sistema aéreo, su crecimiento dependerá de la producción de carbohidratos y otros materiales que obtiene de la fotosíntesis. Además la luz de intensidad relativamente alta produce plantas macizas y vigorosas; sin embargo para ciertas plantas la exposición a la luz no promueve su germinación sino que la inhibe (Bonner, 1974; Derek y Black, 1994; Hartman y Kester, 1995).

Edmond *et al.*, (1978), reportan que la composición de la luz visible afecta la proporción del crecimiento, medida en términos de materia seca, y así mismo afecta a las fases

reproductiva y vegetativa. Respecto a estas fases se han efectuado investigaciones que han demostrado una notable interrelación entre la luz roja y la luz infrarroja. En general la luz roja favorece la germinación de las semillas, el crecimiento de las plántulas de muchas especies y la iniciación de los primordios florales, mientras que la luz infrarroja tiene efectos opuestos, retarda la germinación y el crecimiento de las plántulas así como la iniciación de las yemas florales. Ciertas investigaciones han demostrado que la luz ultravioleta cercana al extremo visible del espectro no tiene ventajas en el aumento de peso de la materia seca o en el apresuramiento de la época de floración.

Recientemente se ha demostrado que la luz infrarroja tiene muy poco o ningún efecto benéfico en el crecimiento de las plantas.

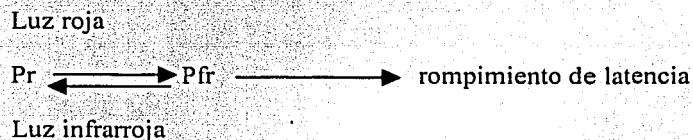
Para el caso específico de *Y. filifera*, *Y. valida*, *Y. dicipiens* y *Y. brevifolia*, Aragón y García (1973), han reportado porcentajes de germinación diferentes bajo condiciones de luz y de oscuridad. El porcentaje de germinación es menor bajo condiciones de oscuridad (6 - 45 %), intermedios en luz ambiente (14.6 - 49.3 %) y mayores con luz roja (5 - 52 %). Para *Y. periculosa* no se encontraron trabajos específicos en la literatura.

La luz es un factor importante en el rompimiento de la latencia. Generalmente, las semillas que requieren luz para germinar presentan latencia física impuesta por cubiertas duras (Derek y Black, 1994). Las semillas de muchas especies como la lechuga son afectadas por exposiciones cortas de luz blanca (minutos a segundos), otras en cambio, requieren de luz intermitente (*Calanckloe blossfeldiana*).

La luz como requerimiento para la germinación, depende de la temperatura. La lechuga por ejemplo, generalmente esta latente cuando la germinación se lleva a cabo bajo condiciones de oscuridad a 23 °C; pero por debajo de este valor, las semillas germinan sin luz. La sensibilidad a la luz en muchas especies es incrementada por el frío, pero en otras como *Betula maximowcziana* la luz elimina la latencia solamente cuando estas han sido enfiadas previamente. En la naturaleza, la luz blanca (por ejemplo la luz solar) puede romper la latencia de muchas semillas, pero las longitudes de onda en la región del espectro naranja/rojo, son más efectivas. La mayor actividad para romper la latencia ha sido reportada con una longitud de onda de 660 nm correspondiente a la región roja del

espectro; en cambio a 730 nm (región infrarroja de espectro), se reporta un efecto inhibitorio.

Se ha demostrado que los efectos de la luz roja y la infrarroja son mutuamente antagónicos. Las longitudes de onda, 660 y 730 nm, son capaces de revertir el efecto de una y otra. La luz es absorbida por las moléculas de un pigmento conocido como fitocromo el cual se presenta en dos formas no irradiadas, que se caracteriza por absorber luz roja (pico a 660 nm) y es designado como Pr. Esta forma de fitocromo no puede romper la latencia pero cuando es activado por la luz de 660 nm éste fitocromo cambia a una forma activa que si es capaz de eliminarla. Esta forma activa absorbe luz infrarroja (730 nm) y aquí el fitocromo es designado como Pfr el cual es capaz de revertirse a Pr como sigue:



En la naturaleza, las semillas están expuestas a longitudes de onda mezcladas. Las conversiones del fitocromo pueden ocurrir a cualquier longitud de onda o por combinaciones de estas y, las conversiones pueden ser en ambas direcciones para generar una cierta proporción de Pfr el cual puede ser suficiente para el rompimiento de la latencia.

Es importante probar el efecto de diferentes longitudes de onda sobre la germinación de las especies sensibles a la luz cuyos porcentajes son menores del 50%. Actualmente existen pocos estudios sobre el efecto que tiene la luz de diferentes longitudes de onda en la germinación y el crecimiento de especies silvestres de zonas áridas y semiáridas.

#### d) Temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes en la regulación de la germinación y el crecimiento subsecuente de las plántulas (Khan, 1980; Salisbury, 1992; Hartman y Kester, 1995; Kiggel, 1995; Loik *et al.*, 2000). La temperatura afecta tanto al porcentaje como a la tasa de germinación; la cual por lo general se reduce a temperaturas bajas y aumenta paralelamente con la elevación de éstas. Por arriba de un nivel óptimo en

que la tasa es más rápida, ocurre una declinación de la germinación a medida que la temperatura se aproxima al límite letal y la semilla se daña.

Para la germinación de las semillas por lo general se definen tres puntos de temperatura mínima, óptima y máxima, que varían dependiendo de la especie (Nobel, 1988; Hartman y Kester, 1995). La temperatura óptima es aquella en la cual se presenta el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible. Aragón y García (1973), encontraron que a 24° C el porcentaje de germinación para la *Yucca filifera* es de 52 %; sin embargo los resultados obtenidos no son óptimos, ya que el porcentaje de germinación es bajo y el número promedio de días para que emerja la radícula es muy lenta (23 días).

#### **e) Humedad.**

El agua es el factor ambiental que desencadena la germinación . La semilla seca absorbe agua y el contenido de humedad al principio se incrementa con rapidéz y luego se estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata al protoplasma. La semilla se hincha y es posible que se rompan las cubiertas. La imbibición es un fenómeno físico y puede efectuarse aún en semillas muertas. La actividad de las semillas empieza muy rápidamente después del inicio de la germinación, a medida que se estas se hidratan. La activación resulta en parte de la reactivación de enzimas previamente almacenadas que se formaron durante el desarrollo (Moreno, 1984; Hartman y Kester, 1995).

#### **f) Aireación.**

Un buen intercambio de gases entre el medio de germinación y el embrión es básico para una germinación rápida y uniforme. El oxígeno es esencial para el proceso de respiración de las semillas. En general la absorción de oxígeno es proporcional a la cantidad de actividad metabólica que se esté efectuando (Hartman y Kester, 1995).

### **2.3 Crecimiento postemergente.**

#### **2.3.1 Establecimiento y factores que lo regulan**

Diversos autores definen el establecimiento de diferente manera:

Una planta está establecida cuando posee su primera hoja verdadera; o un año después, a la fecha de siembra; o cuando ha sobrevivido a los efectos de un período crítico (heladas, sequía, etc.) (Orozco, 1993).

Evans (1976), define el establecimiento de una pradera como el período comprendido entre la siembra y el desarrollo temprano de la plántula; comprende cuatro fases: siembra, germinación, emergencia y crecimiento postemergente; los factores climáticos, edáficos y bióticos afectan a cada etapa del proceso de establecimiento.

Whalley y McKell (1976), reconocen tres fases durante el establecimiento: 1) la etapa heterotrófica que ocurre desde la imbibición de la semilla hasta la iniciación de la fotosíntesis. 2) la etapa de transición, durante la cual la plántula obtiene compuestos orgánicos complejos tanto de la fotosíntesis como de los remanentes del endospermo y, 3) la etapa autotrófica que ocurre a partir de que la plántula ha agotado las reservas del endospermo y es completamente dependiente de sus fotosintatos.

En el caso de la *Yucca filifera*, se considera su establecimiento cuando las plántulas presentan entre 5 y 6 hojas (Aragón y García, 1973).

### **2.3.2 Etapas juvenil y adulta**

Aragón y García (1973), mencionan que el crecimiento de la planta de *Yucca* es extremadamente lento (3.75 a 7.5 cm por año), al principio las plántulas se confunden con algunas gramíneas, después adquieren la forma de una planta suculenta y las hojas juveniles duran por lo menos un año. Cuando las plantas llegan a tener de 4 a 6 meses, las hojas juveniles empiezan a ser reemplazadas por otro tipo de hojas características de la etapa adulta las cuales requieren para su formación de 18 meses a 3 años (Matuda y Piña, 1980).

Las plantas comienzan a fructificar, con una o dos rosetas, entre los 20 y los 22 años. La madurez del fruto se inicia en octubre y se extiende hasta enero; a ésta fase siguen las de hidratación, pudrición y caída del fruto. El número de plantas que llegan al estado adulto a través de la reproducción por semillas bajo condiciones naturales es menor al 50%, debido principalmente a la falta de humedad del suelo y a la tasa de depredación de semillas ocasionada por insectos; así como por el forrajeo (Villa, 1967).

## 2.4 Necesidades de investigación.

Maiti (1995), refiere que el número de investigaciones del género *Yucca* es insuficiente y que algunos aspectos que deben enfatizarse en futuros estudios son:

- a) Conocer las procedencias y poblaciones que de acuerdo con las condiciones ecológicas, permitan el desarrollo de individuos vigorosos con altas tasas de crecimiento y grandes producciones de semillas viables, así como productoras de grandes cantidades de fibra.
- b) Identificar las etapas y partes de la planta de las que se obtiene una máxima producción.
- c) Cuantificar la cantidad de recursos disponibles, para evitar la extinción de especies y conocer aspectos de su ecofisiología, tanto de la germinación como del crecimiento postemergente que permitan su cultivo y la recuperación de las poblaciones naturales.

## 2.5 Importancia económica y usos.

Una de las plantas suculentas más representativas de la flora de nuestro país son las comprendidas en el género *Yucca*, se utilizan como alimento tanto las flores como los frutos (dátiles); son productoras de fibras textiles. Se obtienen también vinos y licores y sus hojas se aprovechan en la construcción de chozas, cercas y tejas así como forrajes y ornamentales. Las raíces de diferentes especies de *Yucca* se usan como jabón amole (Maximino, 1959).

En el estado de San Luis Potosí existe una industria que enlata flores de palma china para el consumo humano (Matuda y Piña, 1980).

Varias plantas del género, por ejemplo *Yucca gloriosa* y *Y. guatemalensis* son muy empleadas en la ornamentación de los parques y jardines, no sólo en el continente americano sino en el viejo continente. Concretamente en México, *Y. filifera* y *Y. carnerosana*, han sido plantadas en los taludes de algunas carreteras, tanto para favorecer la consolidación de los mismos como con fines estéticos (Maximino, 1959).

Se ha señalado que *Yucca filifera*, *Y. dicipiens* y *Y. valida* se utilizan como recursos potenciales en la obtención industrial de pastas celulósicas para la manufactura de papel; y los subproductos resultantes pueden aprovecharse en la obtención de alimentos para el ganado así como para la elaboración de vinos y licores de prehidrólisis (Rojas y Carrasco, 1961).

Las saponinas producidas por las semillas de las especies del género *Yucca* son de gran importancia como sustancias hormonales, que forman el principio activo de las píldoras anticonceptivas (Bravo, 1978).

## **2.6 Ensayos de procedencia.**

Un ensayo de procedencia se define como el estudio de la variabilidad genética y ecológica dentro de una especie determinada, es la relación entre esa variabilidad genética y la influencia del medio, así como las reacciones de poblaciones diferentes al desplazamiento a un ambiente extraño al suyo (Villareal, 1994).

Los estudios de procedencias son una importante fuente de información para los programas de mejoramiento a nivel de especies y de individuos, ya que hacen posible conocer la variabilidad. Generalmente la mejor procedencia es la local, ya que ha estado sujeta a procesos de selección evolutiva por largo tiempo.

Los ensayos de procedencia tienen por objeto la determinación de los componentes genéticos y ambientales de la variación fenotípica, entre árboles de diferentes orígenes geográficos.

Probablemente una de las formas más eficientes de mejorar individuos de una misma especie sea empleando la mejor procedencia, ya que la presión de selección del medio ambiente durante un período razonablemente largo, da como resultado el establecimiento de los mejores fenotipos.

Los lineamientos que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo un estudio de procedencias (Villareal, 1994), son:

- a) Información. Compilar toda la información disponible sobre la variabilidad dentro y entre poblaciones, para tener bases firmes al iniciar el estudio.
- b) Objetivos. Definir con claridad la finalidad que se persigue y la metodología que se va a emplear. Si se conoce poco la especie es mejor iniciar con algunos estudios biosistemáticos, para conocer el rango de variabilidad.
- c) Muestreo. Tomar muestras de varias procedencias para tener resultados más certeros.



d) Diseño. Para evitar efectos ajenos a la procedencia (efectos de vivero) se debe realizar un diseño estadístico que los minimice.

e) Lugar definitivo. Los sitios de plantación deben ser elegidos de acuerdo a los gradientes de las variaciones más importantes.

## **2.7 Métodos para la recolección de semillas.**

En toda recolección de semillas, el muestreo determinará definitivamente la proporción de la variación genética presente que se capturará. Los errores o el descuido en el muestreo por ejemplo, en la selección de las poblaciones y los árboles de los que se recoge la semilla, no pueden remediarse en la fase de plantación.

En términos generales, el muestreo se efectúa a dos niveles, el nivel de la población (procedencia y rodal) y el nivel individual. La elección del método exacto y la intensidad del muestreo dependerán de los objetivos específicos de la recolección de semillas.

Los principales objetivos de la recolección de semillas son los siguientes: evaluación; conservación y utilización (re población forestal en gran escala).

La evaluación se refiere a la realización de ensayos de especies y procedencias, en los cuales se evalúa la variación y la adaptación de las diversas especies y procedencias a los posibles lugares de plantación (Palmberg, 1980, citado en FAO 1975).

En la recolección para la conservación, la principal consideración al efectuar los muestreos es el mantenimiento de una diversidad máxima de alelos (FAO, 1975).

La recolección de semillas para la utilización suele hacerse a partir de una gama limitada de individuos, con poblaciones que se han seleccionado en los ensayos de procedencia que están bien adaptados, a las condiciones ambientales del lugar de plantación.

El número de procedencias proveedoras de semillas que deben muestrearse dependerá del alcance y la heterogeneidad de la gama de distribución y de la diversidad genética de las especies.

La diversidad genética suele ser mayor en los lugares óptimos para el desarrollo de la especie en cuestión. Sin embargo, en los límites de la gama ecológica, las poblaciones más

alejadas de una especie pueden estar expuestas a temperaturas extremas, lluvias muy abundantes o escasas, o condiciones edáficas desfavorables. Estas procedencias pueden poseer características morfológicas que serán de gran potencial para estaciones especiales. Por este motivo es muy importante que estos lugares marginales se incluyan en las recolecciones (Turnbull, 1975).

Los rodales de los cuales se recoge la semilla deberán reunir algunos criterios dados. Un rodal se ha definido como una población de árboles con suficiente uniformidad en composición, constitución y distribución, como para distinguirse de las poblaciones vecinas. En la práctica, la principal consideración deberá ser la de seleccionar una población que sea lo bastante grande para permitir una polinización cruzada suficiente entre un número elevado de árboles, y que esté aislada de especies entrecruzables para reducir al mínimo los peligros de hibridación Turnbull, (1977).

#### **Muestreo poblacional.**

Al elegir los árboles para el muestreo para estudios de procedencia, ha de extraerse una muestra que sea lo más representativa posible de la población. Las principales consideraciones en el muestreo son el número de árboles, el tipo de árboles y la distancia entre los árboles que deben muestrearse. Para facilitar la máxima flexibilidad de la selección, conviene que las recolecciones de semilla se efectúen cuando la mayoría de los árboles produzcan una abundante cosecha de semillas. Las temporadas buenas de producción de semillas proporcionarán también una muestra de semillas que representará mejor a la población, desde el punto de vista genético.

Al elegir los árboles proveedores de semillas en rodales naturales, la cuestión del espaciamiento entre los árboles elegidos es importante por la necesidad de evitar árboles estrechamente relacionados desde el punto de vista genético (medio hermanos). Aunque las recomendaciones varían, generalmente se considera que los árboles proveedores de semilla deban guardar una distancia entre sí de 100 a 300m, para evitar la variación muestreada debida al parentesco o a la consanguinidad. Los árboles completamente aislados se deben evitar, ya que podrán tener una frecuencia anormalmente alta de autopolinización (FAO, 1975).

El número de árboles muestreado por rodal variará según la especie y el sistema de reproducción. De 10 a 25 árboles puede considerarse el mínimo de una especie que se encuentra en rodales (Barner, 1974).

El número de semillas requeridas por árbol para los ensayos de procedencia no ha de ser muy abundante: 10 000 semillas por árbol, mezclando después cuidadosamente los lotes procedentes de varios árboles.

La recolección de semillas para la utilización suele hacerse a partir de una parte limitada de la gama, con poblaciones que se ha determinado en los ensayos de procedencia que están bien adaptados a las condiciones ambientales del lugar de plantación. Sin embargo a menudo se realizan comparaciones climáticas y edáficas para seleccionar los proveedores más probables de semillas.

Si la recolección se lleva a cabo en plantaciones o en rodales homogéneos y de la misma edad, la calidad genética de la semilla generalmente podrá mejorarse hasta cierto punto, mediante el muestreo para superioridad de los rodales, así como de los árboles (Turnbull, 1975).

#### **Muestreo individual.**

La norma más baja aceptable de recolección de semillas es a nivel individual, que a menudo se utiliza forzosamente para satisfacer las necesidades de cantidades sustanciales de semillas para los programas de repoblación forestal en gran escala, requiere la recolección de semillas de todos los árboles de procedencias determinadas, salvo los fenotipos notablemente inferiores (Turnbull, 1977).

En el muestreo individual también se deben considerar el número de árboles, el tipo de árboles y la distancia entre los árboles que deben muestrearse. Para facilitar la máxima flexibilidad de la selección, conviene que las recolecciones se efectúen cuando la mayoría de los árboles produzcan una abundante cosecha de semillas.

Las temporadas buenas de producción proporcionarán también una muestra de semillas que representará mejor a la población desde el punto de vista genético (Turnbull, 1975)

En los rodales procedentes de regeneración natural, la recolección de semillas de árboles que crezcan muy juntos puede dar lugar a plantaciones con una base genética estrecha,

consecuentemente respondiendo uniformemente a las presiones ambientales, como las enfermedades o condiciones desfavorables imprevistas, y por lo general con menor flexibilidad para adaptarse a las necesidades de un nuevo lugar (FAO, 1975).

## **2.8 Selección de especies para la reforestación**

Vázquez-Yanes y Cervantes (1993), proponen estrategias para la reforestación de ecosistemas naturales y zonas urbanas con árboles nativos de México ya que a pesar de la riqueza vegetal del país, desde hace muchos años se ha preferido utilizar árboles exóticos en las campañas de reforestación, recuperación de suelos y control de la erosión; esto debido a que existe una falta de tradición, de conocimiento y de utilización de árboles mexicanos para la formación de viveros con fines de propagación de especies útiles, que incluya el estudio de sus potencialidades.

Las propiedades que deben de tener las especies ideales para este propósito son las siguientes:

1. Fácil propagación
2. Resistencia a condiciones limitantes como la baja fertilidad del suelo, sequía, suelos compactados o con pH alto o bajo.
3. Rápido crecimiento y buena producción de hojarasca.
4. Tener alguna utilidad adicional a su efecto restaurador; por ejemplo producir leña, buen carbón, forraje nutritivo, vainas comestibles, madera, néctar, etc.
5. Poca tendencia a adquirir una propagación malezoide invasora, incontrolable.
6. Presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas que compensen el bajo nivel de nitrógeno y otros nutrientes del suelo.
7. Que favorezcan el restablecimiento de las poblaciones de elementos de la flora y la fauna nativas.

*Yucca filifera* y *Yucca periculosa*, son especies importantes por su potencialidad de formar y consolidar el suelo, además de proporcionar fibras textiles, principios activos para la elaboración de anticonceptivos y alimento para animales y humanos; sin embargo, para validar las siete características que propone Vázquez – Yanes en las especies aptas para la

reforestación; es necesario hacer estudios que permitan conocer la propagación de estas especies del género *Yucca*, Sus tasas de crecimiento, así como su participación como elementos directrices en la asociación vegetal.

### III PROBLEMÁTICA.

Las zonas áridas y semiáridas de México poseen una gran diversidad biológica, cerca de 6000 especies vegetales (Challenger, 1998). Sin embargo muchas de estas especies han sido explotadas por el hombre sin control alguno, ocasionando disminuciones significativas en las poblaciones naturales.

El género *Yucca* constituye uno de los recursos más explotados en estas zonas, debido al interés por la extracción de fibras y, sarsapogeninas que constituyen el principio activo de muchos anticonceptivos. Las especies de género han sido poco estudiadas en México, a pesar de ser recursos importantes en la economía y ecología del país. No se conocen las tasas de regeneración natural ni los mecanismos de germinación y establecimiento y, tampoco existen estudios sobre la evaluación del germoplasma de las poblaciones naturales que proporcionen datos básicos para generar programas de reforestación o rehabilitación ecológica que permitan en mediano plazo la recuperación del recurso.

Es primordial conocer la biología de las especies nativas de México, que permita establecer programas de manejo sustentable, a través de los cuales las comunidades rurales puedan hacer uso del recurso en forma controlada, obteniendo beneficios económicos en el corto plazo y ecológicos en el mediano y largo plazo.

En el presente trabajo se pretende generar información básica sobre la biología de dos especies del género *Yucca*: *Y. filifera* y *Y. periculosa* de la región semiárida de Puebla; que permitan establecer las bases para su cultivo bajo condiciones de vivero; por lo que se plantearon las siguientes interrogantes:

- 1.¿Cuál es el efecto de la procedencia en la germinación y el crecimiento postemergente de *Y. filifera* y *Y. periculosa*?
- 2.¿Cuál es el efecto de la población en la germinación?
- 3.¿Cuál es el efecto del tratamiento pregerminativo en la germinación y el crecimiento postemergente?
- 4.¿Cuál es el efecto de la luz de diferente longitud de onda en la germinación y el crecimiento postemergente?

#### IV. HIPÓTESIS

1) La viabilidad, germinación y crecimiento postemergente dependerán directamente de la procedencia, debido a que esta representa fenotipos distintos establecidos en ambientes con diferentes orígenes geográficos (heterogéneos)

2) La viabilidad, germinación y crecimiento postemergente dependerán de la población en menor grado que de la procedencia, debido a que las condiciones ecológicas (edáficas, hídricas y nutrimentales) prevalencias en el sitio son más homogéneas.

3) La aplicación de tratamientos pregerminativos que permitan la permeabilidad del agua y de los gases mejorarán la germinación de las semillas de *Yucca*, debido a que éstas presentan latencia física impuesta por cubiertas impermeables.

4) La longitud de onda localizada en el color amarillo del espectro de luz (585 nm) favorecerá la germinación de *Yucca filifera* y *Yucca periculosa*, Aragón y García, (1973), reportan que *Yucca filifera* germina menos del 50% bajo la longitud de onda de luz visible (380 a 790 nm); 52% bajo la longitud de onda del rojo y 45% en el infrarrojo (780nm)

## **V. OBJETIVOS.**

### **Objetivo general.**

Determinar el efecto de la procedencia, la población, el tratamiento pregerminativo y la longitud de onda en la germinación y el crecimiento postemergente de *Yucca filifera* (Chabaud) y *Y. periculosa* (Baker).

### **Objetivos específicos.**

Determinar, el efecto de tres procedencias de semillas de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* en la germinación y el vigor de las plántulas.

Determinar el efecto de seis poblaciones de germoplasma en la germinación y el vigor de las plántulas.

Determinar el efecto de tres tratamientos pregerminativos (remojo en agua, aplicación de  $\text{KNO}_3$  y aplicación de tiourea) en la germinación y el vigor vegetal.

Determinar el efecto de la luz visible, luz amarilla y oscuridad, en la germinación y el vigor vegetal.



## VI. METODOLOGIA.

### 6.1. Recolección de germoplasma.

Se hizo un recorrido por el estado de Puebla, con el fin de localizar a las poblaciones de *Y. filifera* y *Y. periculosa*. Se eligieron dos procedencias para la *Y. periculosa* (Santiago Coacnopalan en el estado de Puebla y el Limón situado en los límites de el estado de Puebla y Veracruz) y una procedencia para la *Yucca filifera* (Zacatepec Puebla) (Figura 1).

Las procedencias se seleccionaron en función de la abundancia (número de individuos por área) de las dos especies. En el caso de *Yucca filifera* solo se identificó una localidad con dichas características (Cuadro 1; Figura 1). Los individuos de cada especie se identificaron mediante cotejo con ejemplares de herbario.

**Cuadro 1.- Caracterización ecológica de las localidades donde se recolectó el germoplasma (INEGI,2000 ).**

Especie	Procedencia	Tipo de vegetación	Clima	Suelo
<i>Yucca periculosa</i>	El Limón (Puebla - Veracruz)	Matorral Desértico Rosetófilo; Isotal	A(C)m(i)g Caliente húmedo > 22 °C	H <sub>1</sub> + V <sub>p</sub> /2 ; Ferozem calcárico pedregoso trestura media
<i>Yucca periculosa</i>	Santiago Coacnopalan (Puebla)	Isotal; áreas sin vegetación aparente	BS <sub>1</sub> kw(w)(i ' ) Seco semiárido <de 18 °C	XX+KH+RC <sub>1</sub> Xerosol calcárico castañosem háplico, regosol calcárico grueso
<i>Yucca filifera</i>	Zacatepec (Puebla)	Isotal; áreas sin vegetación aparente (Pastizal, Huisachal)	BSh w (w)(i ) Seco semiárido estepario > 18 °C	BK +Kh/2 Cambisol calcareo, castañosem háplico, textura gruesa

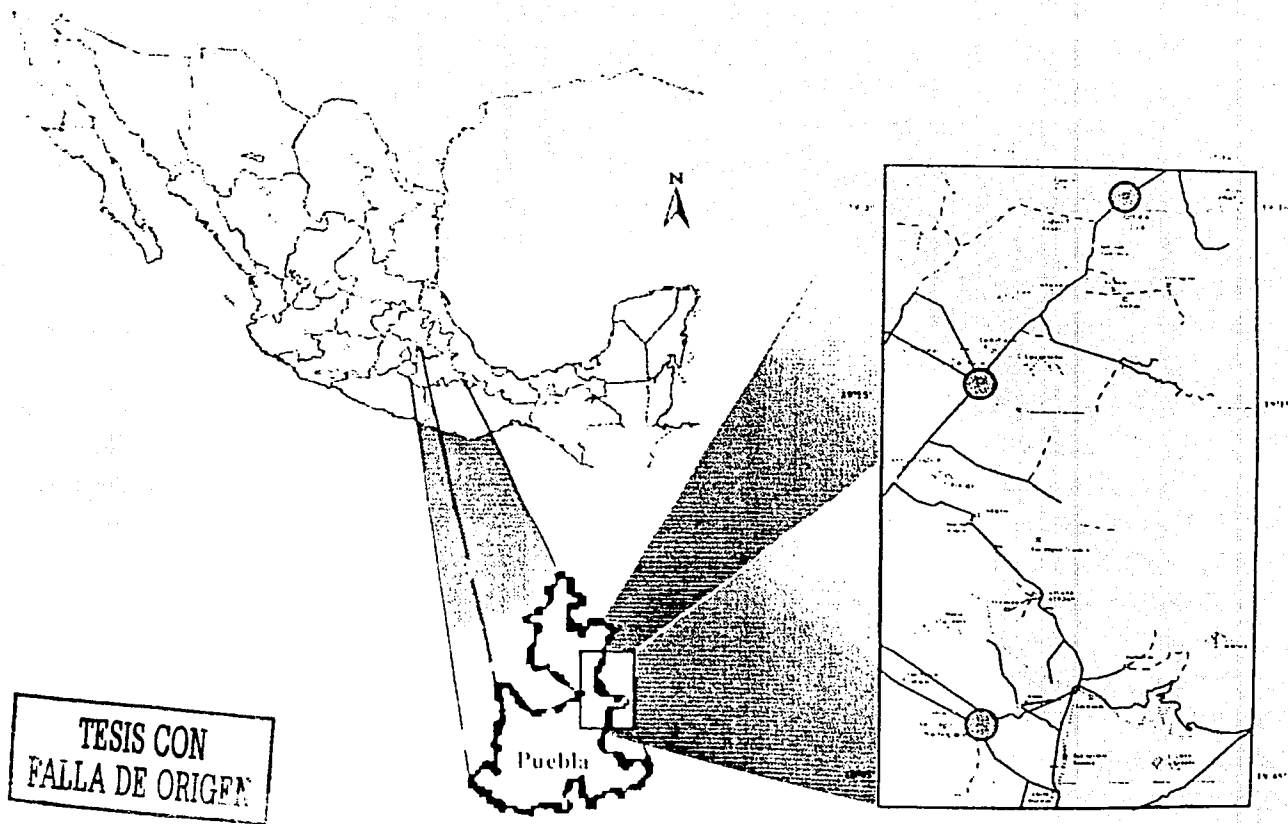


Figura 1. Localización geográfica de la zona de estudio.

Para la recolección del germoplasma se realizó lo siguiente:

Dentro de cada procedencia se eligieron dos poblaciones representativas; se consideraron dos grupos de 100 individuos separados entre sí por una ladera, un cultivo agrícola o una carretera. De estos 100 individuos se eligieron 10 al azar, separados entre sí por lo menos por 100 metros para evitar los efectos de la homocigosis (FAO,1980) y, se procedió a la recolecta de frutos maduros utilizando cuerdas de 20 m de largo y una garrocha de 7 m de largo con una navaja terminal. Se recolectaron 50 frutos por individuo.

Los frutos se clasificaron por especie, población y procedencia e individuo y se colocaron en cajas de cartón, para posteriormente transportarlos al laboratorio de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, ubicado en el invernadero del campo II de la FES Zaragoza.

Los frutos se pusieron a secar al sol directo; extendiéndose en el suelo sobre una lona. Una vez secos se les extrajeron las semillas y estas se agruparon por especie, procedencia población e individuo. Posteriormente las semillas de los 10 individuos de cada especie, población y procedencia se mezclaron para obtener un muestra de cada población (Moreno, 1984 ).

De esta muestra, se tomaron las semillas necesarias para realizar la evaluación del germoplasma de las dos especies, tres procedencias y seis poblaciones; de acuerdo a los ensayos propuestos por la ISTA (1976) y, cuya metodología se describe a continuación:

## **6.2 Ensayos para la evaluación de germoplasma**

### **6.2.1 Número de semillas sanas por kilogramo.**

Para la determinación de este ensayo se eligieron cuatro muestras representativas de 200 semillas para cada especie, procedencia y población y se calculó el número de semillas sanas por kilogramo.

### **6.2.2 Desinfección de semillas**

Para evitar la contaminación de semillas por hongos estas se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 10 minutos ( Moreno, 1984 ).

### 6.2.3 Viabilidad.

Para la determinación de la viabilidad se utilizó la prueba bioquímica del tetrazolio (Moreno, 1984). Esta prueba se basa en medir la viabilidad por el porcentaje de semillas coloreadas de rojo en sus tejidos principales: embrión y endospermo. Para la determinación de la viabilidad se colocaron cuatro repeticiones de 20 semillas de *Y. filifera* y *Y. periculosa* por población y procedencia en vasos de precipitados de 50 ml con cloruro de tetrazolio al 1 %. Antes de la imbibición en el cloruro de tetrazolio, las semillas se colocaron en agua durante 24 horas para ablandar las cubiertas y de esta manera cortarlas longitudinalmente a la mitad para facilitar la penetración de cloruro de tetrazolio. Una vez transcurridas las 24 horas las semillas se observaron al estereoscopio y se evaluó el número de semillas coloreadas.

El porcentaje de viabilidad se calculó de a cuerdo a:

$$\% \text{ de viabilidad} = \frac{\text{Semillas Coloreadas}}{\text{Semillas Totales}} \times 100$$

### 6.2.4. Germinación.

Para determinar el efecto de la procedencia, población, el tratamiento pregerminativo y la longitud de onda en la germinación de la *Y. filifera* y *Y. periculosa* se hizo lo siguiente: se colocaron 20 semillas en cajas petri con papel filtro con cuatro repeticiones, para dos poblaciones, tres procedencias, (una para *Y. filifera* y dos para *Y. periculosa*) tres tratamientos pregerminativos y tres longitudes de onda (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Tratamientos pregerminativos y longitudes de onda aplicados a las procedencias y poblaciones de *Yucca filifera* y *Y. periculosa***

Especie	Procedencias	Poblaciones	Tratamientos pregerminativos	Longitudes de onda (Rojas, 1993)
<i>Yucca periculosa</i>	El Limón	I II	Remojo en agua 96 horas. Remojo en KNO <sub>3</sub> (0.2%) 72 horas. Remojo en tiourea (1%) 24 horas	Luz ambiente (390-790nm). Filtro amarillo (585nm) Oscuridad
<i>Y. periculosa</i>	Santiago C.	I II	Remojo en agua 96 horas. Remojo en KNO <sub>3</sub> (0.2%) 72 horas. Remojo en tiourea (1%) 24 horas	Luz ambiente (390-790nm). Filtro amarillo (585nm) Oscuridad
<i>Yucca filifera</i>	Zacatepec	I II	Remojo en agua 96 horas. Remojo en KNO <sub>3</sub> (0.2%) 72 horas. Remojo en tiourea (1%) 24 horas	Luz ambiente (390-790nm). Filtro amarillo (585nm) Oscuridad

Las semillas se colocaron a germinar en una cámara de crecimiento Lab. Line Biotronet a una temperatura de 30 °C. Para probar el efecto de las longitudes de onda, las cajas petri se colocaron bajo la incidencia continua de la longitud de onda de la luz de color correspondiente (luz blanca, luz amarilla y oscuridad continua). Diariamente se realizó el conteo de semillas germinadas por tratamiento, considerándola como el momento en que emergió la raíz. Una vez germinadas las semillas, estas se removieron para evitar confusiones. La prueba se consideró concluida en el momento en que el número de semillas germinadas permaneció constante (Hartman y Kester, 1975).

### 6.2.5 Crecimiento postemergente

Para probar el efecto de la procedencia, población, tratamientos pregerminativos y longitudes de onda en el crecimiento postemergente, las plántulas emergidas durante el experimento de germinación se transplantaron a envases de plástico transparente de 2 Kg de capacidad, con suelo procedente de las zonas de recolecta del germoplasma.

Se transplantaron tres plántulas por envase, colocándolas pegadas a la pared del vaso, y se cubrieron con papel aluminio para evitar el efecto de la luz en el crecimiento de las raíces. Se colocaron al azar en camas de crecimiento en el vivero del campo II, con 4 repeticiones por tratamiento.

A los 12 meses después de la plantación se evaluó el porcentaje de sobrevivencia, la longitud del vástago y el número de hojas por tratamiento.

#### **6.2.6. Análisis estadístico**

Las variables número de semillas sanas por kilogramo, viabilidad, germinación, número promedio de días para que emerja la radícula, longitud de radícula y vástago por tratamiento, se analizaron estadísticamente en un ANDEVA en un diseño completamente al azar en un arreglo factorial de 3X6X3X3 con cuatro repeticiones y un testigo. Se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para comparar la significancia entre medias ( $p \leq 0.05$ ) (Márquez,1988).

Para los resultados de sobrevivencia, altura y número de hojas, se calculó la media aritmética y la desviación estándar(Castañeda, 1980).

## VII RESULTADOS

### 7.1 Análisis físico y biológico de las semillas de las dos especies del género *Yucca*, en relación a la procedencia y a la población.

#### 7.1.1 Número de semillas sanas por kilogramo

Se presentaron diferencias significativas únicamente en función de la especie. *Yucca filifera* presentó 9000 semillas sanas por kilogramo, lo que representó un 10 % menos de semillas que *Y. periculosa* (10,000 semillas / Kg). No se observaron diferencias significativas a nivel de procedencia y de población (Cuadro 3).

#### 7.1.2 Viabilidad

El porcentaje de viabilidad presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), en relación a la especie y a la procedencia, pero no con respecto a la población. *Y. periculosa* presentó los mayores porcentajes de viabilidad (41.25 a 95 %); sin embargo, se observó que la procedencia afectó significativamente a la viabilidad de las semillas. La procedencia "El Limón" presentó los porcentajes de viabilidad más altos (93 – 95 %). En el caso de la *Y. filifera*, los porcentajes de viabilidad fueron muy bajos (16.25 %). Para ambas especies, no se presentaron diferencias al nivel de la población (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de semillas sanas por kilogramo y porcentaje de viabilidad de las semillas de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* en función de la procedencia y de la población.

Especie	Procedencia	Población	Número de semillas sanas / Kg	Viabilidad %
<i>Y. periculosa</i>	El Limón	I	10 000 a	95.00 a
		II	10 000 a	93.00 a
<i>Y. periculosa</i>	Santiago Coacnopalan	I	10 000 a	41.25 b
		II	10 000 a	52.50 b
<i>Y. filifera</i>	Zacatepec	I	9 000 b	16.25 c
		II	9 000 b	16.25 c

Las literales minúsculas corresponden a diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre renglones.

## **7.2 Resultados del análisis factorial donde los principales factores fueron procedencia, tratamiento pregerminativo y longitud de onda.**

En este apartado, se presentan los resultados del efecto de los factores por separado, así como de las interacciones.

### **7.2.1 Porcentaje de germinación.**

#### **a) Efecto individual de los factores.**

El porcentaje de germinación fue diferente en función de la especie; sin embargo en el caso de *Yucca periculosa* la procedencia también presentó una diferencia significativa. "El Limón" presentó los porcentajes de germinación más altos (90 –95 %) y la procedencia Santiago C. los porcentajes más bajos (13.75 %) (Cuadro 4, Figura 2): En relación a *Yucca filifera*, esta presentó también valores bajos de germinación, e iguales a la de la procedencia Santiago C. de *Y. periculosa*.

El efecto de la longitud de onda, se presentó en función de la especie y de la procedencia. *Yucca periculosa* procedencia "El Limón", presentó porcentajes de germinación mayores al 80 % bajo la incidencia de las tres longitudes de onda (Figura 3). La procedencia de Santiago C. presentó valores  $\leq 30$  %; sin embargo los valores más altos se presentaron con la longitud de onda de la luz ambiente (blanca) y del infrarrojo (oscuridad continua). En el caso de *Yucca filifera* los porcentajes de germinación fueron los más bajos (0 – 16.7 %). La luz blanca fue la que presentó el valor más alto (Figura 3).

#### **b) Efecto de las interacciones**

Los resultados de las interacciones solo fueron significativos para la interacción triple (procedencia x tratamiento pregerminativo x longitud de onda) (Cuadro 4; Figura 4).

Las mejores interacciones fueron:

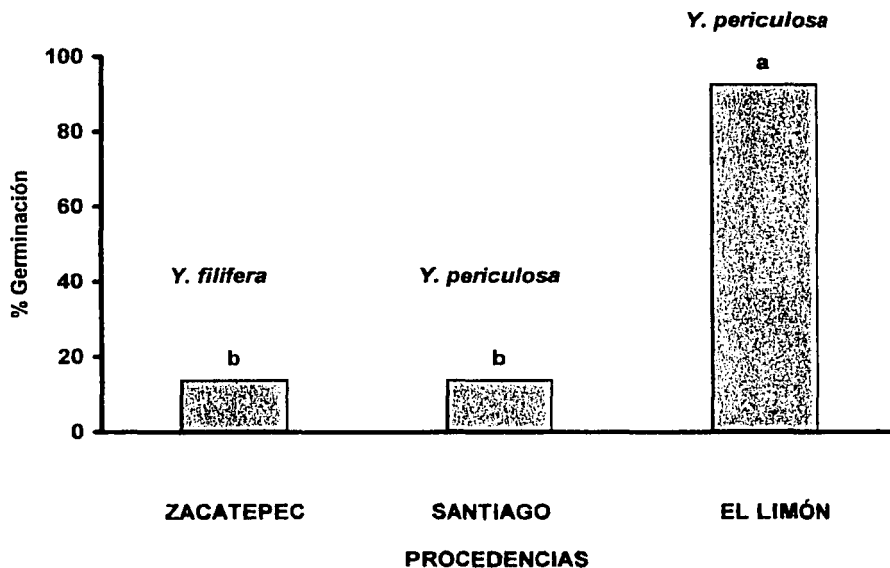
- 1) *Yucca periculosa* con la procedencia "El Limón" sin tratamiento pregerminativo y bajo la incidencia de las tres longitudes de onda.
- 2) *Yucca filifera*, sin tratamiento pregerminativo, bajo la incidencia de la luz blanca.



**Cuadro 4. ANDEVA multifactorial para la germinación de la *Yucca filifera***

Fuente de variación	S.C.	Gl.	C. M.	F	P
<b>Principales efectos</b>					
<b>P</b>	374083.51	2	187041.75	1244.887	≤ 0.05
<b>TG</b>	599.31	3	199.77	1.330	> 0.26
<b>LO</b>	1547.05	2	773.52	5.148	≤ 0.05
<b>P x TG</b>	1390.7986	6	231.79977	1.543	> 0.16
<b>P x LO</b>	1337.8472	4	334.46181	2.226	> 0.06
<b>TG x LO</b>	1412.6736	6	235.44560	1.567	> 0.15
<b>P x TG x LO</b>	5431.5972	12	452.63310	3.013	≤ 0.05
<b>Residual</b>	37862.500	252	150.24802		
<b>Total</b>	423665.28	287			

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = Suma de cuadrados; Gl = Grados de libertad; C.M. cuadrados medios; F= Variable de Fisher ( F Calculada); P= probabilidad



**Figura 2. Porcentaje de germinación de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* bajo el efecto de la procedencia**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

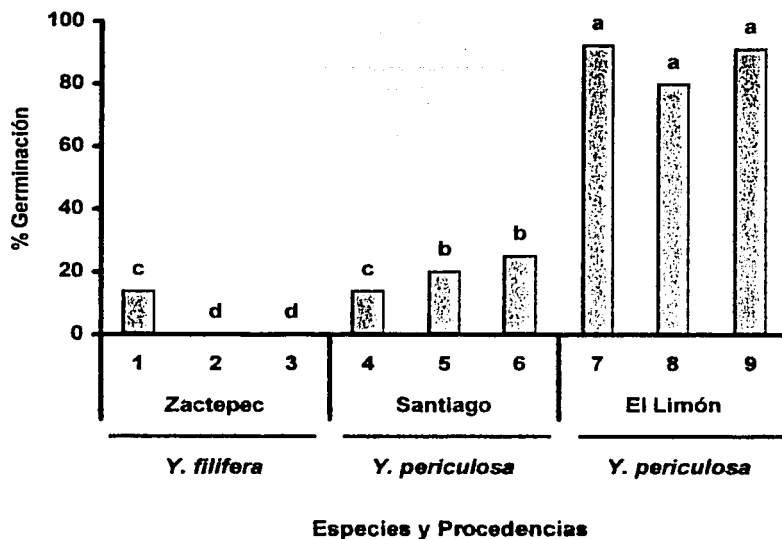


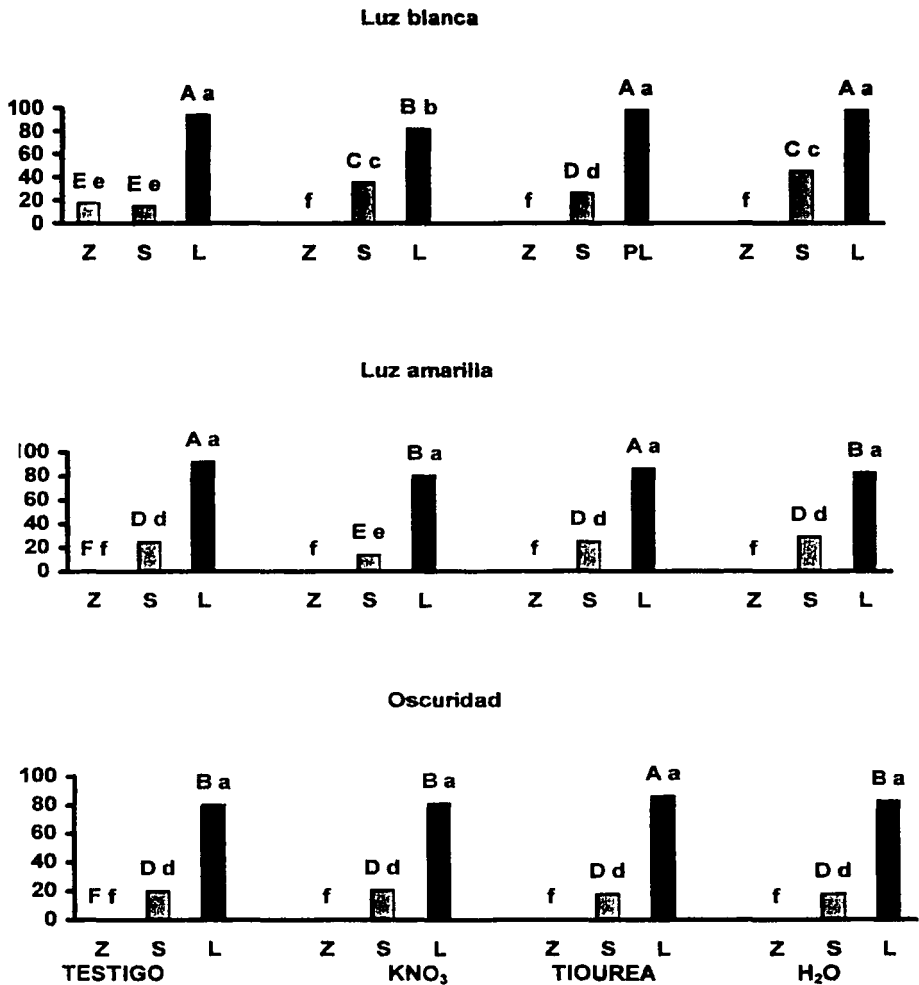
Figura 3. Porcentaje de germinación de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* bajo el efecto de la longitud de onda.

1,4,7 Longitud de onda de la luz blanca (390 – 780 Nm)

2,5,8 Longitud de onda de la luz amarilla (585 Nm)

3,6,9 Oscuridad continua (> 780Nm).

Germinación %



**TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS**

Figura 4. Porcentaje de germinación de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* bajo el efecto de la interacción triple procedencia x tratamiento pregerminativo por longitud de onda (Z= *Y. filifera*, Zacatepec; S= *Y. periculosa*, Santiago C., L=*Y. periculosa*. El Limón)

\* Literales mayúsculas representan diferencias entre procedencias y tratamientos pregerminativos, las literales minúsculas representan diferencias entre las diferentes longitudes de onda.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 7.2.2 Número promedio de días para que emerja la radícula

### a) Efecto de los factores individuales

En relación a el efecto de los factores por separado, solamente la procedencia y la longitud de onda, presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) sobre el número promedio de días para que emerja la radícula; así mismo, todas las interacciones entre los factores también resultaron diferentes (Cuadro 5).

No se observaron diferencias significativas en relación a la especie (Figura 5). Las dos especies del género *Yucca* germinan entre 21 y 30 días. (Cuadro 5; Figura 5). Por otro lado las diferencias se observaron a nivel de procedencia, donde *Y. periculosa* procedencia de Santiago C. germinó más rápidamente. Es importante señalar que esto no se pudo observar para Zacatepec donde solo se trabajó con una procedencia.

**Cuadro 5. ANDEVA multifactorial para el número promedio de días para que emerja la radícula de la *Yucca filifera***

Fuente de variación	S.C.	Gl.	C. M.	F	P
<b>Principales efectos</b>					
<b>P</b>	42609.836	2	21304.918	355.353	$\leq 0.05$
<b>TG</b>	125.835	3	41.945	.700	$> 0.55$
<b>LO</b>	1234.982	2	617.491	10.299	$\leq 0.05$
<b>P x TG</b>	1542.7963	6	257.13271	4.289	$\leq 0.05$
<b>P x LO</b>	1090.5533	4	272.63833	4.547	$\leq 0.05$
<b>TG x LO</b>	2386.6433	6	397.77388	6.635	$\leq 0.05$
<b>P x TG x LO</b>	4642.2259	12	386.85216	6.452	$\leq 0.05$
<b>Residual</b>	15108.470	252	59.954245		
<b>Total</b>	68741.341	287			

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = suma de cuadrados; G.l.=grados de libertad; C.M.=cuadrados medios; F= Variable de Fisher ( F Calculada) P= probabilidad.

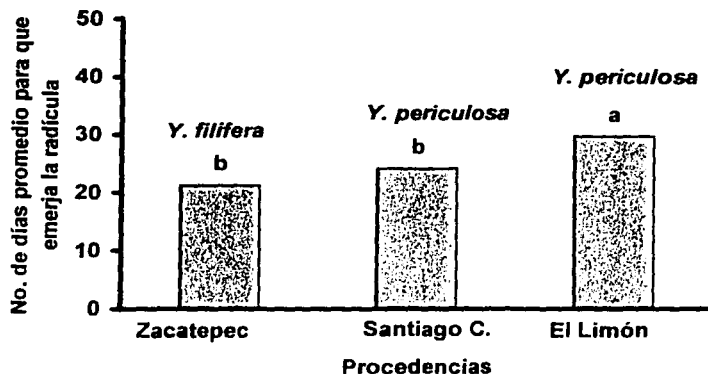


Figura 5. Número promedio de días para que emerja la radícula para *Y. filifera* y *Y. periculosa* en relación a la procedencia.

Por otro lado, la longitud de onda también afectó el número promedio de días para que emerja la radícula de las dos especies de *Yucca*.

El número promedio de días para que emerja la radícula, solo se pudo comparar para la *Yucca periculosa*; ya que en el caso de la *Y. filifera*, esta solo germinó bajo el efecto de la luz blanca.

Las semillas de la *Yucca periculosa*, de la procedencia "El Limón" germinaron más rápidamente bajo oscuridad continua (16.87 días). En el caso de la procedencia de Santiago C. no se observaron diferencias entre las diferentes longitudes de onda germinando entre 20 y 25 días. Es importante resaltar que el número promedio de días para que emerja la radícula fue igual estadísticamente, para las dos especies oscilando entre 16 y 25 días (Figura 6).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

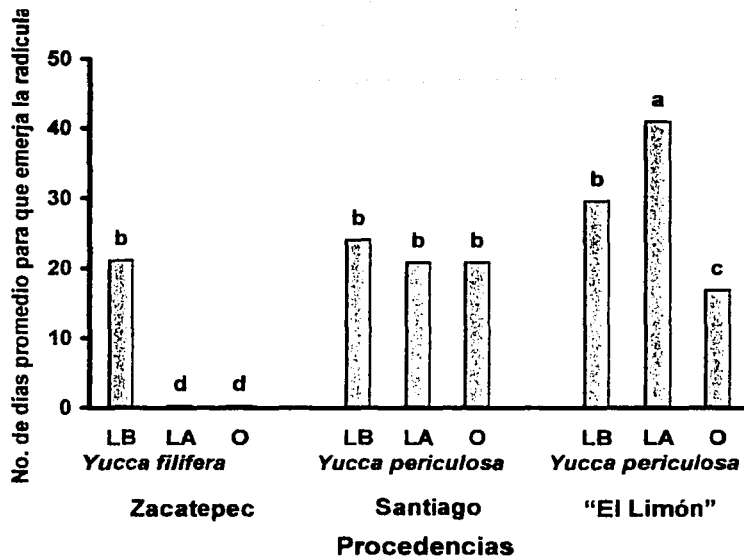


Figura 6. Número promedio de días para que emerja la radícula de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* bajo el efecto de tres longitudes de onda (LB= Luz blanca; LA= Luz amarilla; O= Oscuridad).

b) Efecto de las interacciones en el número promedio de días para que emerja la radícula

**Interacción Procedencia x tratamiento pregerminativo**

Para *Yucca periculosa*, el número promedio de días para que emerja la radícula presentó diferencias significativas solamente para la procedencia "El Limón" con el tratamiento pregerminativo de remojo en agua; donde la velocidad fue la más lenta (50 días). La mejor interacción fue *Yucca periculosa*, indistintamente de la procedencia y, sin la aplicación de

tratamiento pregerminativo. En el caso de *Y. filifera* el efecto de esta interacción no pudo ser comparado (Figura 7).

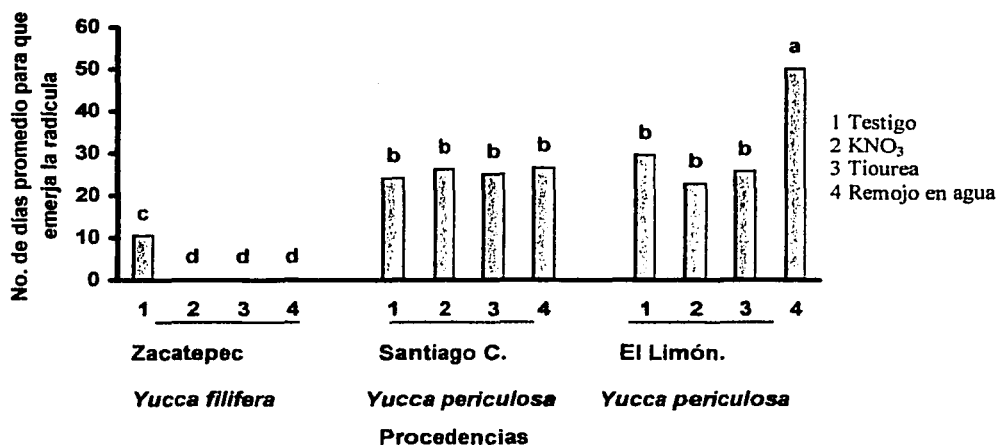


Figura 7. Número promedio de días para que emerja la radícula de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* bajo el efecto de la interacción doble procedencia x tratamiento pregerminativo.

#### Interacción doble: procedencia x longitud de onda.

Las mejores interacciones fueron: 1) *Yucca periculosa*, procedencia "El Limón", bajo oscuridad continua, donde la germinación se llevó a cabo en 16 días; 2) *Y. periculosa*, procedencia Santiago C., bajo la incidencia de las tres longitudes de onda, donde la germinación se dió entre 22 - 25 días (Figura 8).

#### Interacción doble: tratamiento pregerminativo x longitud de onda.

Para *Yucca periculosa*, independientemente de la procedencia, el número promedio de días para que emerja la radícula fue menor con la luz blanca y el tratamiento pregerminativo de remojo en agua. En la *Y. filifera* no se pudo comparar el efecto (Figura 8).

En el caso de “El Limón”, la longitud de onda de la luz amarilla aceleró la germinación en casi 10 días utilizando cualquiera de los tres tratamientos pregerminativos y comparándola con el testigo (Figura 8).

#### **Interacción procedencia x tratamiento pregerminativo x longitud de onda**

El número promedio de días para que emerja la radícula de las semillas de *Yucca periculosa*, procedencia “El Limón” bajo oscuridad continua, y sin aplicación de tratamiento pregerminativo fue mayor (11.5 días) (Figura 8). En el caso de la procedencia de Santiago C., el periodo de germinación más corto se presentó con la luz amarilla y oscuridad continua con el tratamiento pregerminativo de remojo en agua (20 días). Para *Y. filifera* no se pudo comparar el efecto de la interacción triple.



No. de días promedio para que emerja la radícula

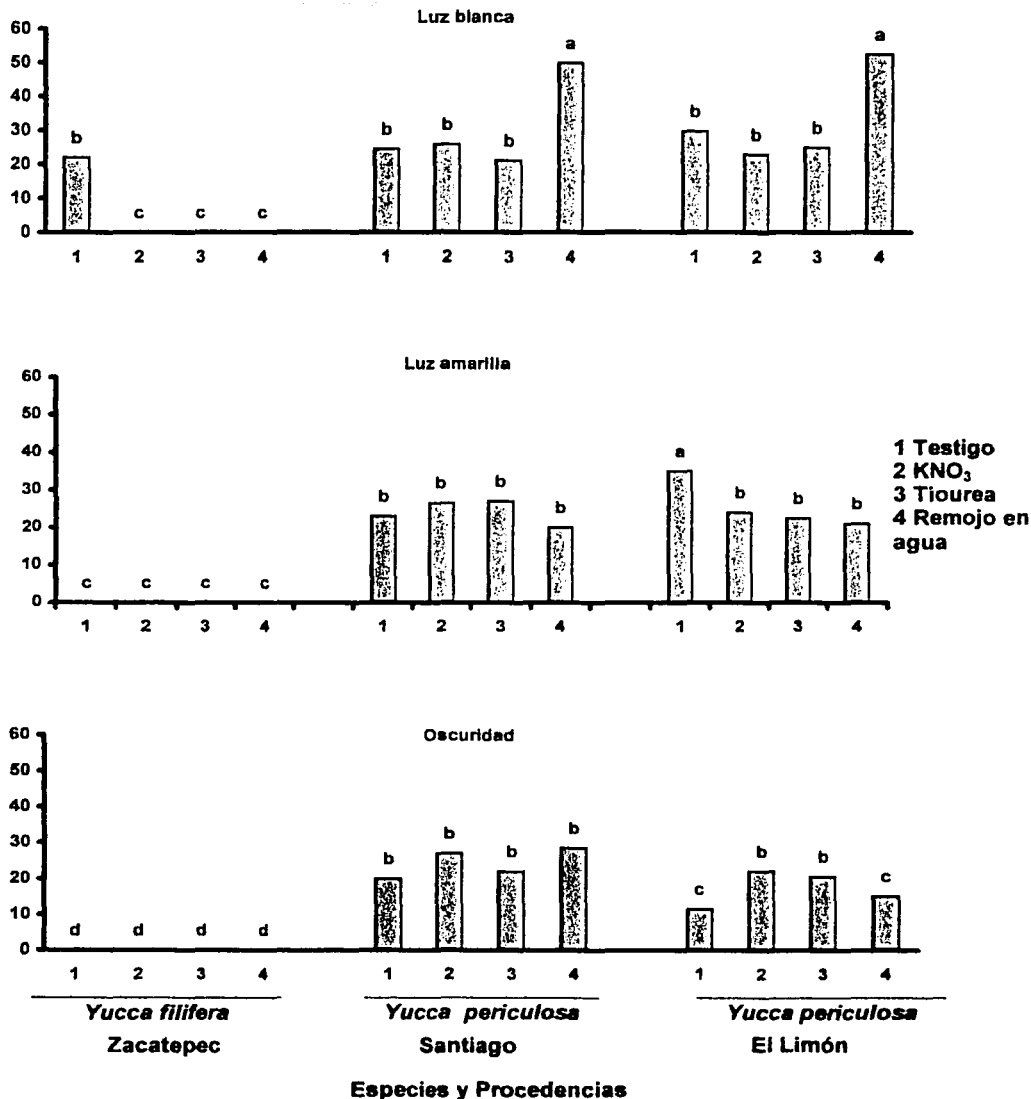


Figura 8. Número promedio de días para que emerja la radícula de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* bajo el efecto de la procedencia, el tratamiento pregerminativo y la longitud de onda

### 7.2.3 Longitud de raíz

#### a) Efecto de los factores individuales

Se presentó un efecto significativo en la longitud de raíz de las dos especies bajo el efecto de la procedencia, el tratamiento pregerminativo y la longitud de onda (Cuadro 6).

La longitud de la raíz, presentó diferencias significativas entre las especies y procedencias.

Para las dos especies, la luz blanca promovió las raíces más largas (Figura 11).

**Cuadro 6. ANDEVA multifactorial para la longitud de la *Yucca filifera***

Fuente de variación	S.C.	G.l	C.M.	F	P
P	3231.3925	2	1615.6963	464.233	≤ 0.05
TG	1328.4581	3	442.8194	15.2413	≤ 0.05
LO	357.8475	2	178.9237	5.0456	≤ 0.05
PxTG	699.80694	6	116.63449	8.3906	≤ 0.05
PxLO	117.53375	4	29.38344	8.443	≤ 0.05
TGxLO	212.77194	6	35.46199	10.189	≤ 0.05
PxTGxLO	166.83931	12	13.90328	3.995	≤ 0.05
Residual	877.05000	252	3.4803571		
Total	6991.7000	287			

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = suma de cuadrados; G.l = grados de libertad; C.M. = cuadrados medios; F = (variable de Fisher) P = probabilidad.

Los resultados muestran, que la *Yucca periculosa*, procedencia "El Limón", presentó las longitudes de raíz mayores (13.93 cm), en relación a la procedencia de Santiago C. y también a los de *Yucca filifera* procedencia Zacatepec. Es importante resaltar que la longitud de la raíz de las plantas de "El Limón" fueron 4 cm más grandes que las de Santiago C. y dos veces más largas que las de *Y. filifera* (Figura 9).

En relación al uso de tratamientos pregerminativos, la *Yucca filifera* procedencia de Zacatepec no presentó incremento en la longitud de la raíz; *Y. periculosa* procedencia Santiago C. se incrementó en 1 cm, "El Limón" se incrementó 2 centímetros con el tratamiento de remojo en agua (Figura 10).

### Efecto de las interacciones

Los resultados de la interacción triple, demostraron que la longitud de la raíz fue mejor para las siguientes interacciones:

*Yucca filifera* sin tratamiento pregerminativo y luz blanca; *Y. periculosa* Santiago C. sin tratamiento pregerminativo, indistintamente de la longitud de onda y *Y. periculosa* "El Limón" sin tratamiento pregerminativo y luz blanca (Figura 11). Sin embargo estas longitudes no superaron los resultados obtenidos con los factores por separado (Figura 10 Y 11).

Es importante resaltar que en el caso de las dos especies con sus respectivas procedencias, el tratamiento pregerminativo con tiourea afectó drásticamente la longitud de la raíz (Figura 12).

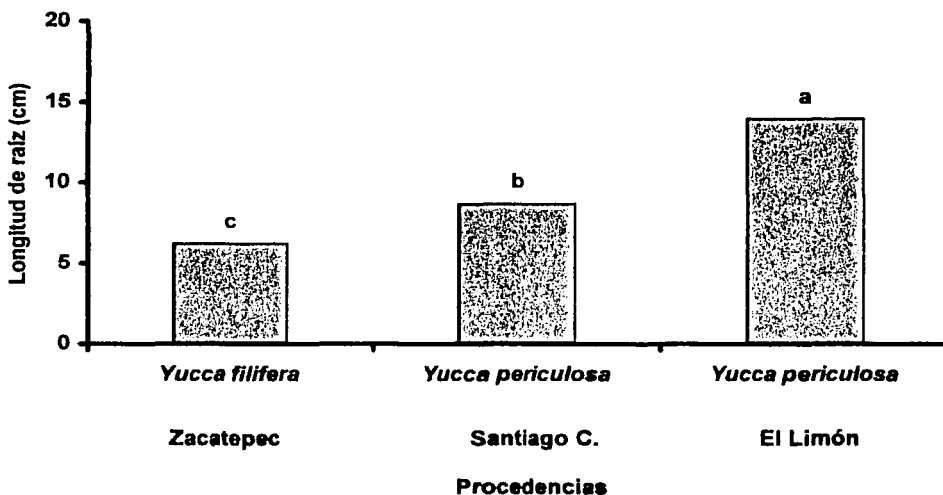
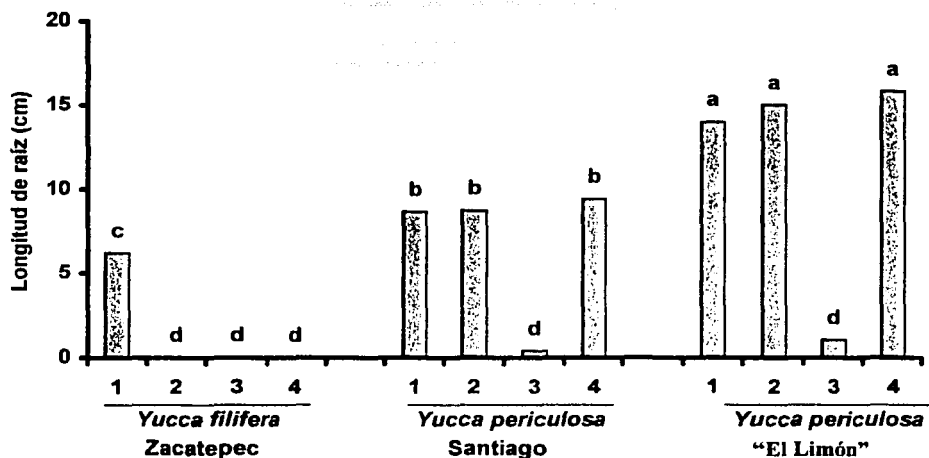


Figura 9. Longitud de raíz de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* bajo el efecto de la procedencia.



Tratamientos pregerminativos

Figura 10. Efecto del tratamiento pregerminativo en la longitud de la raíz de la *Yucca filifera* y *Y. periculosa* (1 = testigo; 2 = KNO<sub>3</sub>; 3 = tiourea y 4 = remojo en agua).

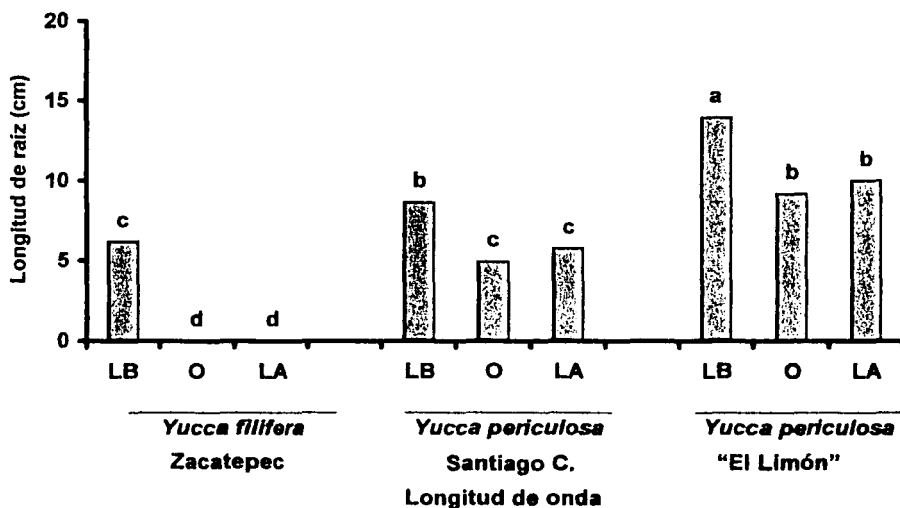


Figura 11. Efecto de la longitud de onda en la longitud de la raíz de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* (LB= Luz blanca; LA= Luz amarilla y O= Oscuridad)

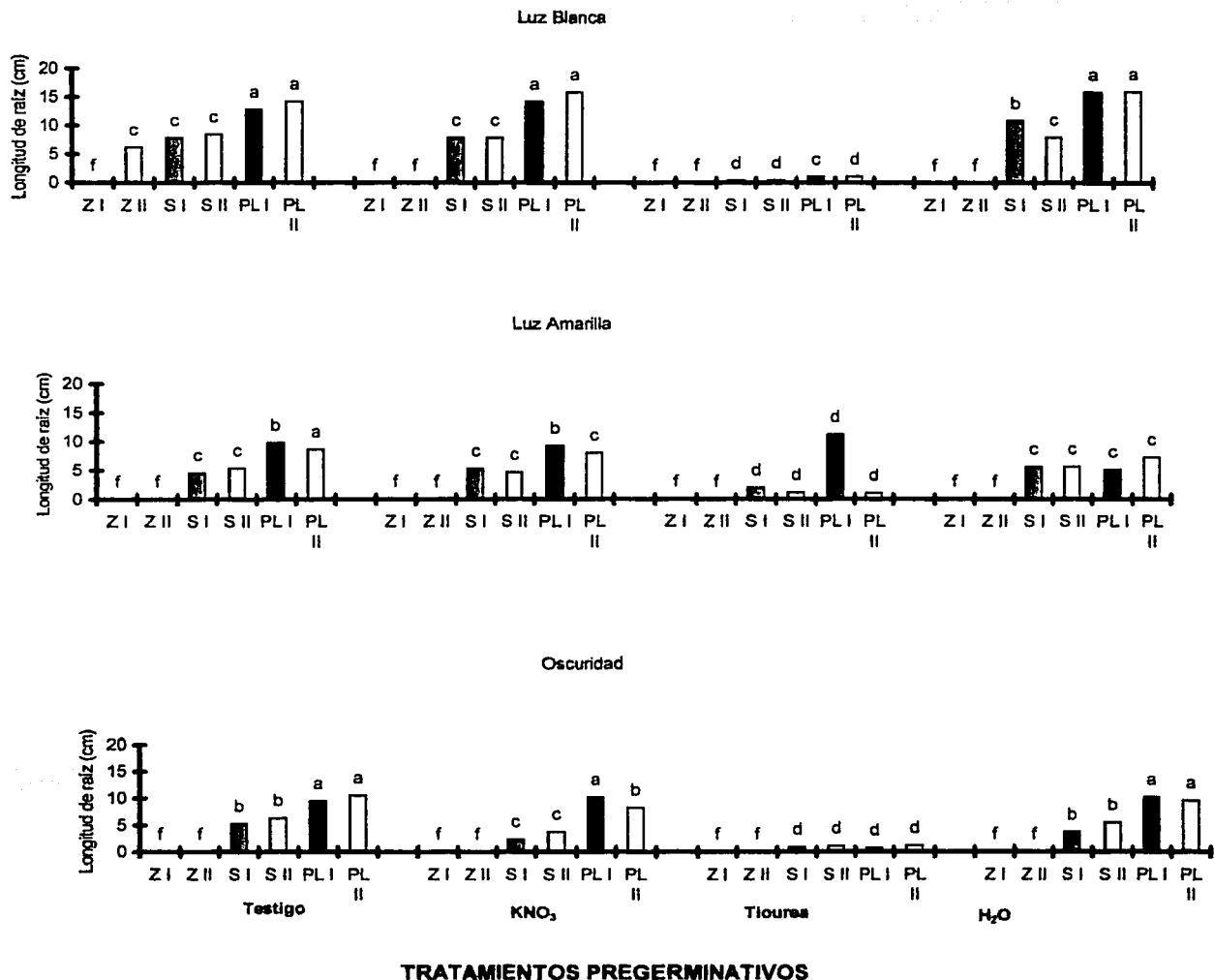


Figura 12. Efecto de la procedencia, la población, el tratamiento pregerminativo y la longitud de onda en la longitud de la raíz de *Yucca filifera* (ZI= Zacatepec población I; ZII= Zacatepec población II); y *Y. periculosa* (SI= Santiago población I; SII= Santiago población II; PLI= "El Limón" población I; PLII= "El Limón" población II).

## 7.2.4 Longitud de vástago

### Efecto de los factores individuales

El efecto de los factores por separado, así como todas las interacciones, presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la longitud del vástago (Cuadro 7).

Al igual que en el caso de la longitud de raíz, *Yucca periculosa* procedencia "El Limón" fue la que presentó la mayor longitud del vástago, resultando 6 cm más largo que la procedencia de Santiago C. y el doble de la longitud del vástago presentado por *Y. filifera* procedencia Zacatepec (Figura 13).

### Efecto de las interacciones

En relación al tratamiento pregerminativo, los resultados presentaron un incremento de 2 cm en la longitud del vástago en *Yucca filifera* con los tratamientos  $KNO_3$  y remojo en agua. En el caso de *Y. periculosa* procedencia "El Limón" el incremento fue de 1 a 2 cm con estos mismos tratamientos (Figura 14).

Por otro lado, la longitud de onda también incrementó la longitud del vástago. En el caso de *Yucca periculosa* la procedencia de Santiago C., presentó un incremento de 4 cm con la luz amarilla, en el caso de "El Limón" el incremento fue menor, de 0.5 cm bajo condiciones de oscuridad (Figura 15).

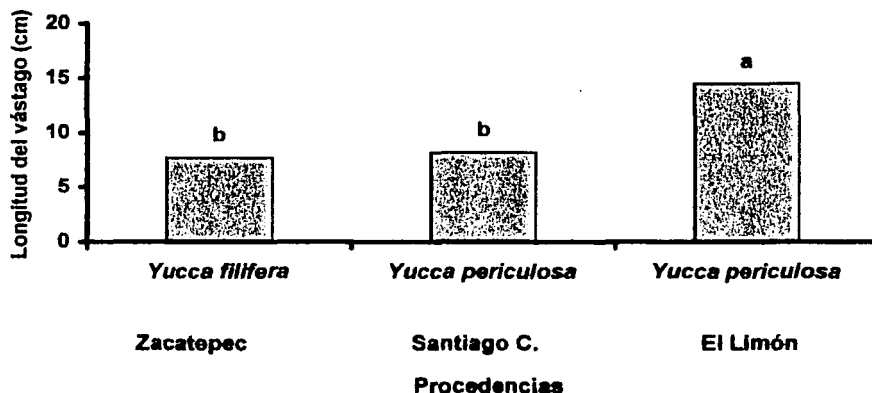
En relación a los resultados de las interacciones triples las mejores fueron:

- a) *Yucca filifera* con tratamiento pregerminativo de remojo en agua y luz ambiente y;
- b) *Yucca periculosa* para ambas procedencias sin tratamiento pregerminativo y luz ambiente (Figura 16).

**Cuadro 7. ANDEVA multifactorial para la longitud de vástago de *Yucca filifera***

Fuente de variación	S.C.	G.l	C.M.	F	P
P	3653.5426	2	1826.7713	826.835	≤ 0.05
TG	1660.3638	3	553.4546	250.505	≤ 0.05
LO	482.5442	2	241.2721	109.205	≤ 0.05
PxTG	798.15438	6	133.02573	60.210	≤ 0.05
PxLO	152.03785	4	38.00946	17.204	≤ 0.05
TGxLO	242.87604	6	40.47934	18.322	≤ 0.05
PxTGxLO	160.61021	12	13.38418	6.058	≤ 0.05
Residual	556.75750	252	2.2093552		
Total	7706.8865	287			

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = suma de cuadrados; G.l = grados de libertad; C.M. = cuadrados medios; F = (variable de Fisher); P = probabilidad.



**Figura 13. Efecto de la procedencia en la longitud del vástago de *Yucca filifera* y *Yucca periculosa*.**

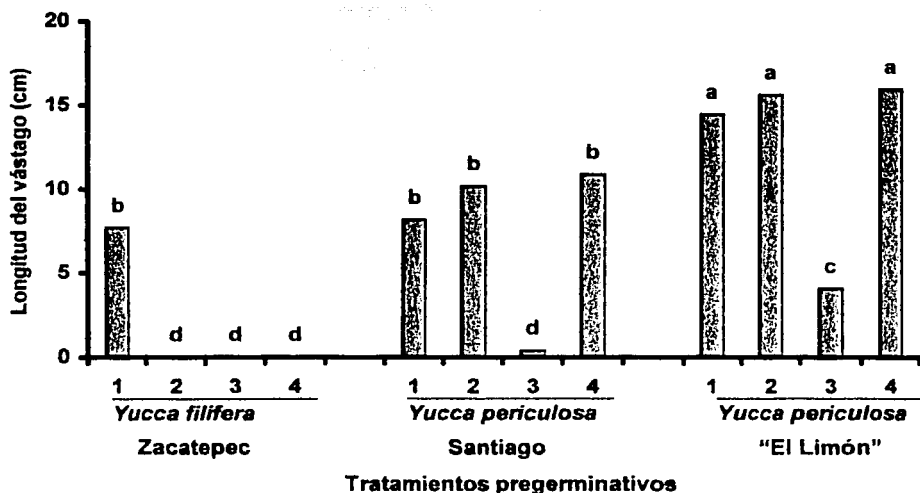


Figura 14. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la longitud del vástago de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* (1 = testigo; 2 = KNO<sub>3</sub>; 3 = Tiourea y 4 = Remojo en agua).

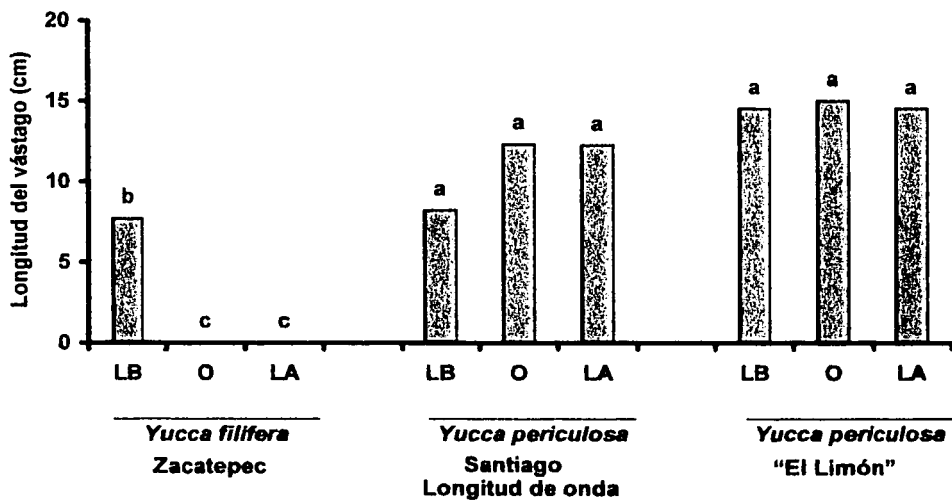


Figura 15. Efecto de la longitud de onda en la longitud del vástago de *Yuca filifera* (LB=Luz Blanca; O=Oscuridad; LA=Luz amarilla)



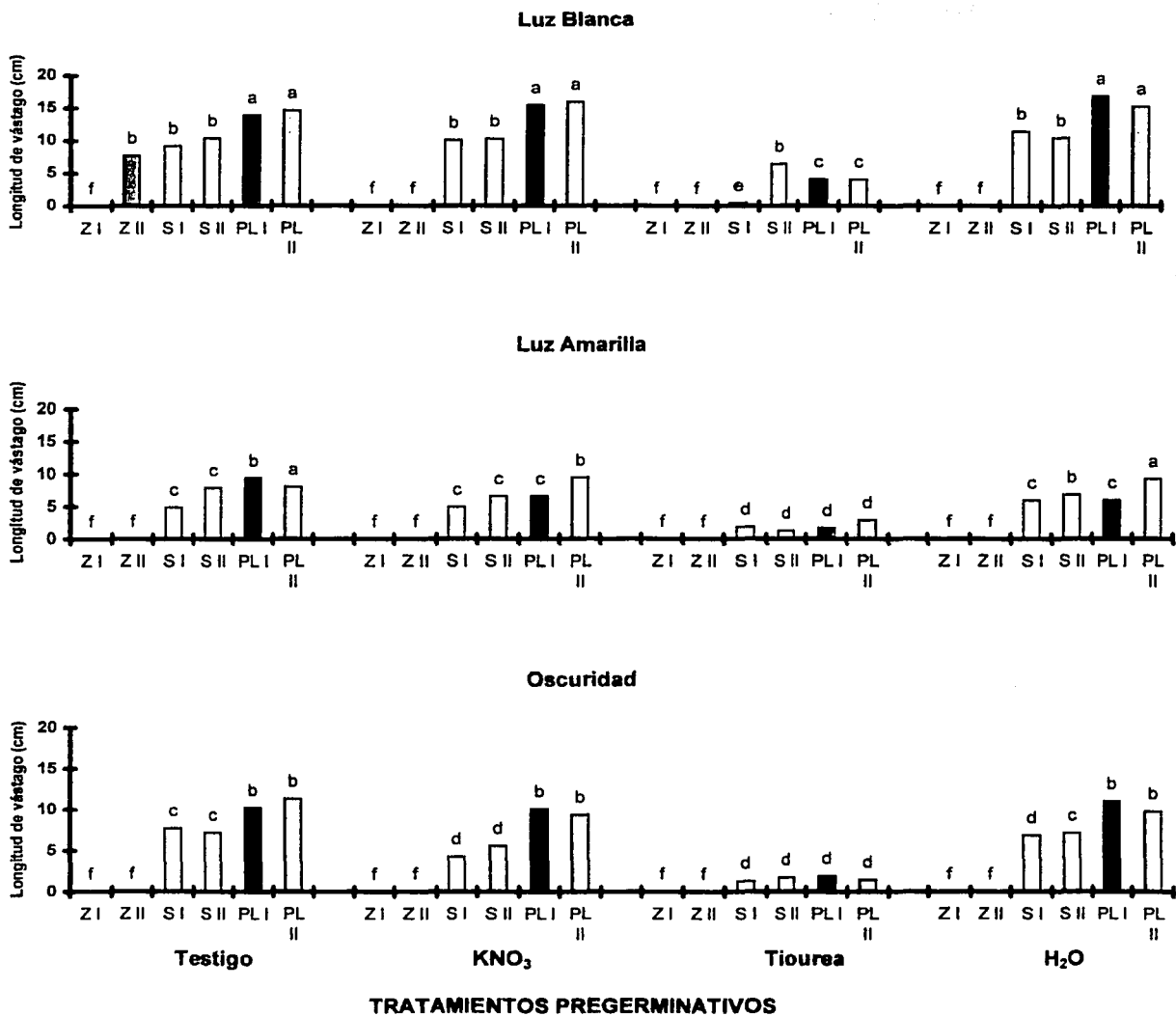


Figura 16. Efecto de la procedencia, la población, el tratamiento pregerminativo y la longitud de onda en la longitud del vástago de *Yucca filifera* (ZI= Zacatepec población I; ZII= Zacatepec población II); y de *Yucca periculosa* (SI= Santiago población I; SII= Santiago población II; PLI= "El Limón" población I; PLII= "El Limón" población II).

### 7.3 Resultados del análisis factorial donde los principales factores fueron población, tratamiento pregerminativo y longitud de onda.

#### 7.3.1 Porcentaje de germinación

El efecto de los factores por separado, solo fue significativo para la población y para la longitud de onda; sin embargo en todas las interacciones el efecto fue significativo (Cuadro 8).

**Cuadro 8. ANDEVA multifactorial para la germinación de *Yucca filifera***

Fuente de variación	S.C.	G.l	C.M.	F	P
P	381690.28	5	76338.056	821.883	≤ 0.05
TG	599.31	3	199.769	0.7873	> 0.09
LO	1547.05	2	773.524	3.2853	≤ 0.05
PxTG	3792.361	15	252.82407	0.6308	≤ 0.05
PxLO	2537.326	10	253.73264	2.732	≤ 0.05
TGxLO	1412.674	6	235.44560	2.535	≤ 0.05
PxTGxLO	12023.785	30	400.79282	4.315	≤ 0.05
Residual	20062.500	216	92.881944		
Total	423665.28	287			

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = suma de cuadrados; G.l = grados de libertad; C.M.=cuadrados medios; F=(variable de Fisher); P= probabilidad.

La población presentó un efecto significativo sobre la germinación, únicamente para las procedencias de *Yucca periculosa* procedencia Santiago C. y para *Yucca filifera*, procedencia Zacatepec (Figura 17).

En el caso de la procedencia de Santiago C. de *Yucca periculosa*, la población dos presentó los mejores porcentajes de germinación, indistintamente de la longitud de onda; sin embargo es necesario resaltar que la germinación no superó el 60 %, a excepción del tratamiento pregerminativo de remojo en agua con la luz blanca (ambiente), el cual fue mayor al 80%.

En el caso de la procedencia de Zacatepec de *Yucca filifera* únicamente las semillas de la población dos con la luz blanca (ambiente), y sin tratamiento pregerminativo fueron los que germinaron.

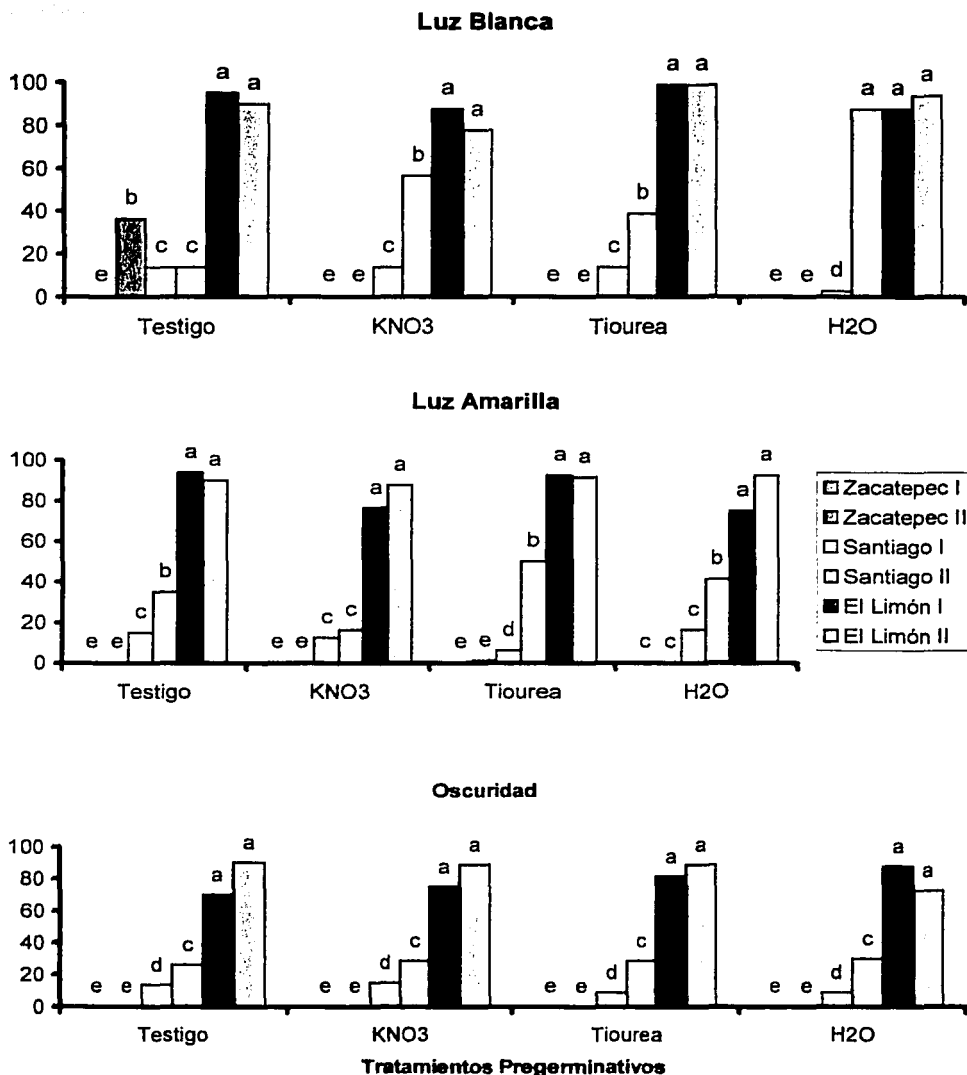


Figura 17. Efecto de la población, el tratamiento pregerminativo y longitud de onda en la germinación de *Yucca filifera* (ZP1=Zacatepec población 1; ZP2=Zacatepec población 2) y de *Yucca periculosa* (SP1=Santiago C. población 1; SP2=Santiago población 2; L1="El Limón" población 1; L2="El Limón" población 2).

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 7.3.2 Número promedio de días para que emerja la radícula

El análisis multifactorial reflejó diferencias significativas en el efecto de los factores individuales, a excepción del tratamiento pregerminativo; así mismo todas las interacciones resultaron significativas (Cuadro 9); por lo que en este estudio y de acuerdo a los objetivos, solamente se analiza la interacción triple.

**Cuadro 9. Análisis multifactorial para el número promedio de días para que emerja la radícula.**

Fuente de variación	S.C.	G.l	C.M.	F	P
P	43735.836	5	8747.1672	296.623	≤ 0.05
TG	125.835	3	41.9448	1.422	> 0.23
LO	1234.982	2	617.4912	20.940	≤ 0.05
PxTG	3347.4067	15	223.16045	7.568	≤ 0.05
PxLO	3586.7191	10	358.67191	12.163	≤ 0.05
TGxLO	2386.6433	6	397.77388	13.489	≤ 0.05
PxTGxLO	7954.2661	30	265.14220	8.991	≤ 0.05
Residual	6369.6532	216	29.489135		
Total	68741.341	287			

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = suma de cuadrados; G.l = grados de libertad; C.M. = cuadrados medios; F = (variable de Fisher); P = probabilidad.

El efecto de la población sobre el número promedio de días para que emerja la radícula no fue muy claro. Este dependió principalmente de la especie y de la procedencia. El número promedio de días para que emerja la radícula para “El Limón” osciló entre 10 y 65 días (Figura 18), pero la mejor interacción fue la población dos con el tratamiento pregerminativo agua bajo condiciones de oscuridad, donde las semillas germinaron en sólo 10 días (Figura 18). Es importante señalar que esta observación fue cualitativa ya que no se analizaron estadísticamente la diferencia entre especies.

En relación a la procedencia de Santiago C. de *Yucca periculosa*, el número promedio de días para que emerja la radícula osciló entre 12 y 40 días; sin embargo la interacción significativamente diferente y la mejor en cuanto a el mayor número promedio de días para que emerja la radícula fue la población uno con el tratamiento pregerminativo tiourea bajo condiciones de luz blanca (Figura 18).

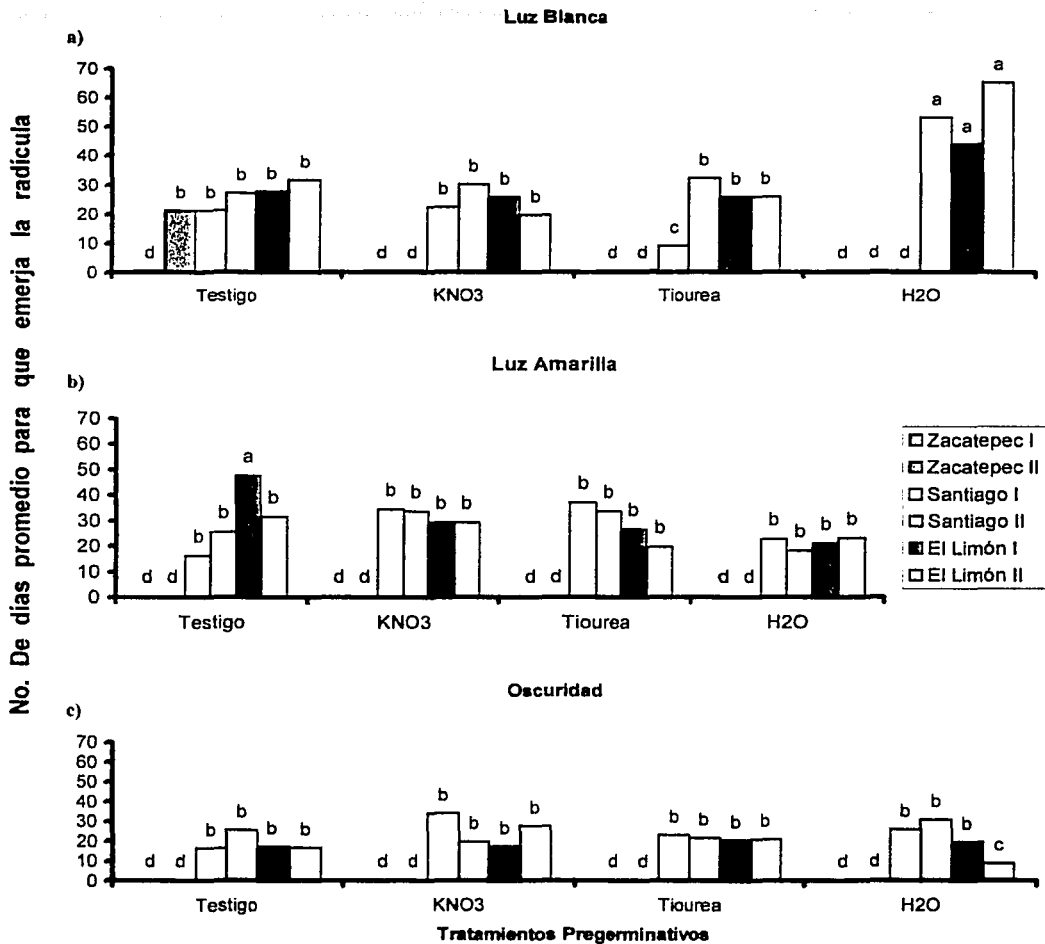


Figura 18. Efecto de la población, el tratamiento pregerminativo y la longitud de onda en el número promedio de días para que emerja la radícula de *Yucca filifera* (ZP1=Zacatepec población 1; ZP2=Zacatepec población 2) y de *Yucca periculosa* (SP1=Santiago C. población 1; SP2=Santiago población 2; L1="El Limón" población 1; L2="El Limón" población 2).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 7.3.3 Longitud de vástago.

El análisis multifactorial proporcionó diferencias significativas tanto a nivel de los factores individuales como para las interacciones (Cuadro 10), por lo que al igual que en los casos anteriores, solamente se describe la interacción triple.

**Cuadro 10. Análisis multifactorial para la longitud del vástago de *Yucca filifera***

Fuente de variación	S.C.	G.l	C.M.	F	P
P	3672.4128	5	734.48256	454.118	≤ 0.05
TG	1660.3638	3	553.45458	342.191	≤ 0.05
LO	482.5442	2	241.27212	149.174	≤ 0.05
PxTG	836.25833	15	55.750556	34.470	≤ 0.05
PxLO	195.66701	10	19.566701	12.098	≤ 0.05
TgxLO	242.87604	6	40.479340	25.028	≤ 0.05
PxTGxLO	267.40937	30	8.913646	5.511	≤ 0.05
Residual	349.35500	216	1.6173843		
Total	7706.8865	287			

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = suma de cuadrados; G.l = grados de libertad; C.M. = cuadrados medios; F = (variable de Fisher); P = probabilidad.

La longitud del vástago para la procedencia del Limón de *Yucca periculosa*, osciló entre 6 y 16 cm; sin embargo las mejores interacciones fueron: poblaciones uno y dos sin tratamiento pregerminativo con luz blanca; población uno sin tratamiento pregerminativo con luz amarilla y población dos sin tratamiento pregerminativo en oscuridad (Figura 15).

La procedencia de Santiago C. de la misma *Yucca periculosa*, presentó una longitud del vástago de 2 - 10 cm y las mejores interacciones fueron: poblaciones uno y dos sin tratamiento pregerminativo con luz blanca; poblaciones uno y dos sin tratamiento pregerminativo con luz amarilla y poblaciones uno y dos sin tratamiento pregerminativo en oscuridad (Figura 16).

Para la procedencia de Zacatepec de *Yucca filifera*, la longitud del vástago no se pudo cuantificar, dada la alta mortandad de los individuos.

### 7.3.4 Longitud de raíz

Para la longitud de la raíz, tanto el efecto de los factores por separado, así como de las interacciones resultó significativo (Cuadro 11). Solamente se describen los resultados de la interacción triple.

**Cuadro 11. Análisis multifactorial para la longitud de la raíz**

Fuente de variación	S.C.	G.l	C.M.	F	P
P	3245.2983	5	649.05967	207.288	≤ 0.05
TG	1328.4581	3	442.81935	28.5868	≤ 0.05
LO	357.8475	2	178.92375	5.0456	≤ 0.05
PxTG	744.57361	15	49.638241	5.4900	≤ 0.05
PxLO	154.96542	10	15.496542	4.949	≤ 0.05
TGxLO	212.77194	6	35.461991	11.325	≤ 0.05
PxTGxLO	271.44514	30	9.048171	2.890	≤ 0.05
Residual	676.34000	216	3.1312037		
Total	6991.7000	287			

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = suma mde cuadrados; G.l =grados de libertad; C.M.=cuadrados medios; F=(variable de Fisher); P= probabilidad.

Para la procedencia de “El Limón” de *Yucca periculosa*, la longitud de la raíz osciló entre 4 y 15 cm, resultando las mejores interacciones (Figura 12): poblaciones uno y dos sin tratamiento pregerminativo con luz blanca y población dos sin tratamiento pregerminativo con luz amarilla (Figura 12).

Para la procedencia de Santiago C. de *Yucca periculosa*, la longitud de la raíz osciló entre 4 y 13 cm, resultando la mejor interacción: población uno con tratamiento pregerminativo de remojo en agua y luz blanca.

Para la procedencia de Zacatepec no se obtuvieron valores dada la alta mortandad de plántulas (Figura 12).

#### **7.4. Sobrevivencia, altura y número de hojas de plantas de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* de un año de edad**

##### **7.4.1 Sobrevivencia**

Solamente las plantas de *Yucca periculosa* de "El Limón" y Santiago Coacnopalan germinadas bajo las longitudes de onda de la luz blanca y la luz amarilla lograron sobrevivir.

Para la procedencia de Santiago C., se observó una mayor sobrevivencia cuando las plantas crecieron bajo la longitud de onda de la luz blanca, con la luz amarilla la sobrevivencia fue menor del 20 %. En ambos casos la sobrevivencia fue mejor para la población dos y con el tratamiento pregerminativo de remojo en agua (Figura 19).

Para la procedencia de "El Limón" la mayor sobrevivencia se dió también con la luz blanca, pero esta no fue superior al 30 % y, con la luz amarilla fue menor al 15 %. En el caso de la luz blanca, la sobrevivencia fue mayor para la población dos con el tratamiento pregerminativo de  $KNO_3$ .



S o b r e v i v e n c i a %

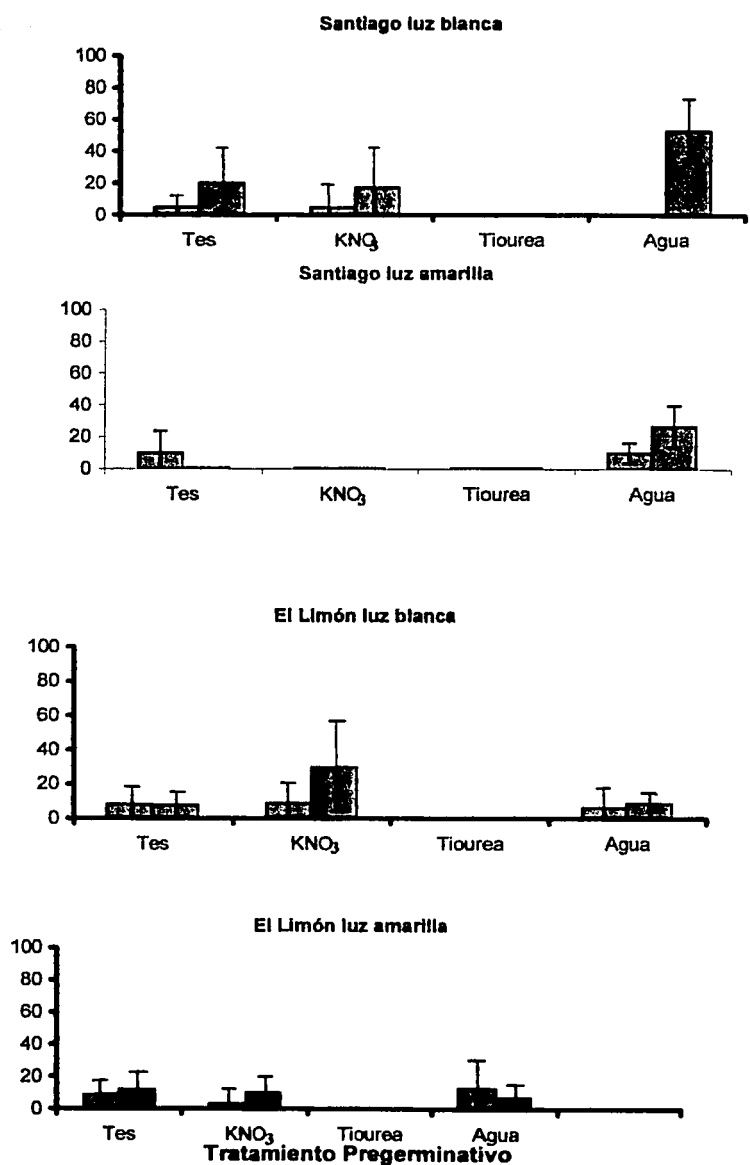


Figura 19. Supervivencia de plantas de un año de edad de las dos de *Y. periculosa*.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### 7.4.2 Altura

En el caso de las plantas procedentes de las semillas de Santiago C. de *Yucca periculosa*, germinadas en luz blanca, la altura fue de 30 cm tanto para con los tratamientos pregerminativos de remojo en agua y  $KNO_3$ ; con la luz amarilla la altura de la planta fue de 20 – 22 cm, para los mismos tratamientos pregerminativos (Figura 20).

De igual manera para la procedencia "El Limón" la altura de la planta fue mayor (25 – 30 cm) con la luz blanca, y la población dos indistintamente del tratamiento pregerminativo. En el caso de la luz amarilla esta fue menor de 20 cm (Figura 20).

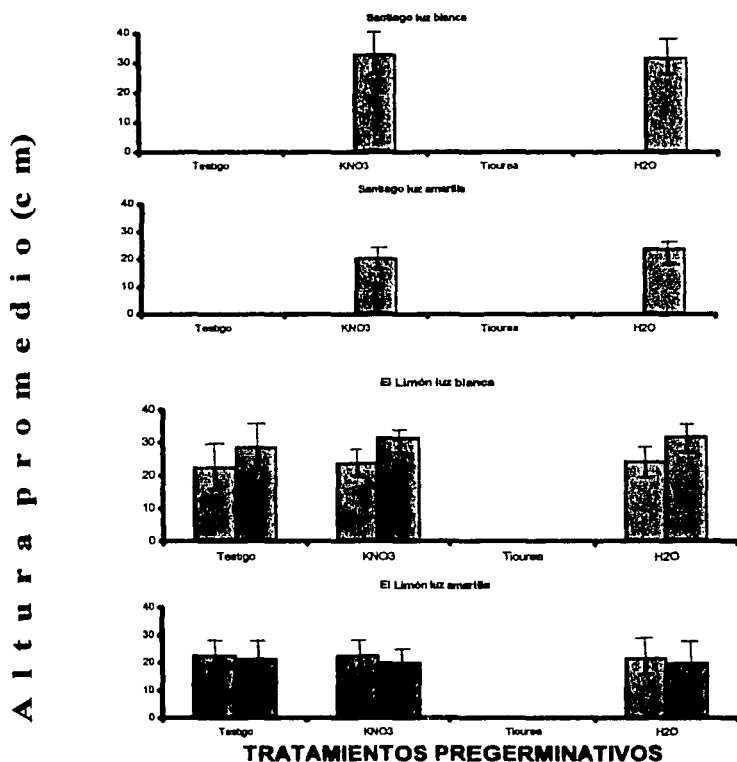


Figura 20. Altura promedio de plantas de un año de edad de *Yucca filifera* y *Y. periculosa* (■ Población uno; ■ Población dos).

### 7.4.3 Número de hojas

Las plantas procedentes de Santiago C. y de "El Limón" de *Yucca periculosa*, presentaron el mayor número de hojas, cuando las semillas germinaron bajo la longitud de onda de la luz blanca, resultando este número de hojas el doble, en relación a las plantas procedentes de semillas germinadas bajo la luz amarilla. Para Santiago la interacción con el tratamiento pregerminativo de remojo en agua favoreció el número de hojas. Para "El Limón" no hubo diferencias en relación a los tratamientos pregerminativos (Figura 21).

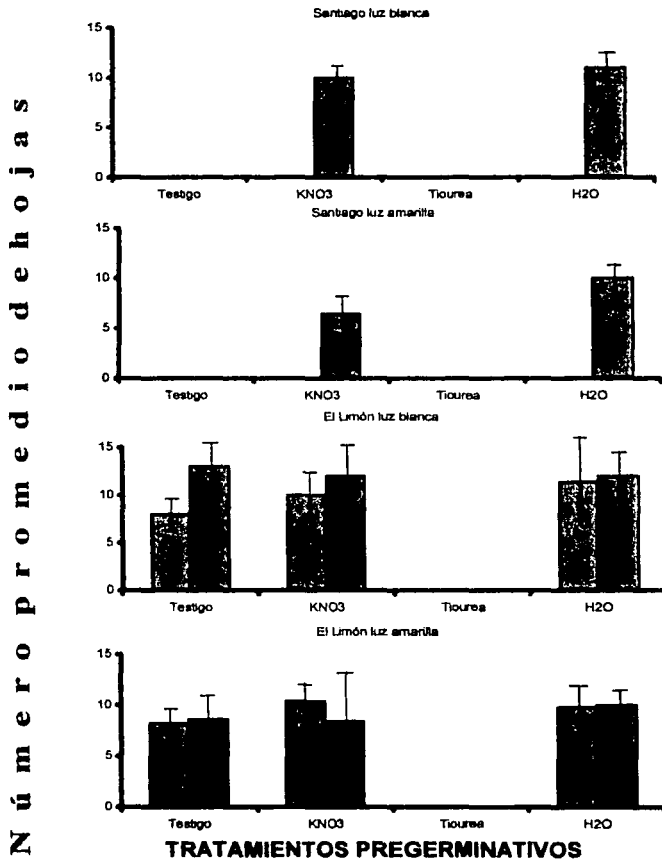


Figura 21. Número de hojas en plantas de *Yucca periculosa*

(Población uno; ■ Población dos ■ ).

**7.5. Resumen comparativo del efecto de los factores: procedencia y población sobre cada una de las variables estudiadas en la *Yucca filifera* y *Yucca periculosa***

El análisis de varianza reflejó que la procedencia fue el factor que tuvo el efecto principal sobre la germinación, número promedio de días para que emerja la radícula, longitud de vástago y la longitud de la raíz para las dos especies de genero *Yucca* (Cuadro 12 ).

**Cuadro 12. ANDEVA de los factores procedencia y población para las dos especies bajo estudio.**

Variable de respuesta % de germinación					
Fuente de variación	S. C.	G. l	C. M.	Comparación de variables	Porcentaje
Total	423665.28	287			
Procedencia	374083.51	2	187041.75	1921.939	90.64
Población	7606.77	3	2535.59	49.724	2.34
Error	41975.00	282	148.85	148.848	7.02

Variable de respuesta Longitud de vástago (cm)					
Fuente de variación	S. C.	G. l	C. M.	Comparación de variables	Porcentaje
Total	7706.8865	287			
Procedencia	3653.5426	2	1826.7713	18.963	57.00
Población	18.8702	3	6.2901	0.000	0.00
Error	4034.4737	282	14.3066	14.307	43.00

Variable de respuesta Longitud de raíz (cm)					
Fuente de variación	S. C.	G. l	C. M.	Comparación de variables	Porcentaje
Total	6991.7000	287			
Procedencia	3231.3925	2	1615.6963	16.782	55.81
Población	13.9058	3	4.6353	0.000	0.00
Error	3746.4017	282	13.2851	13.285	44.19

P = Procedencia; TG = Tratamiento pregerminativo; LO = Longitud de onda; S.C. = suma de cuadrados; G.l =grados de libertad; C.M.=cuadrados medios; F=(variable de Fisher); P= probabilidad.

## VIII DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### I Análisis físico y biológico de las semillas de *Yucca filifera* y *Y. periculosa*.

Los individuos de *Y. periculosa* de las dos procedencias: el Limón y Santiago Coacnopalan, presentaron el mayor número de semillas sanas por kilogramo y, *Y. filifera*, procedencia de Zacatepec presentó un número menor. La variabilidad en el número de semillas sanas por kilogramo entre especies puede ser una característica inherente a estas poblaciones (genética) o puede ser una respuesta a las condiciones del medio.

El género *Yucca*, es polinizado por un lepidóptero del género *Tegeticula*, las hembras ovipositan en el interior de los pistilos de las flores y las larvas un vez emergidas se alimentan tanto de las semillas en desarrollo como de las maduras (Villavicencio, 1994). En el caso de las semillas de *Yucca filifera*, se observó un mayor porcentaje de semillas picadas, lo cual se atribuye a un mayor daño por las larvas de *Tegeticula*; sin embargo, es necesario confirmar esto con estudios posteriores sobre densidades de oviposición y porcentaje de depredación de semillas.

En relación a las condiciones del medio, se observó que en Zacatepec donde crece la *Yucca filifera*, la perturbación es mayor; gran parte de la vegetación nativa ha sido reemplazada por cultivos agrícolas, donde de alguna manera la estructura y dinámica del suelo han sido alteradas y, del mismo modo la temperatura y humedad ambiental han cambiado. Todos estos aspectos finalmente pueden influir en la producción y sanidad de las semillas; por otro lado los cambios ambientales pueden promover alteraciones en el comportamiento y ciclo de vida de los polinizadores.

En relación a la viabilidad de las semillas, *Yucca periculosa* presentó los valores más altos; sin embargo para esta variable las diferencias se dieron además del nivel de especie, a nivel de procedencia, donde las semillas de el Limón presentaron los valores más altos; Santiago C. valores intermedios y *Y. filifera*, procedencia de Zacatepec, presentó los valores más bajos. La pérdida de viabilidad de las semillas puede ser una función directa de la edad de los individuos padre, de las tasas de depredación por insectos o del efecto de las condiciones ambientales. En el caso de la *Yucca filifera*, procedencia de Zacatepec, que presentó valores muy bajos de viabilidad, podría tratarse de semillas procedentes de padres viejos, lo cual aunado a las malas condiciones ambientales donde crece, se propician

producciones de semillas con baja viabilidad. Wilson y Witkowski (1998), mencionan que las altas temperaturas ambientales pueden provocar pérdida en la viabilidad de las semillas de *Acacia karoo* y *A. tortilis*. Es importante resaltar que la *Y. filifera* en la procedencia de Zacatepec se encuentra distribuida en una amplia franja que rodea una serie de cultivos agrícolas, los cuales frecuentemente están sometidos a la rosa tumba y quema, que temporalmente provoca el incremento de la temperatura tanto del suelo como del aire y estos cambios térmicos podrían propiciar la pérdida de viabilidad en las semillas de *Y. filifera*.

*Yucca periculosa* en cambio, crece en sitios más naturales, menos perturbados, donde la temperatura ambiental, aunque es un factor que no se evaluó en este estudio, debe ser menor a la registrada en Zacatepec pues hay que señalar que la procedencia de el Limón, colinda con el estado de Veracruz, donde las condiciones de humedad atmosférica son más altas. Estas condiciones podrían favorecer la producción de semillas con un mayor porcentaje de viabilidad. Así mismo, la germinación de las tres procedencias presentó el mismo comportamiento que la viabilidad. *Y. periculosa*, procedencia el Limón germinó de un 90 a 95%, Santiago C. de 40 a 50% y *Y. filifera* procedencia de Zacatepec sólo germinó en un 13.75%. Es necesario resaltar que la población también presentó un efecto directo sobre el porcentaje de germinación. *Yucca filifera* presentó mejores resultados para la población dos, incluso la población uno, no germinó. *Yucca periculosa* procedencia Santiago C. no presentó diferencias en sus dos poblaciones y el Limón fue ligeramente mayor en la población uno, sin embargo las diferencias no fueron estadísticas. Esto confirma el efecto de las condiciones ambientales prevalecientes donde las especies crecen.

El número promedio de días para que emerja la radícula, presentó diferencias a nivel de la procedencia, como a nivel de la población. En general, las dos especies de *Yucca*, germinan entre 21 y 31 días. *Yucca periculosa* de la procedencia de el Limón que presentó un mayor porcentaje de germinación tardo más en germinar (alrededor de cuatro días más) en relación a las procedencias de Santiago C. y Zacatepec. En general las poblaciones dos de las tres procedencias presentaron velocidades de germinación más lentas. Esto podría ser atribuido principalmente a las condiciones de humedad prevalecientes en cada sitio, lo cual refleja la variabilidad de las condiciones ambientales en la misma zona pero a una escala menor.

El número promedio de días para que emerja la radícula de las semillas esta en función de las condiciones hídricas características de los ecosistemas o micrositos; de esta manera, aquellas semillas de zonas expuestas a periodos hídricos cortos, tenderán a germinar más rápidamente, como una estrategia para aprovechar eficientemente el agua que puede estar disponible en pequeñas cantidades; en cambio, aquellas semillas expuestas en sitios cuyos periodos hídricos son más largos, pueden presentar estrategias de germinación más lentas (Kigel y Galili, 1995), como una respuesta a las condiciones ambientales de temperatura y precipitación más favorables. Este mecanismo es el que se presenta probablemente en las semillas de las diferentes procedencias de *Yucca*; así las semillas de las procedencias donde las condiciones de humedad son más erráticas o menos aprovechadas por el suelo debido a su estructura alterada, como es el caso de Zacatepec, presentan periodos de germinación más cortos, en cambio las semillas de Santiago C y el Limón, germinan más lentamente como una respuesta a la presencia de humedad por periodos más largos.

Es importante señalar que el número promedio de días para que emerja la radícula se incrementó cuando las semillas de *Y. periculosa* de ambas procedencias germinaron bajo condiciones de oscuridad continua.

Este comportamiento no se pudo observar para las semillas procedentes de Zacatepec, dado que no germinaron, pero, posiblemente la respuesta hubiera sido la misma. El hecho de que el número promedio de días para que emerja la radícula se haya incrementado en la oscuridad, quizá este relacionado con la tasa de evaporación del agua del sustrato. Es importante señalar que si bien la temperatura de germinación fue constante (30°C) e igual en todos los tratamientos bajo estudio, la luz en los tratamientos correspondientes generó calor, el cual aunque no elevó la temperatura, si provocó posiblemente evaporación de agua lo cual no sucedió en los tratamientos de las semillas germinadas en la oscuridad, las cuales al no presentar éstas pérdidas por evaporación presentaron una mayor disponibilidad de agua que aceleró el proceso de la germinación. Nobel (1983), establece que el efecto de la luz diurna es muy claro, en relación al aprovechamiento del agua que tienen las plantas durante su crecimiento. Por la noche o bajo condiciones de oscuridad, la transpiración de las plantas disminuye o cesa, los estomas permanecen cerrados y los potenciales hídricos en el suelo, raíces y hojas pueden llegar a ser igual o cerca de cero, provocando de esta manera una mayor disponibilidad de agua en el sustrato, la cual es aprovechada por las raíces. Así,

algo semejante debió suceder en los tratamientos germinados bajo condiciones de oscuridad, donde es importante resaltar la presencia de una mayor disponibilidad de agua en el sustrato, la cual podría haber provocado una tasa mayor de imbibición y finalmente acelerar la germinación. Es importante resaltar que la aplicación de tratamientos pregerminativos bajo la incidencia de luz blanca o ambiente, no incrementó el porcentaje de germinación en el caso de *Yucca filifera* procedencia Zacatepec; sin embargo para *Yucca periculosa* procedencia Santiago C. el porcentaje de germinación se incrementó de 18 a 30-50% con los tres tratamientos, resultando los valores más altos con el  $\text{KNO}_3$  y el remojo en agua. Para la procedencia el Limón no hubo diferencias significativas. El hecho de presentarse diferencias en la germinación bajo el efecto de los tratamientos pregerminativos estudiados indica la presencia de latencia en el género *Yucca* a diferentes grados. *Yucca filifera* procedencia Zacatepec no presentó latencia en sus semillas, los bajos porcentajes de germinación fueron debidos principalmente a los bajos porcentajes de viabilidad. *Yucca periculosa*, en cambio, presentó latencia únicamente en las semillas de Santiago C. cuya germinación se incrementó de 20% en el testigo, a 40% con el tratamiento de  $\text{KNO}_3$  y 45% en remojo en agua; lo cual indicaría la presencia de una latencia fisiológica impuesta probablemente por la presencia de inhibidores; por otro lado, el hecho de que el  $\text{KNO}_3$  haya incrementado la germinación puede estar relacionado con lo planteado por Derek y Black (1994), quienes reportan que en *Sisymbrium officinale* la latencia es eliminada y la germinación estimulada cuando las semillas son expuestas al efecto conjunto de la luz y el nitrato, pero que este efecto es bloqueado por un inhibidor de la biosíntesis de GA (ácido giberélico), lo que indica que la totalidad de la germinación ( emergencia de la raíz), depende de la biosíntesis de GA y esta síntesis puede ser inducida por la acción conjunta de la luz y el nitrato. Esto explicaría los mejores resultados de germinación obtenidos para *Y. periculosa* procedencia Santiago C. con  $\text{KNO}_3$  y luz blanca.

Las diferencias en la presencia de latencia en función de la procedencia, responde a las condiciones ambientales del medio. En el caso de *Y. periculosa* procedencia Santiago C. las condiciones donde los individuos crecen deben ser más severas en cuanto a la disponibilidad de agua y temperaturas incidentes, en comparación con las prevalientes en el Limón donde las condiciones de humedad y temperatura son más favorables para la germinación y el crecimiento. En *Y. periculosa* procedencia el Limón, los tratamientos



pregerminativos no incrementaron la germinación en relación al testigo; en cambio el  $\text{KNO}_3$  y el remojo en agua la inhibieron significativamente. Por otro lado no se presentaron diferencias a nivel de población lo que sugiere la no presencia de latencia. Derek y Black (1994) y Baskin y Baskin (2001), mencionan que el grado de latencia que presentan las semillas, esta relacionado con las condiciones del medio, aquellos lugares donde la humedad y la temperatura son menos favorables, propician que las plantas produzcan semillas con un mayor grado de latencia que pueden germinar secuencialmente en el tiempo hasta que las condiciones ambientales son favorables. El hecho de que los tratamientos con  $\text{KNO}_3$  y tiourea hayan incrementado la germinación, reflejaría la presencia de una latencia fisiológica en las semillas de la procedencia de Santiago C. de *Yucca periculosa*. El  $\text{KNO}_3$  y la tiourea son compuestos nitrogenados que ejercen la misma acción de las citokinas al inducir la división celular y a promover la síntesis de proteínas (Khan, 1980) y de esta manera estimular en interacción con las giberelinas la germinación. Por otro lado el remojo en agua también incrementó la germinación en un porcentaje mayor (20 a 60%) lo cual indicaría la presencia de una latencia química. Baskin y Baskin (2001), reportan que esta latencia se da por la presencia de inhibidores en las cubiertas de las semillas, en el endospermo, en el embrión o en los frutos.

Aragón y García (1973), reportan un 70% de germinación para *Yucca brevifolia*, cuando las semillas fueron tratadas con remojo en agua durante 24 horas y luz ambiente, en relación a 30 % que presentó el testigo; así mismo se reporta un 66.6% cuando las semillas se trataron con  $\text{KNO}_3$  al 0.5% durante 24 horas y 60% en remojo con ácido giberélico al 0.0005 mg/l. De igual manera, *Yucca valida*, *Yucca dicipiens* y *Yucca filifera* incrementaron el porcentaje de germinación de 30 % en el testigo a 80-100% con los tratamientos de remojo en agua,  $\text{KNO}_3$  y además remojo en tiourea al 0.3%, en el caso específico de *Yucca dicipiens*. En conclusión el remojo en agua durante 24 horas resultó el mejor para estas especies de *Yucca*, tanto en el número de días para que inicie la germinación, como en la uniformidad de ésta. Estos resultados apoyan los obtenidos en este estudio, en relación a la presencia de una latencia principalmente de tipo química. Gutermman (1982), reporta que en muchas especies vegetales la germinación de sus semillas depende de las condiciones ambientales prevalecientes durante su maduración. En diferentes especies vegetales factores tales como la posición de la inflorescencia en la planta madre o la posición de las

semillas en la inflorescencia o en el fruto, influyen en la germinación de las semillas (Evenari, 1965; Gutterman, 1980). Así mismo la edad de la planta madre durante la inducción floral o la maduración de las semillas puede influir sobre su germinación (Datla *et al.*; 1972) Kigel y Galili, (1995). La germinabilidad disminuye con la edad de la planta madre, al momento de la inducción floral. En *Oldenlanddia corimbosa* (Rubiaceae) se desarrollan semillas con un menor grado de latencia en plantas jóvenes que en plantas viejas (Do Cao *et al.*; 1978). En *Ononis sicula* la imbibición y la germinación de las semillas que maduran bajo días largos es más rápida. Weiner (1977), menciona que los efectos maternos pueden ser divididos en genéticos y no genéticos. Las plantas madre pueden tener diferencias genéticas que resultan por interacciones diferentes con el ambiente y este puede influir sobre su capacidad para producir semillas. Por ejemplo el contenido de nutrimentos de las semillas puede ser influenciado por el nivel de nutrimentos del suelo en el cual las plantas crecen (Parrish y Bazzaz, 1985). Por otro lado otros factores ambientales como luz, temperatura y humedad pueden determinar el tamaño de las semillas producidas, hay numerosos estudios que demuestran la relación positiva entre el tamaño de la semilla y la probabilidad y el número promedio de días para que emerja la radícula y subsecuentemente en el tamaño de la plántula.

En relación al efecto del tratamiento pregerminativo en el número promedio de días para que emerja la radícula, los resultados solo se pudieron comparar entre las procedencias de Santiago C. y el Limón de *Yucca periculosa*. Únicamente se observaron diferencias significativas en la procedencia del Limón, sin embargo, el efecto fue negativo, el tratamiento de remojo en agua durante 96 horas retardó la germinación hasta 51 días. Hartman y Kester (1995) y Camacho (1994), mencionan que las semillas de la espinaca, cuando se exponen a un exceso de agua, producen una gran cantidad de mucilago, que restringe la provisión de oxígeno al embrión reduciendo el porcentaje de germinación y retrasando el tiempo necesario para que concluya dicho proceso. Por otro lado, las semillas de algunas herbáceas presentan altas tasas de germinación con un remojo de agua de 8 horas pero pueden dañarse por períodos de remojo de 24 horas o más. Así mismo, se reporta que las semillas grandes son más vulnerables al remojo prolongado en agua que las semillas pequeñas. Por otro lado el exceso de agua puede ser atrapado entre los cotiledones y sofocar finalmente los puntos de crecimiento del embrión; así mismo el exceso de

humedad puede promover la presencia de microorganismos, principalmente hongos que pueden afectar el porcentaje y la velocidad final de germinación. En relación a la población, el tratamiento pregerminativo no presentó efecto sobre el número promedio de días para que emerja la radícula.

El efecto de la longitud de onda, también presentó efecto sobre la germinación de las especies. *Yucca periculosa* para la procedencia de el Limón, presentó porcentajes altos de germinación, mayores al 90%, bajo la incidencia de las tres longitudes de onda, sin presentarse diferencias al nivel de la población. La procedencia de Santiago presentó mejores porcentajes de germinación con la luz amarilla, aunque estas no rebasaron del 50 %; es importante señalar que se incrementaron en un 25% al compararlos con los valores obtenidos en luz blanca y oscuridad y fueron también más altos para la población dos. *Yucca filifera* solo germinó bajo la incidencia de la luz blanca. Guterman (1982), menciona que la calidad de la luz incidente durante la maduración de las semillas puede influir en su germinabilidad, las semillas de *Arabidopsis thaliano* maduras bajo luz blanca con un radio rojo/infrarrojo (R:FR) presentan una germinación alta en oscuridad y esta también es mayor que la germinación de semillas que proceden de plantas que crecen bajo luz con radios bajos de R:FR ( Mc-Cullough y Shopire, 1970) Así mismo este autor menciona que cuando los frutos de *Cucumis prophetarum* y *C.satyvus* fueron almacenados bajo la incidencia de luz infrarroja (FR) en forma continua, la germinación de sus semillas se reduce bajo condiciones de oscuridad, debido a que su fitocromo se convierte a la forma Pr que inhibe la germinación; pero si los frutos son mantenidos en cambio bajo luz roja (R), la germinación es muy alta debido a la conversión del fitocromo a la forma Pfr. En este sentido, podrían explicarse las diferencias presentadas en la germinación de las dos especies de *Yucca*, Así la población de Santiago C. y la de Zacatepec presentaron incrementos en su germinación con la luz amarilla y blanca correspondientemente. Es importante resaltar que la *Y. periculosa* en Santiago C. crece en asociación con otras especies arbustivas y herbáceas, las cuales podrían propiciar un efecto de sombreado en los individuos juveniles y adultos de la especie; esto aunado a que las poblaciones de la especie se localizaron en barrancas pegadas a una ladera, se pensaría en la modificación de alguna manera de la longitud de onda incidente en el crecimiento de las plantas en esta localidad.

La longitud de la raíz y del vástago para las dos especies, bajo el efecto de los factores estudiados, sí presentó diferencias significativas. La procedencia de "El Limón" de *Yucca periculosa* presentó las longitudes mayores; sin embargo no se encontró un comportamiento claro en cuanto a la población. Las longitudes mayores de raíz y de vástago en las plantas procedentes de "El Limón", se relacionan con los valores más altos de viabilidad y germinación; esto se relaciona nuevamente con las mejores condiciones ambientales donde crece la especie, principalmente las características nutrimentales del suelo.

Los tratamientos pregerminativos no incrementaron la longitud de la raíz y del vástago para ninguna de las procedencias y especies; sin embargo si es necesario resaltar que la tiourea inhibió el crecimiento para las dos procedencias de *Yucca periculosa*, lo cual no se pudo comparar para *Yucca filifera*. Aragón y García (1973), mencionan que la tiourea a concentraciones altas y exposiciones de más de 96 horas, puede provocar la inhibición del crecimiento vegetal.

Ray (1985), menciona que las plantas que germinan bajo la incidencia de la longitud de onda del rojo (luz blanca), presentan mayor expansión de las hojas; de aquí que una mayor área foliar implicaría una mayor tasa fotosintética y esto conllevaría a una mayor translocación de fotosintatos a los puntos de crecimiento, incluyendo a los meristemos del tallo y los radicales, de aquí que la longitud de la raíz y del vástago sean mayores con la luz blanca. *Yucca periculosa* procedencia el Limón, presentó las mayores longitudes de raíz bajo la incidencia de la luz blanca, indistintamente del tratamiento pregerminativo aplicado a excepción del tratamiento con tiourea el cual provocó longitudes de raíces muy pequeñas ( $\leq 3\text{cm}$ ). Con la luz amarilla también se obtuvo una de las mayores longitudes de raíz, pero únicamente con el testigo. Grime (1982), menciona que la mayoría de las plantas producen menos materia seca y retienen menos productos fotosintetizados en el vástago cuando cuando son expuestas a la sombra o a la oscuridad, lo cual afecta el crecimiento de la raíz resultando esta más pequeña y, desarrollando además entrenudos y pecíolos más largos así como hojas más grandes y delgadas; las plántulas que crecen bajo la sombra o la oscuridad crecen más lentamente y presentan características morfogénicas más pronunciadas. En relación al efecto negativo que ejerció la tiourea en la longitud de raíz de las plantas de las tres procedencias, Camacho (1994), menciona que la tiourea puede causar anomalías

radiculares así como disminuir la producción de plantas, por lo que no se recomienda prolongar el remojo por más de 24 horas; si embargo en este estudio se observó que aún el remojo máximo de 24 horas produce daños a la raíz e inhibe su crecimiento. Por otro lado Radwan (1976), menciona efectos fitotóxicos de la tiourea en las raíces de *Rammus prusiana*, arbusto decíduo del Centro de California, donde las raíces presentan manchas pardas. Booth (1999), menciona que la tiourea es un compuesto carcinógeno que también afecta la longitud del vástago de *Prusia tridentata* hasta en un 50% en relación a otros tratamientos pregerminativos.

En relación a la longitud del vástago se observaron diferencias tanto entre especies como entre procedencias. *Yucca periculosa* el Limón presentó las máximas longitudes de vástago en interacción con la luz blanca. Santiago C. y *Yucca filifera*, Zacatepec presentaron longitudes de vástago intermedias. En interacción con la luz blanca los tratamientos pregerminativos no incrementaron la longitud del vástago en relación al testigo, sin embargo es importante resaltar que la tiourea también afectó la longitud del vástago.

El porcentaje de sobrevivencia de las plantas de un año de edad solo pudo ser evaluado en *Yucca periculosa*. Es importante mencionar que ésta fue muy baja, en general la especie presentó porcentajes de sobrevivencia menores al 50%. Esta característica también puede ser inherente a la especie. Por otro lado, la temperatura ambiental y el riego incidentes durante el periodo de estudio pudieron haber afectado la sobrevivencia. Es importante resaltar que los mejores porcentajes de sobrevivencia corresponden a las plantas que crecen bajo la incidencia de luz ambiente.

Las plantas procedentes de Santiago C y el Limón que lograron sobrevivir durante el primer año de edad correspondieron a la población dos; así mismo el tratamiento pregerminativo mostró un efecto significativo resultando una mayor sobrevivencia para Santiago C. con el remojo en agua tanto bajo la incidencia de luz blanca como de luz amarilla y para el Limón con  $KNO_3$  bajo la de luz blanca. Aragón y García (1973), mencionan que para *Yucca valida* y *Yucca dicciens*, se obtiene una mejor sobrevivencia, utilizando tratamientos pregerminativos de remojo en agua, exposición a 5 °C y  $KNO_3$  bajo condiciones de luz. La tiourea al igual que en nuestro caso afectó severamente la sobrevivencia, estos autores lo atribuyen a rápido metabolismo de los lípidos de reserva producido por este compuesto

aromático. Se reporta que el caso específico de *Yucca filifera* la sobrevivencia es muy baja 14-30%, pero esto se le atribuye principalmente a la edad de las semillas.

En relación a la altura de los individuos obtenidos; se observaron diferencias en relación a la población, tratamiento pregerminativo y longitud de onda. Las alturas para plantas de un año de *Yucca periculosa* oscilaron entre 10 y 30 cm y las diferencias se dieron principalmente en función de la procedencia resultando más altas las plantas de el Limón.

El número de hojas osciló entre 7 y 13 sin presentarse diferencias significantes entre las poblaciones, tratamientos pregerminativos y longitudes de onda. La procedencia fue un factor, determinante, el Limón presentó las plantas con un mayor número de hojas.

Es importante resaltar, que las procedencias y poblaciones que presentaron mejores características de germinación, también presentaron los mejores porcentajes de sobrevivencia.

Los tratamientos pregerminativos pueden tener un efecto sobre la germinación y otro sobre el crecimiento postemergente, por lo cual, el decidir el mejor tratamiento para las especies dependería de las observaciones en el ciclo de vida.

## IX CONCLUSIONES

- Las dos especies del género *Yucca*, presentaron diferencias significativas en las características biológicas de sus semillas tales como, latencia, porcentajes de viabilidad y de germinación. Las circunstancias en las que se compararon deben ser revaloradas ya que *Yucca filifera*, procede de una localidad cuya población es infértil, o decadente por ser introducida.
- La *Yucca periculosa* presentó los valores más altos de viabilidad y germinación; así mismo las plántulas presentaron mayores longitudes de raíz y vástago
- Las dos especies del género *Yucca*, presentaron diferencias en cuanto a la latencia. Las semillas de *Yucca filifera* no presentaron latencia, en cambio las semillas de *Yucca periculosa*, presentaron latencia, en la población Santiago C. La cual fue eliminada al tratar las semillas con  $KNO_3$  y remojo en agua, lo cual indica la presencia de latencia fisiológica impuesta por la presencia de inhibidores.
- La procedencia presentó un efecto significativo en la viabilidad, la latencia y la germinación de las semillas de las dos especies de *Yucca*. Aquellas procedencias donde la precipitación es mayor, favorece la producción de semillas con mejor capacidad germinativa.
- La procedencia también presentó un efecto significativo en el crecimiento postemergente. La procedencia de el Limón presentó plantas con mayores longitud de raíz y de vástago.
- La población presentó un efecto significativo principalmente sobre el porcentaje de germinación, esto como resultado probablemente de las diferentes condiciones hídricas prevalecientes en cada sitio de muestreo.
- La aplicación de tratamientos pregerminativos  $KNO_3$  y incrementó los porcentajes de germinación únicamente para la *Yucca periculosa* procedencia Santiago C., lo cual indica la presencia de latencia fisiológica en sus semillas. Por otro lado, los tratamientos pregerminativos incrementaron la longitud del vástago tanto el las plantas de *Yucca filifera* como en las de *Yucca periculosa*.

- La longitud de onda de la luz blanca favorece la germinación y el crecimiento postemergente. La luz amarilla presenta valores intermedios.
- Las semillas de la *Yucca* son fotoblásticas indiferentes, germinan tanto bajo condiciones de luz como de oscuridad, sin embargo las características de las plántulas (longitudes de raíz, vástago y sobrevivencia) son mejores bajo la incidencia de la luz blanca.
- La sobrevivencia de las plántulas de las dos especies de *Yucca* fue baja, menor al 50% ; el tratamiento pregerminativo como el  $\text{KNO}_3$  y remojo en agua puede incrementarla de un 15 a un 20%, por ejemplo, la procedencia de *Y. periculosa* con el tratamiento de agua bajo luz blanca y luz amarilla. Para la procedencia el Limón el  $\text{KNO}_3$  incremento la sobrevivencia bajo la luz blanca.



## X BIBLIOGRAFÍA

1. Aragón S.N. y García C.M.T. 1973. Efectos físicos y químicos sobre la germinación de semillas y el establecimiento de plántulas en varias especies del género *Yucca*. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. I.P.N. México. p 8-25.
2. Barner, H. 1974. Clasification of sources for procurment of forest Reproductive Material. En: Report on the FAO/DANIDA. Training course on Forest Tree environments. Limuru, Kenya, September – October 1973 FAO/DEN/TF 112. FAO, Roma. pp. 341.
3. Baskin, Carol C. y Jerri M. Baskin. 2001. Seeds Ecology Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic press. 666 pp.
4. Bidwel R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. Segunda Edición. A.G.T. Editor S. A. México 784 pp.
5. Black, M. 1973. Control processes in germination and dormancy. Oxford Biology Readers Series, 20: 3-16
6. Bonner, F.T., McLernore, B.F. y Barnett, J.P. 1974. Presowing treatment of seed to seed germination. Shopmeyer, C.S. (Ed). USDA. Forest Service, Agricultural Hand Book No. 450, USA p. 126-135.
7. Booth, D.I., 1999. Imbibition temperatures affect bitterbrush seed dormancy and seedling vigor. Journal of Arid Environments, 43:91-101.
8. Bravo, H., 1978. Las Cactáceas de México. Segunda Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 743 pp.
9. Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas; Causas y tratamientos. Ed. Trillas. México 195 pp.
10. Castañeda P.R. 1980. Bioestadística aplicada. Agronomía Biología, Química, Trillas México. 177 pp.
11. Challenger, Anthony. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México. Agrupación Sierra Madre, México. 847 pp.
12. Cronquist, A. 1974. Introducción a la Botánica. Compañía Editorial Continental, SA. México, D.F. 800 pp.

13. Dahlgren, R.M., Clifford, H.T. y Yeo, P.F. 1985. The families of the monocotiledons. Structure, evolution and taxonomy. Springer Verlag. New York. 560 pp.
14. Datla. S. C., Gutterman, Y. Evenary M., 1972. The influence of the origin of the mother plant on yield and germination of their cariopses in *Aegilops ovata* L. Planta 105, 155-164.
15. Derek, B. J. y Black M., 1994. Seeds Physiology of Development and Germination. Second Edition. Plenum Press. 445 pp.
16. Do Cao, T. A. Corbi Nean, F. y Côme D., 1978. Germination des grains produits par les plantes de deux lignées d'*Oldenlandia corymbosa* L. (Rubia cees) cultivées dans des conditions contrôles. Physiologie Vegetale 16, 521-531
17. Edmond I.B., Andrews F.S. y Senn T.L. 1978 Principios de Horticultura. Compañía Editorial Continental, SA. México, p 11 – 27.
18. Evans, T.R. 1976. The establishment and management of tropical pastures for beet production. Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Secretaria de Agricultura y Ganadería Banco de México, SA. Guerrero p. 51-86
19. Evenari, M. 1965. Physiology of seed dormancy after ripening and Germination. Proceedings of the International seed testing association 30, 49-71
20. FAO, 1975. Información sobre recursos genéticos forestales. Doc. Ocasional For 1975/1 FAO Roma. pp. 341.
21. García, M.E., 1978. Apuntes de Climatología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 153 pp.
22. García-Mendoza Abisai. 1992. Con Sabor a Maguey. Guía de la Colección Nacional de Agavaceas y Nolináceas del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM. Jardín Botánico, IB-UNAM. México, D.F. 114 pp.
23. Gelmond, H., 1978. "Physiological aspects of seed germination", Seed. Sci. and Technol. Vol. 6 (3): 625- 639.
24. Grime, I.P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que regulan la vegetación, Limusa, México, 221 pp.
25. Gutterman, Y. 1982. Phenotypic maternal effect of photoperiod of seed germination. In: Khan, A.A. (ed). The Physiology and Biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elseuica, Amsterdam. p. 67-79
26. Hartman, H.T. y Kester, D.F. 1995 . Propagación de plantas; principios y prácticas. CECSA. México, 647 pp.

27. INEGI. 2000. Cartas de Clima: Veracruz 14 Q VI Escala 1:50 000; Suelo: Orizaba E-14-6 Escala 1:250 000; Vegetación, Veracruz E-14-3 Escala 1:250 000, México.
28. ISTA, 1976. Reglas para ensayos de semillas, Trad. Martínez, L. y colaboradores, INSPV, España 184 pp.
29. Khan, A.A. 1980. The Physiological and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination. 2a impresión. North Holland: 447 pp.
30. Kigel, J. y Galili, G. 1995. Seed development and germination. Marcel Dekker Inc. 853 pp.
31. Loik Michael E., Huxman E.T., Hamerlynck E.P. y Stanley D. S. V., 2000. Low temperature tolerance and cold acclimation for seedlings of three Mojave Desert *Yucca* species exposed to elevated CO<sub>2</sub>. Journal of Arid Enviroments, 46:43-56.
32. Maiti M, Ratikanta, 1995. Fibras vegetales en el mundo: aspectos botánicos, calidad y utilidad. México, Trillas; 300 pp.
33. Márquez, M. J. 1988. Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. 657 pp.
34. Marroquin, J., Gustavo S.M., Robertino B.L., Angel V.C.J. 1981. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 166pp
35. Matuda, E. e Y. Piña. 1980 "Las plantas mexicanas del género *Yucca*, Serie Fernando de Alva, Ixtlilxochitl. Estado de México pp 5-6; 133-138.
36. Maximino, M. 1959. "Plantas útiles de la flora de México" Ediciones Botas; México p. 335-338.
37. Mc. Cullough, J. M. y Shrophire, W. 1970. Physiological predetermination of germination responses in *Arabidopsis taliana* (L.) Heynn. Plant Ceel Physiology, pp. 139-148.
38. Moreno, C, P. 1973. Estudio sobre viabilidad y latencia de semillas tropicales. Tesis Facultad de Ciencias, UNAM. México. 85 pp.
39. Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología UNAM. México, 383 pp.
40. Nakamura, S. y Kustibayashi, Y., 1976 "Germination of *Rhododendron* and *Khalmia* seed", S. (ed.), proceedings of the second international symposium on phisiology of seed germination, Japón p 107-112,

41. Nikolaeva, G.M. 1969. Physiology of seed dormancy in seeds, Trad. Shapiro. IPST, Press., Israel, 220 pp.
42. Nobel, P.I. (1983) Biophysical Plant Physiology and Ecology. W. B. Freeman and Company, 608 pp.
43. Nobel, P. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge the Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge 270 pp.
44. Orozco, A.M.S. 1993. Efecto de la profundidad de siembra y la fertilización en el establecimiento de tres zacates forrajeros. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Chapingo, Montecillo, México, p 6-15.
45. Parrish, J. A. D. y Bazzas, F.A. 1985. Nutrient content of *Abutilon theoprasti* seeds and the competitive ability of the resulting plants. *Oecologia* 65:247-251.
46. Radwan, M.A. 1976. "Germination of cascara seed". *Tree Plant. Not. Vol. 27 (2):*. 20-23.
47. Ray, P.M. 1985. La planta viviente Cia. Editorial Continental, SA., México 272 pp.
48. Roberts, E. H. y Smith, R. D. 1977. "Dormancy and pentose phosphate pathway" en: Khan, A. A, (ed), *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*, Elsevier/Nort Holland. Biomedical press., Holanda. p. 385-414.
49. Rojas, G.M. 1993. Fisiología vegetal aplicada. Ed. Interamericana Mc Graw-Hill 273 pp.
50. Rojas, R. y Carrasco, S . 1961. "Estudio Químico del Género *Yucca*". *Rev. A. T.C.P.*(Órgano de la Asoc. Méx, Tec. Ind. Celulosa y Papel A. C. 1.3: 82-92.
51. Rzedowski, J. 1961. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Tesis Facultad de Ciencias UNAM
52. Rzedowski, J. 1962. "Contribución a la Fitogeografía Florística e Histórica de México, y, algunas consideraciones acerca del elemento endémico de la flora mexicana". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 27: 52- 65.
53. Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Limusa. México 432 pp.
54. Rzedowski, J. y Rzedowski, G. C. 1990. " La flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Monocotiledonea, Instituto de Ecología Centro Regional Bayo. Patzcuaro, Michoacan. p. 304-494.
55. Salisbury, F.B. y Ross C.W. 1992. *Plant Physiology*. Fourth edition. Wadsworth Publishing Company Belmont, California A. Division of Wadsworth, Inc. 682 pp.

56. Turnbull, J.W. 1975 Seed collection: Sampling considerations and collection techniques. En Report on the FAO /DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, FAO, Roma. pp.
57. Turnbull J. 1977. Seed Collection and Certification. In: report of the FAO IDANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, Thailand, FAO, Roma. pp 341.
58. Vázquez-Yanes, C. y Cervantes, V. 1993. Reforestación con árboles nativos de México, Ciencia y Desarrollo, núm. 113. pp.
59. Villa, V. J. 1967. "Contribución al conocimiento de la ecología y la distribución de *Yucca. Filifera* y *Y descipiens*" Tesis. Licenciatura. UNAM, México, pp. 56.
60. Villareal, R.C. 1994. Producción de las semillas y conservación de los recursos genéticos. En: Semillas Forestales Núm. 2. INIFAP-CEND-COMEF. Mex. p. 54-77
61. Villavicencio. M. A. y Pérez E. B. 1994. Tipos de fruto de *Yuca filifera* y formas asociadas de *Tegeticula yuccasella* (Lepidoptera). Centro de Investigaciones biológicas, Universidad Autónoma de Hidalgo Pachuca, Hidalgo México. 57: 121-123.
62. Weiner J., Martinez. S., Müller, H., Stoll, P. y Schimd, B. 1977. How important are environmental maternal effects in plants? A study with *Cantanea maculosa*. Journal of Ecology. 85: 133- 142.
63. Whalley, R.D.B., y McKell, C.M. 1976 Green seedling and the nonphotosythetic stage of seedling growth in groses. Crop Science 6: 147-150.
64. Wilson, T.B. y Witkowski, E.T.F. 1998. Water requirements for germination and early seedling establishment in four African savanna woody plant species. Journal of Arid Enviroments. 38 : 541-550.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN