

00322



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

75

FACULTAD DE CIENCIAS

"Pretratamientos de enterramiento en semillas de *Urera caracasana* (Jacq.) Griseb. como una herramienta para la restauración: Efectos en la germinación y la tasa germinativa en un gradiente de temperatura"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

WHALEEHA ABRIL GUDIÑO GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS: DRA. ALMA DELFINA LUCIA OROZCO SEGOVIA



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR

A



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.

# PAGINACIÓN DISCONTINUA



REPUBLICA NACIONAL  
 SISTEMA DE  
 ALTA EDUCACIÓN

**DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA**  
**Jefa de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: " Pretratamientos de enterramiento en semillas de Urera caracasana (Jacq.) Griseb. como una herramienta para la restauración: Efectos en la germinación y la tasa germinativa en un gradiente de temperatura" realizado por Whaleeha Abril Gudiño González

con número de cuenta 09521104-0 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

**A t e n t a m e n t e**

Director de Tesis Propietario Dra. Alma Delfina Lucía Orozco Segovia

Propietario Dra. Margarita Collazo Ortega

Propietario Dra. María Del Consuelo Bonfil Sanders

Suplente Dra. María Del Pilar Huante Pérez

Suplente M. en C. María Esther Sánchez Coronado

**Consejo Departamental de Biología**

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA

**A mis padres José Ma. y Marisela,  
A mi abuelo Tono (†)  
Y a Jorge.**

## Agradecimientos

A la Dra. Alma Orozco por su infinita paciencia conmigo y por su gran ayuda en la realización y revisión de esta tesis, que no se hubiera podido llevar a término sin su apoyo.

A mis sinodales la Dra. Consuelo Bonfil, la Dra. Margarita Collazo, la Dra. Pilar Huante, la M en C. María Esther Sánchez, por haber dedicado parte de su tiempo en la revisión de esta tesis.

Gracias al laboratorio de Ecofisiología Tropical del Instituto de Ecología UNAM, a la M en C. Mariana Rojas, al Biol. Mario González, al Dr. Víctor Barradas, la M en C Ivonne Reyes, por que sin su ayuda en el análisis de datos esta tesis se hubiera tardado más, a Daniel Juárez por haberme ayudado con las lámparas que fueron muy importantes para realizar mis experimentos.

Gracias papá por ser mi ejemplo a seguir, por hacer de mí un mejor ser humano cada día que pasa, a mi mamá por ser el mejor ejemplo de una mujer fuerte y triunfadora en todos los aspectos, a los dos por estar siempre conmigo apoyándome con una palabra de aliento o con un regaño cuando fuera necesario hacerme reaccionar y sobre todo por hacer de mí una mujer fuerte e independiente llena de sueños y metas por cumplir.

A mis hermanos Ixchel, Jatziri, Toño y Damaris, por su cariño y apoyo incondicional a pesar de no estar juntos y a Menis el miembro más joven de la casa por habernos unido aún más.

A mi abue Tono por todo el amor que me dio y a mi abue Juanis por haberme aguantado todo el tiempo que vivimos juntas.

A Jorge por ser mi apoyo incondicional, por darme la fuerza para continuar, por darme su punto de vista objetivo cuando ya no podía más y sobre todo por soportarme en todo momento y darme todo su amor.

A mis mejores amigas Mirza, Sofía y Vania, por enseñarme el valor de la amistad y por que sin ustedes la fac hubiera sido muy aburrida.

A Ezequiel, Ángel, Arturo (el pelucas), Otero, Mainor y Orestes por sus locuras y ocurrencias que me hacían reír, a Saúl por ayudarme con las fotos de la presentación. A mis compañeros y amigos de la Fac. Argel, Karla Kruesi, Irene, Harry, David M, Esteban y Hanna.

Al proyecto CONACYT UNAM 6011-N9 607 por el financiamiento de este trabajo y por la beca que recibí durante el mismo.

## Libros

Ninguno de los libros de este mundo  
te aportará la felicidad,  
pero secretamente te devuelven  
a ti mismo.

Allí está todo lo que necesitas,  
sol y luna y estrellas,  
pues la luz que reclamas  
habita en tu interior.

Ese saber que tú tanto buscaste  
por bibliotecas, resplandece  
desde todas las lágrimas,  
puesto que es tuyo ahora.

Hermann Hesse

De la hermosa luna los astros cerca  
Hacia atrás ocultan lucente el rostro  
Cuando aquella brilla del todo llena  
Sobre la tierra...

Safo

## ÍNDICE

I. Resumen	2
II. Introducción	3
III. Objetivos	6
IV. Antecedentes	7
Germinación	7
Fotoblastismo	9
Temperatura	11
Banco de semillas	13
Restauración	14
V. Descripción de la especie	17
VI. Material y Método	19
Zona de estudio	19
Colecta de semillas	20
Germinación en cámaras de ambiente controlado	21
Germinación en un Termogradiante	22
Análisis estadísticos	23
VII. Resultados	26
Respuesta germinativa	26
Tasa de germinación	34
Temperaturas cardinales	37
VIII. Discusión	43
IX. Conclusiones	51
X. Bibliografía	52

## I. RESUMEN

Una alternativa para recuperar ecosistemas alterados es la restauración ecológica, que se basa en la reintroducción de especies nativas en sitios perturbados, de forma que se permita el restablecimiento de las interacciones ecológicas de cada ecosistema. Con este propósito en el presente trabajo se estudió la germinación de semillas de *Urera caracasana*, una especie potencialmente útil para la restauración, por ser una especie pionera abundante dentro del banco de semillas de la selva de Los Tuxtlas, Ver.

En este estudio se evaluó el efecto de la luz (flujo fotónico alto en las cámaras de germinación y flujo fotónico bajo en el termogradiante) y en distintas temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 y 25-35°C) en las cámaras de germinación y (10, 12, 15, 17, 20, 22, 25, 27, 30 y 32) constantes y (10-35, 12-35, 15-35, 17-35, 20-35, 22-35, 25-35, 27-35, 30-35, 32-35) fluctuantes en un termogradiante en la capacidad germinativa y en la tasa de germinación de *U. caracasana*. La respuesta se evaluó en semillas recién colectadas, con cinco meses de almacenamiento y en semillas con tres meses de enterramiento previo en dos sitios de la selva (claro y potrero). Se determinaron las temperaturas cardinales y el tiempo térmico. Las temperaturas cardinales para esta especie se ubicaron entre los 5.64 - 14.18°C ( $\pm 0.879$ ), y los 41.5 - 52.4°C ( $\pm 1.756$ ), lo que indica que la germinación podría ocurrir en un amplio intervalo de temperatura. Debido a que las semillas de *U. caracasana* germinan en un amplio intervalo de temperaturas y que requieren de flujos fotónicos altos, se considere una especie apta para colonizar claros o áreas perturbadas. Además que las semillas con un pretratamiento de enterramiento presentan una mayor capacidad germinativa y un menor tiempo de inicio de la germinación, por lo que éste puede ser un pretratamiento útil para implementar técnicas de restauración.

## II. INTRODUCCIÓN

La selva tropical es uno de los ecosistemas más ricos y complejos, se estima que contienen un 50% de las especies existentes en el planeta, aun cuando estos son los ecosistemas que abarcan una menor extensión territorial que va de un 7 a un 12% de la superficie (Dirzo 1991), sin embargo hay una pérdida acelerada de grandes proporciones de selvas tropicales, debido en gran medida al uso inmoderado de sus recursos, lo que provoca un deterioro ambiental casi irreversible. En México se estima que se deforestan entre 370 000 - 720 000 ha al año, sin embargo hay evidencias de que la pérdida anual de selvas tropicales mexicanas es de un 0.8 - 2%, y que aproximadamente el 80% de la deforestación total está concentrada en el centro y sureste del país. De continuar con estas tendencias para el año 2030 se habría perdido alrededor del 50% de la superficie forestal de México.

En la actualidad la fracción más norteña de la selva alta perennifolia del continente se localiza en Los Tuxtlas, Veracruz (Dirzo y Miranda, 1991), haciendo que la biota de la reserva sea rica en cantidad y calidad de especies, ya que se pueden encontrar especies de origen tropical, templado y endémicas (Ibarra y Sinaca 1989; Andrie, 1967, en Dirzo, 1991). En Los Tuxtlas se han observado índices de deforestación de un 4% anual, trayendo como consecuencia que el continuo de vegetación que se observaba se esté convirtiendo en pequeños fragmentos de vegetación, en su mayoría pastizales dedicados a la ganadería (Dirzo, 1991; Dirzo y Miranda, 1992).

Para contrarrestar los efectos de la deforestación que afecta a las selvas tropicales se han buscado herramientas que ayuden a recuperar las zonas afectadas, entre ellas se encuentra la reforestación, proceso en el cual generalmente se han utilizado especies

exóticas, concentrándose en unos cuantos géneros (Pinos, Casuarinas, Eucaliptos), lo cual puede ser contraproducente ya que puede desplazar a las especies nativas teniendo como resultado una disminución de la biodiversidad, alterando severamente el ecosistema (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997; Pennington y Sarukhán 1968).

La restauración por otra parte se basa en la reintroducción de especies nativas, por medio de las cuales se intenta recuperar los ecosistemas así como sus interacciones y procesos ecológicos relacionados. Se considera que las especies nativas, por el hecho de haber crecido en ese lugar ya se encuentran adaptadas a las condiciones del sitio; la restauración es un método que ha probado resultados y es menos riesgosa que la reforestación con especies exóticas (Pennington y Sarukhán 1968).

Las especies pioneras nativas se caracterizan por ser de rápido crecimiento, debido a su alta tasa fotosintética; crecen en condiciones adversas como por ejemplo después de un disturbio, por lo que son capaces de cerrar el dosel rápidamente y sus ciclos de vida no rebasan los 50 años, esto indica una buena adaptación para vivir en las zonas a restaurar (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1981).

Las especies que son utilizadas para la restauración deben de cumplir con ciertas características que se sugieren importantes para este propósito, como son: 1) fácil propagación por vía asexual o vegetativa, 2) resistencia a condiciones limitantes, 3) rápido crecimiento y alta producción de hojarasca, 4) útil para la población humana, 5) que favorezcan el restablecimiento de las poblaciones de flora y fauna nativas, 6) que presenten nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas y 7) que no presenten una propagación malezoide o invasiva. (González *et al.*, 1997; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). De esta manera se obtendrán plántulas y plantas que sean más resistentes a las condiciones

climáticas adversas y que ayuden al establecimiento de una comunidad ecológica sólida y sana, que pueda seguir con el proceso de sucesión de una manera natural.

Las especies de plantas que componen una comunidad vegetal se pueden dividir en dos grupos: 1) la comunidad en pie y 2) la comunidad que permanece latente en el banco de semillas (Harper, 1957). El banco de semillas, aunado al banco de estructuras vegetales y a los frutos y semillas que se encuentran en los árboles constituyen las fuentes más importantes para la regeneración de las que disponen las plantas.

Para llevar a cabo la restauración de selvas mexicanas proponemos a *Ureia caracasana*, es un árbol pionero que se distribuye muy extensamente en las selvas tropicales y tiene un rápido crecimiento en zonas abiertas. El uso de esta especie para la restauración se puede llevar a cabo mediante dos formas: 1) se puede propagar por medio de las semillas y 2) también mediante estacas que arraigan rápidamente lo cual facilita y agiliza la restauración de las selvas (Orozco-Segovia *et al.*, 1987)

*U. caracasana* es una especie importante para la restauración de selvas, ya que es común en la vegetación secundaria y tiene una amplia distribución en toda la zona cálida-húmeda de México. Con base en la propuesta de González-Zertuche (González-Zertuche *et al.*, 2001), se comparó la germinación de semillas almacenadas en el laboratorio con semillas previamente enterradas, con el propósito de definir si éste es un pretratamiento que mejore la capacidad germinativa y la velocidad de ésta, a la vez que reduce los requerimientos de luz y temperatura necesarios para su germinación.

La semilla es una estructura vegetal que permite la diseminación y la persistencia de un genotipo en el tiempo bajo condiciones desfavorables para su establecimiento (Orozco-Segovia, 1986). Algunos de los factores más importantes que intervienen para que se lleve a cabo el proceso de germinación son la luz y la temperatura (Salisbury y Ross, 1994).

### **III. OBJETIVO GENERAL**

- Analizar los requerimientos germinativos de las semillas de *Ureia caracasana* y evaluar el efecto del enterramiento, con el objeto de ofrecer alternativas para el manejo de esta especie con fines de restauración ecológica.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar la capacidad germinativa de semillas de *Ureia caracasana*, recién colectadas, con cinco meses de almacenamiento y de semillas enterradas previamente durante tres meses en un gradiente de temperatura constante.
- Establecer si un periodo de enterramiento previo a la germinación hace que ésta sea más sincrónica y rápida.
- Establecer si un periodo de enterramiento modifica los requerimientos térmicos de la especie para la germinación.
- Definir si un periodo de enterramiento previo a la germinación es un tratamiento sencillo y barato que favorezca el uso de esta especie en la restauración.

## **IV. ANTECEDENTES**

### **Germinación**

Las plantas vasculares superiores han desarrollado en el curso de su evolución una estructura reproductiva única en el reino vegetal, la semilla; ésta se forma a partir del óvulo, generalmente después de la fertilización y es la estructura portadora, protectora y dispersora del material genético, por lo que es el vehículo natural para la reproducción de las plantas, así como para la recolección, transporte, manejo y almacenamiento del germoplasma, con la ventaja de que éstas preservan la variabilidad genética resultante de la reproducción sexual (Vázquez- Yanes *et al.*, 1997). La semilla presenta además una cierta cantidad de reservas de alto valor calórico y nutricional que sostendrán las primeras etapas del crecimiento de la nueva planta, por un tiempo mucho más largo que las estructuras reproductivas de vegetales que antecedieron a las plantas con semillas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1990).

La germinación es un proceso que presenta tres fases (Fig. 1): Fase I) inicia con la absorción de agua y el reinicio del metabolismo, esto es un aumento en la tasa de respiración y una rehidratación de las proteínas, a este proceso se le llama imbibición. Fase II) se presenta una profunda transformación metabólica y una considerable reducción en la absorción de agua, a esta fase se le llama fase estacionaria. Fase III) se caracteriza por que se presenta un incremento considerable en la absorción de agua y en la actividad respiratoria, por lo que se empiezan a apreciar cambios morfológicos visibles, en concreto la elongación de la radícula (Bewley y Black, 1994; Salisbury y Ross, 1994).

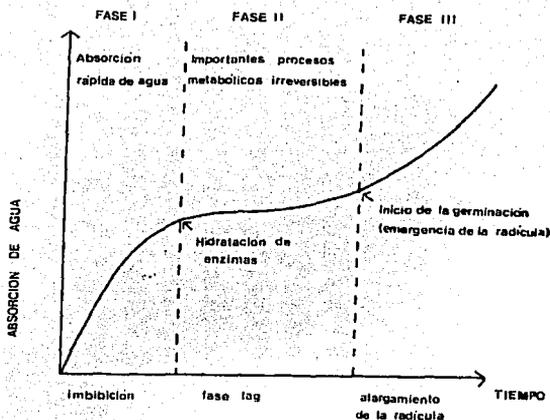


Figura 1. Etapas de la germinación que conducen a la emergencia de la radícula, modificado por Bewley, 1997 en Vázquez-Yanes *et al.*, 1997.

Los requerimientos germinativos varían en todas las especies y están determinados por factores internos y externos como son el agua, el oxígeno, el  $CO_2$ , la temperatura y la luz, algunas sustancias químicas como nitratos y hormonas (Salisbury y Ross, 1994; Raven *et al.*, 1999)

La latencia es un período en el cual se presenta una interrupción del desarrollo debido a un bloqueo químico, fisiológico o estructural que impide la germinación, es decir cuando una semilla viable no germina en condiciones adecuadas de humedad, luz y temperatura o viceversa, se dice que se encuentra en estado de latencia (Salisbury y Ross, 1994; Baskin y Baskin, 1998).

Se han distinguido varios tipos de latencia como son la propuesta por Crocker (1919) que la clasificaba en primaria y secundaria, la de Brenchley y Warrington (1930) la divide en natural e inducida, la de Bibbey (1948) Inherente y ambiental, Sussman y Halvorson

(1966) la dividen en constitutiva y exógena, Nikolaeva (1969) y Shafer y Chilcote (1969) la dividen como endógena y exógena (Vázquez- Yanes *et al.*, 1997), pero en este trabajo nos basaremos en la que fue presentada por Harper (1957), que es: A) Innata o endógena, la cual se presenta cuando existe algún impedimento fisiológico de la semilla; B) Inducida o secundaria, que se desarrolla cuando el medio presenta alguna característica muy desfavorable después de la diseminación; C) Impuesta o exógena está controlada por características físicas específicas del ambiente como son: luz, oxígeno y/o temperatura y se presenta en semillas que se encuentran en el suelo (Harper, 1957).

### **Fotoblastismo**

Los factores que desencadenan la germinación son diversos. Las perturbaciones que se presentan en las comunidades por fuego, arado, tormentas, etc., provocan cambios en las condiciones ambientales, propiciando la germinación de las semillas que se encuentran en el suelo en espera de las condiciones adecuadas. El fotoblastismo involucra los fenómenos de germinación controlados por la luz, siendo éste uno de los casos más claros del control de un proceso fisiológico por un factor ambiental. Este tipo de latencia regulada por luz es muy común en semillas que permanecen latentes en la oscuridad, enterradas en el suelo, hasta que son exhumadas durante las prácticas agrícolas (Smith, 1983).

Las semillas pequeñas de muchas hierbas, pastos y árboles pioneros comúnmente requieren de luz para germinar, mientras que permanecen latentes en la oscuridad; algunas otras especies, aunque no necesariamente tienen requerimientos de luz cuando son liberadas de la planta madre, rápidamente llegan a presentar latencia en el suelo. Por

otro lado, especies con semillas grandes, como los árboles de vegetación primaria en la selva húmeda tropical, germinan con prontitud en la oscuridad o en sitios sombreados. En las selvas tropicales la existencia de semillas latentes en el suelo y una ausencia en su respuesta germinativa se deben en gran medida a la mayor proporción de longitud de onda de rojo lejano que se encuentran bajo el dosel de un bosque (Vázquez-Yanes, 1976).

La respuesta de las semillas a las condiciones lumínicas requiere de un pigmento que tenga una función receptora pero que también actúe como un desencadenador o inhibidor de los procesos fisiológicos que activan la germinación, este pigmento fotorreceptor es el fitocromo, que absorbe principalmente la luz con longitud de onda de 600-800 nm (Smith, 1983). El fitocromo es una proteína hidrosoluble que tiene un peso molecular aproximado de 120 000 daltons. El grupo activo de la proteína es el cromóforo tetrapirrólico, formado por cuatro moléculas que pueden disponerse en forma circular o lineal dependiendo del estado de activación. Este fue descrito por Borthwick *et al.*, (1952) en un experimento realizado con semillas de la lechuga de variedad Grand Rapids que fueron irradiadas con luz roja (R) y rojo lejano (RL) (en Orozco-Segovia, 1986).

El fotoblastismo es un fenómeno claramente asociado con la permanencia de las semillas en el suelo. En algunas ocasiones el proceso fisiológico que induce la germinación necesita de luz, y en otros casos la germinación sólo se obtiene cuando la luz y la temperatura actúan simultáneamente. En algunos casos la fluctuación diaria de temperatura puede ocasionar que las semillas germinen en la oscuridad, aun cuando generalmente requieren luz.

## Temperatura

Los cambios que ocurren durante el proceso de la germinación incluyen procesos metabólicos que se llevan a cabo en una estrecha relación con la temperatura, y los efectos se pueden observar tanto en la capacidad germinativa de las semillas como en la velocidad de germinación. La germinación requiere temperaturas cardinales que son: óptima, máxima y mínima y el intervalo térmico en el que las semillas germinan es una característica específica de cada especie (García-Huidobro, 1982; Probert, 2000).

Por lo anterior se considera que las temperaturas cardinales son parámetros fisiológicos muy útiles en el estudio de la germinación, sin embargo, puede ser difícil determinarlas en forma precisa para las distintas especies, ya que a menudo se encuentran variaciones dependiendo del estado de la semilla o son difíciles de detectar por la lenta germinación que presenta en algunas temperaturas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Se ha observado en algunos casos que con la fluctuación de la temperatura la capacidad germinativa se ve favorecida e incluso aumenta la tasa de germinación. El efecto que tiene la alternancia de temperaturas parece tener una estrecha relación con la hidratación de la semilla pues la escarificación de éstas puede ser insuficiente para permitir la germinación a una temperatura constante. Sin embargo, los cambios físico-químicos producidos por el termoperiodo en las semillas, que conducen a la desaparición de la latencia, son de muy diversa naturaleza según la especie (Baskin y Baskin, 1998). También se ha reportado que la fluctuación de la temperatura permite la activación de ciertas enzimas que hacen permeables algunas membranas, lo que finalmente trae consigo el inicio de la germinación (Bewley y Black, 1994).

La existencia de temperaturas máximas, mínimas y óptimas para la germinación se ha reconocido desde hace aproximadamente 100 años. Sin embargo, no ha sido sino hasta las últimas dos décadas cuando el avance en la cuantificación de las respuestas germinativas y la formulación de modelos predictivos ha sido sustancial (Probert, 2000). De acuerdo con Thompson (1970), las temperaturas base o mínima, óptima y máxima para la germinación de una especie se pueden encontrar por medio de un modelo matemático donde se relaciona la temperatura con el tiempo en el que se alcanza el 50% de la germinación; sin embargo dado que no todas las especies ni en todas las temperaturas se alcanza el 50% de germinación, es un análisis poco práctico. Además para especies con una alta producción de semillas un porcentaje de germinación menor al 50% puede asegurar el establecimiento de la especie a temperaturas por fuera del rango que predice el método de Thompson (*op cit*) (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996).

Alternativamente se ha propuesto un modelo por medio del cual se pueden determinar las temperaturas mínima, óptima y máxima, con base en el análisis de la tasa de germinación, considerada como el inverso del tiempo requerido para que germinen las subpoblaciones porcentuales del 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100% de una población de semillas. Este modelo establece que las temperaturas cardinales extremas son aquellas que inhiben totalmente la germinación (García-Huidobro *et al.*, 1982; Ellis, 1986; Dahal y Bradford, 1994).

## **Banco de semillas**

Cuando la semilla llega al suelo se encuentra con un conjunto de factores bióticos y abióticos presentes en el ambiente en el cual permanecerán mientras se encuentran en el banco de semillas (Thompson, 2000). Los estudios de bancos de semillas, que se han realizado en selvas húmedas, indican la presencia de un número relativamente bajo de especies que pueden acumularse en el suelo. Se trata generalmente de semillas pequeñas y fotoblasticas (Vázquez- Yanes y Orozco- Segovia, 1990).

Los bancos de semillas están formados por las semillas viables no germinadas presentes, ya sea enterradas, depositadas sobre la superficie o mezcladas en la capa de hojarasca y humus. El tiempo que las semillas de una planta determinada permanecen latentes en el suelo antes de germinar, morir o ser atacadas por parásitos o depredadores está determinado por factores fisiológicos Innatos y por factores bióticos y abióticos (Thompson, 2000).

Existen varias clasificaciones de bancos de semillas, de acuerdo con la versión modificada de la clasificación del banco de semillas propuesta por Bakker (1989) y descrita por Thompson (1992, 1993) en (Bakker *et al.*, 1996) el cual define tres tipos:

*I. Temporal.* Especies con semillas que persisten en el suelo menos de un año, a menudo mucho menos. Esto correspondería al tipo I y II de Thompson y Grimme.

*II. Tiempo de persistencia Corto.* Especies con semillas que persisten en el suelo por más de un año, pero menos de 5 años. Este tipo originalmente fue descrito por Bakker (1989) en (Bakker *et al.*, 1996) como persistente, y tiene el papel de mantener a la población de plantas después de un año seco.

*III. Tiempo de persistencia largo.* Especies con semillas que persisten en el suelo por más de 5 años. Este tipo era el que originalmente tenía el término de permanente en Bakker (1989) en (Bakker *et al.*, 1996), y éste es el único que contribuye a largo plazo en la regeneración y restauración de comunidades de plantas.

Las características morfológicas de las semillas pueden tener tanto un efecto en la longevidad como en la latencia de las semillas y en su posición dentro del banco de semillas. En general, las semillas pequeñas tienen mayor probabilidad de formar parte del banco de semillas persistentes, que las semillas de mayor tamaño.

## **Restauración**

Dada la alta tasa de deforestación que se da actualmente en los trópicos, prácticas tales como la restauración y la recuperación ecológica se hacen necesarias para aminorar el daño que se está ocasionando a los ecosistemas. La restauración es importante ya que es el medio por el cual se intenta obtener la recuperación o regeneración de las comunidades vegetales reestableciendo las comunidades deterioradas parcial o totalmente con todo y sus interrelaciones. Para ello se toma en cuenta la composición de las especies silvestres, la reintroducción de especies extintas localmente y se pretende lograr que funcionen de manera parecida a la comunidad original en un tiempo relativamente corto.

Para hacer posible la restauración ecológica es necesario conocer la composición de la cubierta vegetal original, el funcionamiento del ecosistema y el restablecimiento de sus interacciones ecológicas. Por otra parte es fundamental tener información sobre la

estructura, la composición, la función y la heterogeneidad de los ecosistemas (Hobbs y Norton, 1996 en Hobbs y Harris, 2001), así como también los procesos fisiológicos de la germinación, el establecimiento, el crecimiento y la reproducción de las especies nativas que sean útiles para este proceso (Bazzaz, 1979).

La restauración como un regreso a las condiciones existentes en las comunidades naturales originales de cada región, incluida la diversidad biológica, logrando incluso nuevamente cierta estabilidad sin necesidad de un manejo posterior, pero cuando no se logra regresar a las condiciones exactas que presentaba el ecosistema antes de la degradación lo que se logra es la rehabilitación de la comunidad (Bradshaw, 1984 Bradshaw, 1990), claro que estas situaciones pueden invertirse, iniciando con una rehabilitación del ecosistema para posteriormente lograr reestablecer las condiciones iniciales antes del disturbio, un ejemplo de ello puede ser el de zonas perturbadas de lugares como reservas naturales en las que sólo una parte de la comunidad original ha sido alterada; en cambio, en muchos sitios sólo será posible aplicar una tercera opción más práctica, que es el reemplazamiento el cual que puede combinarse con actividades productivas (Bradshaw, 1984 Bradshaw, 1990).

En este caso la restauración ecológica estaría dirigida a tratar de recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema original, que permitan mantener la estabilidad en la fertilidad, la conservación del suelo y el ciclo hidrológico, aunque parte de la diversidad se haya perdido ( Vázquez-Yanes y Batís, 1996; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Los niveles de destrucción de la cubierta vegetal, del suelo fértil y de la capacidad de regeneración de la vegetación nativa marcarán la pauta del origen y las características biológicas de las especies que podrán usarse para cada localidad. Lugares con un nivel de deterioro relativamente leve podrían conservar los mecanismos naturales de regeneración

o cicatrización, como la presencia de un banco edáfico de semillas y estructuras vegetativas vivas, lluvia de semillas y un suelo aún fértil. Un nivel de deterioro mayor podría requerir de manipulaciones que incluyen el mejoramiento ambiental del sitio mediante el uso de especies de plantas mejoradoras de las cualidades del suelo y del microclima, combinada con la reactivación de la lluvia de semillas procedentes de zonas conservadas cercanas a través de medios biológicos. Finalmente, en áreas muy alteradas o en las que se presenta una invasión, natural o inducida, de especies de plantas exóticas se podrían requerir de acciones como la eliminación de la vegetación invasora, mejoramiento ambiental del sitio por medio de especies vegetales locales o introducidas, adecuadas para el fin buscado, e incluso puede requerirse de cambios basados en técnicas de ingeniería del paisaje para mejorar las condiciones de establecimiento de las plantas que se utilicen en la reforestación (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

La restauración además provee herramientas útiles para resolver problemas de conservación, con modelos ecológicos que tomen en cuenta un contexto individual y social, así como también información económica que pueda ser integrada a proyectos de desarrollo sustentables (Hobbs y Norton, 1996 en Hobbs y Harris, 2001).

## V. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

*Urera caracasana* (*Urticaceae*) (Jacq.) Griseb., Fl. Brit. W. Ind. 154.1859. Es una especie de amplia distribución que se localiza en los estados de Puebla, Morelos e Hidalgo, también de Tamaulipas hasta Tabasco, en Sinaloa y de Nayarit hasta Chiapas. Se distribuye además, de Guatemala a Panamá, en el Caribe y parte de Sudamérica.

*U. caracasana* es un arbusto o raramente árbol de 2-5 m de alto y 4-10 cm de diámetro a la altura del pecho, dioico. Tronco cilíndrico ligeramente sinuoso, sin contrafuertes. Copa abierta y más o menos redondeada. Corteza lisa pardo amarillenta. Tiene hojas simples, alternas, con un exudado transparente con ligero olor a mentol, margen dentado, venación pinnada. Flores rosadas de 1-4 cm de largo. Infrutescencia de 3-9 cm de largo, aquenios esféricos anaranjados a rojos de 1.5-3.5 cm de diámetro. Semillas de 0.8-1 mm de largo y 0.8-1mm de ancho, negruzcas (grisáceas al secar), esféricas; endospermo presente y se desarrolla una en cada fruto. La producción anual de semillas evaluadas en 10 árboles se ha estimado en  $0.4 \times 10^5$  a  $1.6 \times 10^6$ , lo que equivale a un promedio de 4000 a 160 000 semillas por árbol (Orozco-Segovia *et al.*, 1987).

Durante su periodo reproductivo *U. caracasana* produce hojas verde pálidas. Florece de mayo a julio y fructifican unos cuantos meses después, desde algunos individuos que lo hacen en noviembre hasta febrero (Ibarra-Manríquez, 1985).

Las semillas de *U. caracasana* no requieren de ningún tipo de escarificación para germinar. Se ha comprobado que bajo condiciones de luz directa sin filtrar la germinación se presenta en todos los individuos, por otra parte cuando las semillas fueron sometidas a tratamientos con luz filtrada simulando la cubierta vegetal de la selva, sólo se obtuvo un 40% de germinación (Orozco-Segovia *et al.*, 1987). También se sabe que su fotoblastismo se pierde después de un periodo de enterramiento de 17 meses, ya que las

semillas desenterradas después de este periodo germinaron en la oscuridad (Orozco-Segovia *et al.*, 1987). Pero no sólo existe respuesta frente a la calidad de luz, se sabe que requieren también de temperaturas específicas para activar la germinación. Se han hecho ensayos que demuestran que a temperaturas de 25°C es necesario un fotoperíodo de 12 horas, mientras que con fluctuación de temperatura (25-35°C) con 4 horas es suficiente, y a temperaturas de 35°C constantes sólo 30 minutos de luz al día son necesarios para la germinación (Orozco-Segovia *et al.*, 1987). De lo anterior se concluyó que una adecuada interacción entre la calidad de luz y la temperatura del suelo activan la germinación. La vida media de la semilla bajo condiciones de almacenamiento se ha estimado en un poco más de 7 años (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1996).

#### Usos.

Es utilizada principalmente como cerca viva de terrenos agrícolas y forestales. Debido a esta característica ha sido distribuida ampliamente por los humanos, también se reporta como remedio para la sífilis (Ibarra-Manríquez, 1985).

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

##### Zona de Estudio

La reserva de la biosfera de Los Tuxtlas se localiza en la parte sur de la llanura del Golfo, en la porción Sureste del estado de Veracruz, con dirección NO-SE, su eje mayor mide aproximadamente 78 km y el menor 40 km. Está conformada por un gran número de conos volcánicos, lo que brinda una heterogeneidad de ambientes digna de destacarse. Su rango altitudinal va de los 200 msnm hasta los 1700 msnm. Forma parte del eje neovolcánico transversal, en su parte oriental, dentro de los cráteres allí formados encontramos el volcán San Martín, el Santa Marta y el de San Martín Pajapan. El macizo volcánico se encuentra rodeado por las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos, que irrigan la sierra a través de lagunas entre las que se encuentra la laguna de Catemaco, formada por una depresión en el centro de la sierra; la laguna de Ostión en la vertiente sur y, la laguna de Sontecomapan en la vertiente norte del volcán San Martín. El clima es cálido-húmedo, con temperaturas máximas y mínimas anuales promedio de 29 y 17°C, respectivamente.

La precipitación promedio anual es de cerca de 4500 mm. En la mayor parte de la región la temperatura más alta se presenta en el mes de mayo y la temperatura más baja se presenta en enero con más frecuencia

Los tipos de suelo más frecuentes son los lateríticos rojos y amarillos andosoles latosoles, litosoles y regosoles de origen volcánico y aluvial. (Flores, 1971)

La vegetación dominante es la selva alta perennifolia, representada por árboles de gran talla 30 -35 metros de altura, como son: *Ficus yoponensis*, *F. tecolutensis* o *Celba pentandra*. También se puede observar una gran abundancia de palmas, a pesar de que

sean pocas las especies que se encuentran, como *Astrocarium mexicanum*, *Chamaedorea pinnatifrons*, *C. alternans* (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1997).

Las zonas perturbadas dominan el área que rodea a la reserva y son producto de actividades drásticas de perturbación antropogénica de la selva y procesos de sucesión secundaria. En las cercanías de la reserva se encuentran también los siguientes ecosistemas: selva mediana perennifolia, que se distribuye en zonas de altitud intermedia, aproximadamente a los 550 msnm, es una comunidad de árboles de baja de estatura de menos 30 metros de altura y diferente en la estructura. Algunos generos son muy abundantes en particular *Rheedia* y *Chamaedorea*. Forma parte de la vegetación dominante de la reserva, junto con los pastizales (SEMARNAP, 2000). Se pueden distinguir vegetación ruderal, pastizales y acahuales. Los pastizales son producto de la siembra de especies de pastos exóticos para el mantenimiento de la ganadería, la vegetación ruderal se compone de plantas y hierbas de tipo maleza, aunque también crecen árboles de talla menor en estos lugares. Los acahuales son comunidades secundarias que se caracterizan por poseer especies heliófilas de crecimiento rápido como: *Carica papaya*, *Cecropia obtusifolia*, *Hampea nutricia*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Myriocarpa longipes*, *Ochroma pyramidale*, *Trema micrantha*, *Trema mexicanum* y *Urera caracasana* (Martínez-Ramos, 1985; Orozco-Segovia *et al.*, 1987).

### **Colecta de Semillas**

Durante el mes de julio del 2001 se colectaron frutos de más de 10 individuos de *Urera caracasana*. Solo se colectaron frutos maduros de color anaranjado- rojizo que no mostraran señales de depredación o ataque de parásitos. Se colocaron en bolsas de papel,

se trasladaron al laboratorio y se dejaron secar por 48 hrs. a temperatura ambiente ( $24 \pm 25^{\circ}\text{C}$  y 40-50 % de humedad relativa) en el laboratorio. Posteriormente las semillas se limpiaron y se separaron con tamices de metal (Mont-Inox, No.30, con 0.59 mm de criba), una parte de las semillas se sembró inmediatamente, mientras que el resto de las semillas se almacenaron en frascos de vidrio cinco meses.

A principios de agosto del 2001 una parte de las semillas fueron enterradas en bolsas de tela de organza doble de 3 X 5 cm, colocadas a su vez en bolsas de tela plástica de mosquitero en dos sitios de La Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas. Los sitios de enterramiento fueron: 1) un claro de selva y 2) un potrero. En cada sitio se enterró una bolsa con 1500 semillas aproximadamente, a una profundidad de 6 cm para evitar la depredación. Las semillas fueron exhumadas a principios de febrero del 2002, para evitar el paso de la luz al exhumarlas se colocaron dos capas de papel aluminio sobre la superficie del suelo, se extrajeron las bolsas, y se envolvieron con éste para inmediatamente ser transportadas al laboratorio dónde se secaron en la oscuridad, durante 48 hrs. Posteriormente se lavaron con agua corriente, se secaron y se almacenaron hasta su uso.

En los experimentos de germinación se utilizaron tanto semillas recién colectadas, como almacenadas en el laboratorio por cinco meses y semillas exhumadas de un claro y un potrero.

### **Germinación en Cámaras de Ambiente Controlado**

Los experimentos de germinación se llevaron a cabo en cámaras de ambiente controlado (LAB LINE Instruments, Inc., Melrose Park, Illinois, USA) equipadas con lámparas

Incandescentes tubulares (General Electric B9 de 25 W), con un fotoperiodo de 12 h  $d^{-1}$ , un cociente rojo (R) : rojo lejano (RL) = 1.73, y un flujo fotónico de 33.21  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (400-700 nm). Las temperaturas utilizadas fueron 15, 20, 25, 30, 35 y 25-35°C (18 h a 25°C y 6 h a 35°C) y se utilizaron semillas recién colectadas, con cinco meses de almacenamiento y las enterradas en el claro y en el potrero.

Las semillas se sembraron en cajas petri sobre una placa de agar al 1%. Para todos los tratamientos se hicieron 3 réplicas de 30 semillas cada una. Previamente las semillas se desinfectaron con una solución fungicida al 0.2% (Captan 50, [cis-N-[(triclorometil)tio]-4-ciclohexano-1,2-dicarboximida], AGM, México). La duración del experimento fue de 30 días, las fechas de siembra comprendidas fueron, para las recién colectadas del 16 de julio al 16 de agosto del 2001, para las semillas con cinco meses de almacenamiento y las enterradas sembradas del 23 de febrero al 23 de marzo del 2002. El criterio usado para considerar las semillas germinadas fue la emergencia de la radícula. La germinación fue registrada diariamente.

### **Germinación en un Termogradiante**

Los experimentos de germinación también se realizaron en un termogradiante, el cual consiste en dos torres con ocho cámaras de germinación, cada cámara consiste en un cilindro de aluminio con cinco perforaciones, en cada una de ellas cabe un tubo de ensayo (2.2 cm de diámetro y 19.5 cm de largo), cada perforación tiene la misma temperatura, que se mantiene homogénea con una cinta térmica. Se utilizaron un total de 10 cámaras con las siguientes temperaturas constantes: 10, 12, 15, 17, 20, 22, 25, 27, 30, 32°C. Se

utilizaron semillas recién colectadas. la torre que contiene las cámaras con temperaturas menores a los 25°C se encuentra dentro de un refrigerador comercial (American Refrigeration, RC 600, México). Este sistema es controlado por una computadora mediante un puerto paralelo, que permite leer los sensores de las cámaras utilizadas y coordinar los controladores de cada cámara, con lo que se logra mantener una temperatura estable. El sistema de iluminación es independiente y consta de dos torres de aluminio con 8 focos fluorescentes (General Electric de 25 W), cada foco coincide con una cámara. El fotoperíodo fue de 24h. Este termogradiante fue diseñado por el Centro de Instrumentos y el Instituto de Ecología, UNAM.

A lo largo de cada tubo de ensayo, sobre una placa de agar al 1% de 5 mm de grosor, se sembraron 30 semillas. Los tubos se taparon con tapas de plástico transparente para evitar que el agar se secase, se pusieron 5 réplicas en cada temperatura. Para estimular la germinación y fluctuar la temperatura diariamente los tubos se trasladaron durante 4 horas diarias (de 10:00 am a 2:00 pm) a una cámara de germinación a 35°C. La duración del experimento fue de dos meses, las fechas comprendidas fueron, para las semillas de temperatura constante del 16 de julio al 16 de septiembre del 2001 y para las de temperatura fluctuante del 22 de octubre al 22 de Noviembre del 2001. El criterio usado para considerar las semillas germinadas fue la emergencia de la radícula. La germinación se registro diariamente.

### **Análisis Estadísticos**

El porcentaje de germinación acumulada en el tiempo de cada réplica, de cada tratamiento por temperatura, se ajustó a una función exponencial-sigmoide  $Y=A0/(1+A1*(EXP(-A2*X)))$ , con el programa Table Curve 2D, ver 3.0 para win 32 (AISN.

Software, Inc., Chicago Illinois, USA). Esta curva permitió definir en que tiempo germina el 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100% de la población, es decir cada subpoblación porcentual; también se obtuvo la primera derivada máxima (la máxima tasa de germinación) y el tiempo de latencia, es decir el número de días necesarios para que se inicie la germinación.

Se calculó el inverso del tiempo en el que se presentaron los porcentajes de germinación y se ajustaron los datos al modelo gaussiano  $Y=A0*(EXP(-A1*((X/A2)-1)^2))$ . Con este ajuste se calcularon las pendientes de las tangentes en los dos puntos de inflexión de la curva. El punto de intercepción de las tangentes con el eje de las ordenadas corresponde a las temperaturas cardinales: temperatura base ( $T_b$ ) y temperatura máxima ( $T_m$ ), y los inversos de las pendientes, en los puntos de inflexión, al tiempo térmico ( $T_t$ ) requerido para que se llegue a la germinación señalada por las subpoblaciones porcentuales. Posteriormente el tiempo térmico para cada subpoblación porcentual, de cada tratamiento se ajustó a una ecuación exponencial-sigmoide.

Previamente se realizó la transformación arcoseno al porcentaje de la germinación para la normalización de los datos y finalmente se realizaron análisis de varianza de una vía (ANOVA) y a estas se le aplicaron análisis de rango múltiple (ARM), con el programa Statgraphics, ver 5.0, (Statistical Graphics Corporation, Englewood Cliffs, N.J. USA), para obtener con mayor claridad las diferencias por mínimas que fueran entre las variables que fueron: Capacidad germinativa, es expresa como el máximo porcentaje de semillas capaces de germinar en condiciones óptimas, pero también se puede hablar de una capacidad germinativa baja, que es cuando la germinación es baja aun cuando las semillas son viables. La expresión del porcentaje final sólo indica las semillas que germinaron, pero no el tiempo para ello. Tasa de germinación, corresponde al tiempo requerido para

completar la germinación, aumente regularmente de un mínimo a un máximo para posteriormente disminuir, es decir, el porcentaje obtenido después de cierto tiempo bajo diferentes tratamientos (González-Zertuche, 1992). Temperaturas cardinales son las temperaturas máximas y mínimas en las cuales se obtienen la geminación de las semillas y tiempo térmico es la relación que existe entre la temperatura y el tiempo ( $^{\circ}\text{C h}^{-1}$ ), esta relación nos dice, el requerimiento de estos dos factores para que se lleven a cabo procesos como son la germinación, el crecimiento, la floración, etc, además de la velocidad con la que se realizan (Washitani, 1987, Dahal y Bradford, 1994).

## VII. RESULTADOS

### Respuesta germinativa

#### Respuesta Germinativa en el Termogradiante

La capacidad germinativa de *U. caracasana* en el termogradiante fue significativamente más alta en temperaturas fluctuantes que en temperaturas constantes ( $F_{(1,38)} = 10.679$ ,  $P = 0.0025$ ). Las semillas no germinaron a temperaturas por abajo de 20°C y en las temperaturas en que hubo germinación existieron diferencias significativas en la capacidad germinativa alcanzada ( $F_{(3,38)} = 7.469$ ,  $P = 0.0006$ ) (Fig. 2 y 3).

El Análisis de Rango Múltiple (ARM) mostró que las semillas en el termogradiante a temperatura fluctuante mostraron diferencias significativas en la capacidad germinativa alcanzada en 20-35 y 25-35 °C, siendo la primera la de menor y la última la de mayor capacidad germinativa ( $F_{(3,18)} = 4.715$ ,  $P = 0.0164$ ). A 30-35 y 32-35°C se presentó un comportamiento intermedio, sin presentar diferencias entre ellas (Fig. 3).

#### Respuesta Germinativa en Cámaras de Ambiente Controlado

En las cámaras de ambiente controlado, *U. caracasana* no presentó diferencias significativas entre la capacidad germinativa alcanzada en las semillas recién colectadas (Fig. 4) y en semillas con cinco meses de almacenamiento (Fig. 5) ( $F_{(4,27)} = 1.206$ ,  $P = 0.575$ ).

En las semillas recién colectadas el análisis nos mostró que no existen diferencias significativas en la capacidad germinativa alcanzada en las cinco diferentes temperaturas ( $F_{(4,13)} = 0.826$ ,  $P = 0.5409$ ) (Fig. 4).

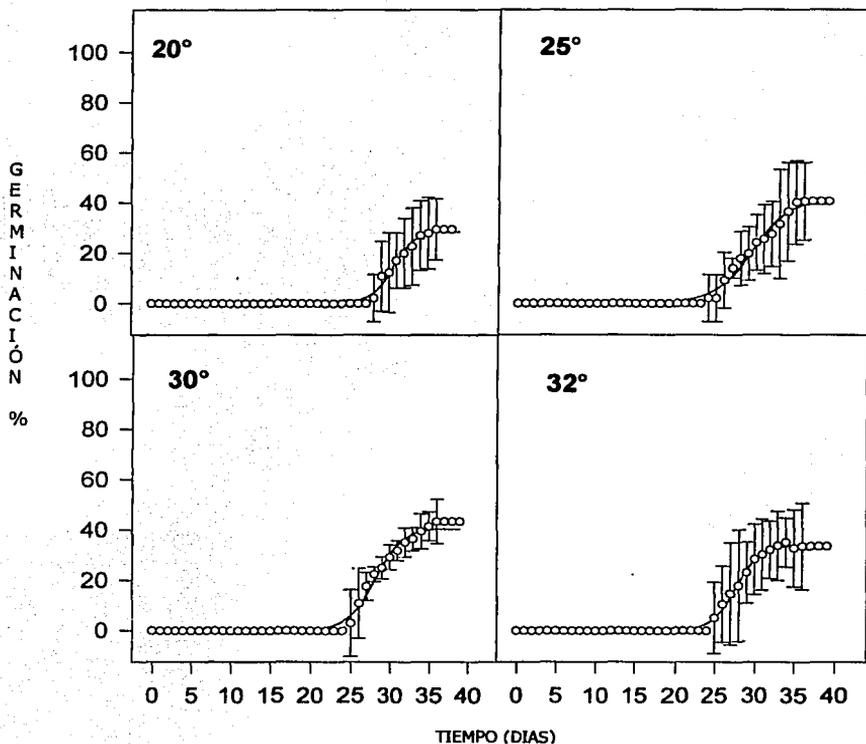


Figura 2. Porcentaje de germinación acumulada en el tiempo de semillas recién colectadas en temperaturas constantes. Datos ajustados a la función exponencial sigmoide  $Y = a/(1+b) \cdot (\exp(-c \cdot x))$ . Las semillas permanecieron 24 h con flujos fotónicos bajos en un termogradiante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

GERMINACIÓN %

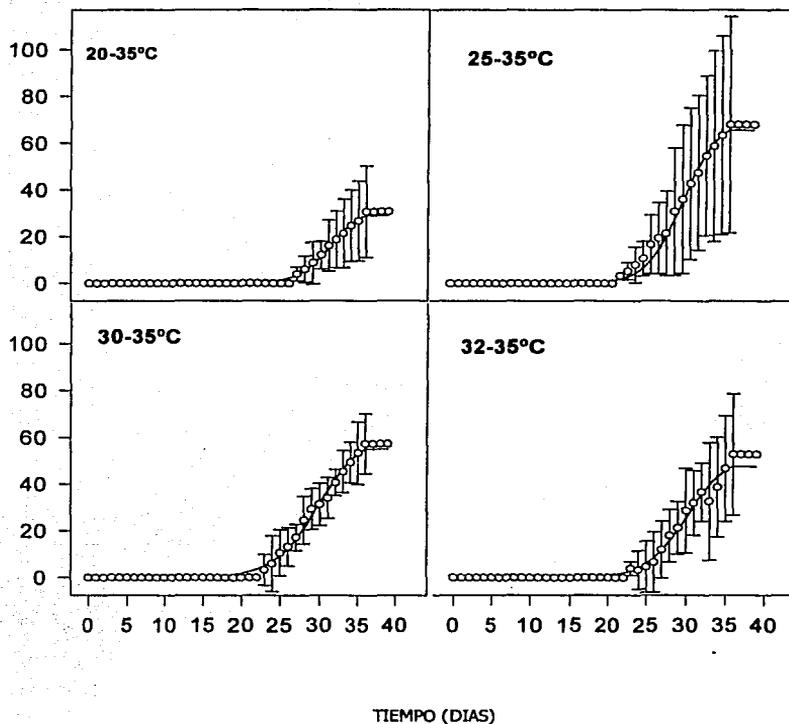


Figura 3. Porcentaje de germinación acumulada en el tiempo de semillas recién colectadas en temperaturas fluctuantes. Datos ajustados a una función exponencial sigmoide  $Y=a/(1+b)^{(\exp(-c*x))}$ . Las semillas permanecieron 20 h con flujos fotónicos bajos en un termogradiante y 4 h en la cámara de ambiente controlado con flujos fotónicos mayores. Fotoperíodo total de 24 h.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En las semillas con cinco meses de almacenamiento el análisis nos mostró que no existen diferencias significativas en la capacidad germinativa alcanzada en las cinco diferentes temperaturas ( $F_{(4,13)} = 0.826$ ,  $P = 0.5509$ ) (Fig. 5).

Mientras que en las semillas enterradas en un potrero si hay diferencias significativas ( $F_{(4,13)} = 10.580$ ,  $P = 0.0019$ ), presentaron una menor capacidad germinativa en 15 y 20°C, y una mayor capacidad en 25, 30, y 35°C, sin presentar diferencias entre estas tres últimas (Fig. 6).

En el caso de las semillas enterradas en el claro se presentó el mismo porcentaje de germinación en todas las replicas en las diferentes temperaturas, por lo que no presentaron diferencias en este tratamiento, por lo que no fue necesario realizar el análisis de varianza ( Fig. 7).

En las cámaras de ambiente controlado, *U. caracasana* presentó diferencias significativas en la capacidad germinativa alcanzada debido al efecto de la temperatura ( $F_{(4,44)} = 4.618$ ,  $P = 0.004$ ) y al sitio de almacenamiento (laboratorio, enterradas en un potrero, enterradas en un claro) (Fig.4, 6 y 7) ( $F_{(2, 44)} = 16.948$ ,  $P = 0.0001$ ).

El ARM mostró que en general la capacidad germinativa es más baja en las temperaturas de 15 y 20°C, sin diferencias entre ellas y más alta en las demás temperaturas (25, 30, 35°C), sin diferencias entre ellas.

La germinación de las semillas enterradas en el claro fue significativamente más alta que en los otros dos tratamientos, entre los que no existieron diferencias significativas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

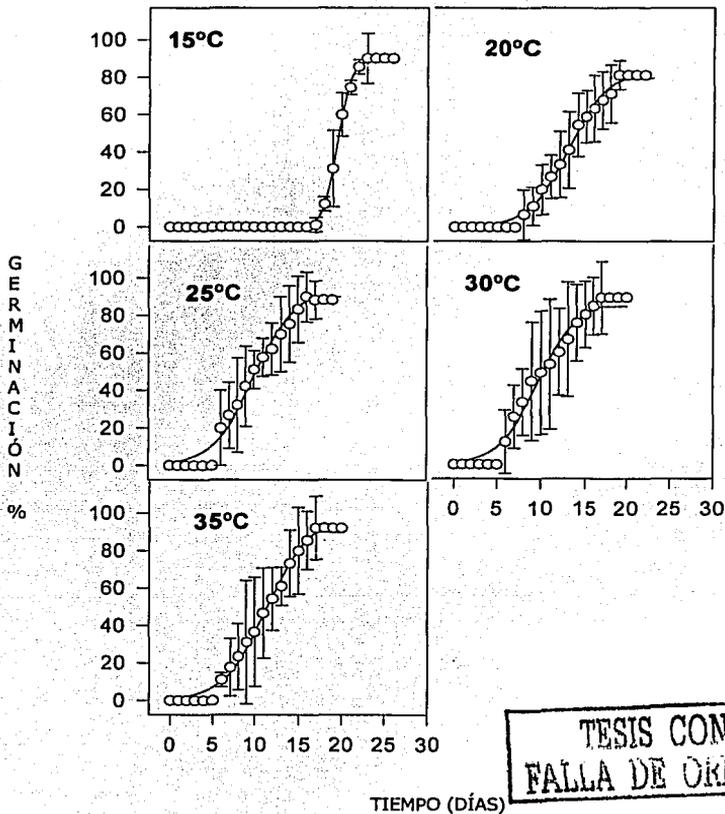


Figura 4. Porcentaje de germinación acumulada en el tiempo de semillas recién colectadas, en cámaras de ambiente controlado con temperaturas constantes y 12 h luz. Datos ajustado a una función exponencial sigmoide  $Y=a/(1+b) \cdot (\exp(-c \cdot x))$ .

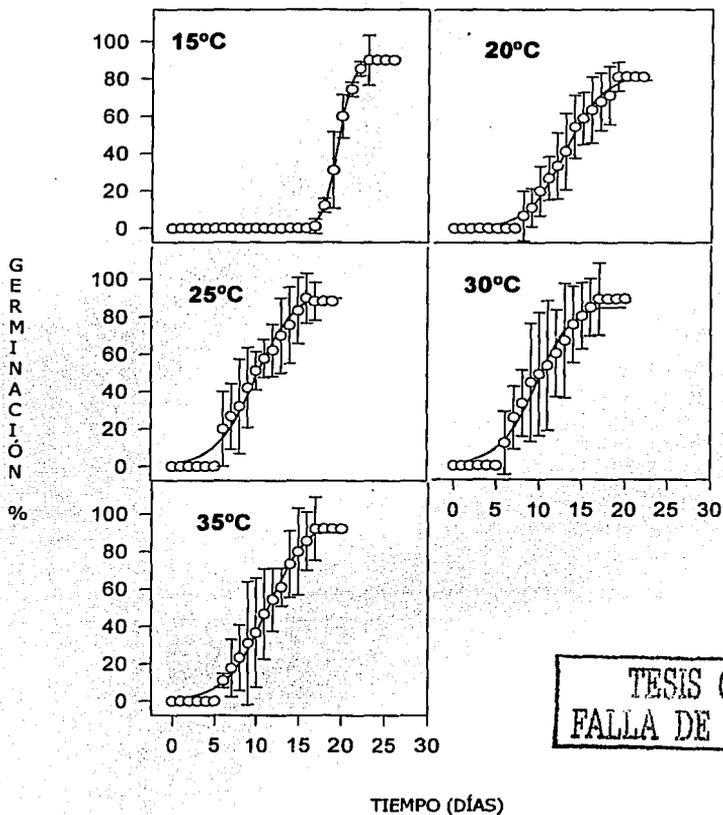


Figura 5. Porcentaje de germinación acumulada en el tiempo de semillas con cinco meses de almacenamiento, en cámaras de ambiente controlado con temperaturas constantes y 12 h luz. Datos ajustados a una función exponencial sigmoide  $Y=a/(1+b) \cdot (\exp(-c \cdot x))$ .

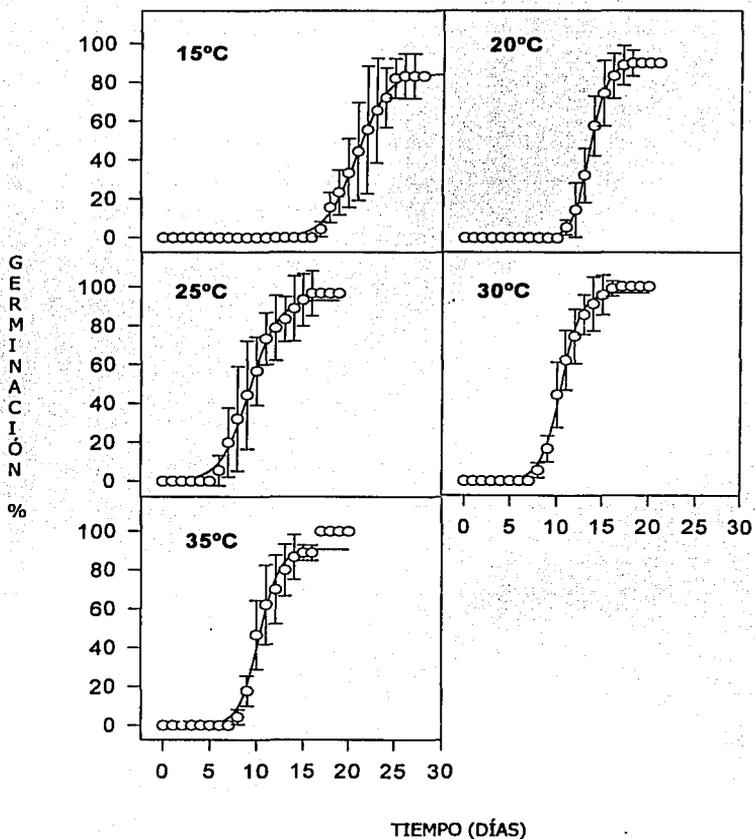


Figura 6. Porcentaje de germinación acumulada en el tiempo de semillas enterradas en un potrero, en cámaras de ambiente controlado con temperaturas constantes y 12 h luz. Datos ajustados a una función exponencial sigmoide  $Y=a/(1+b)\cdot(\exp(-c\cdot x))$ .

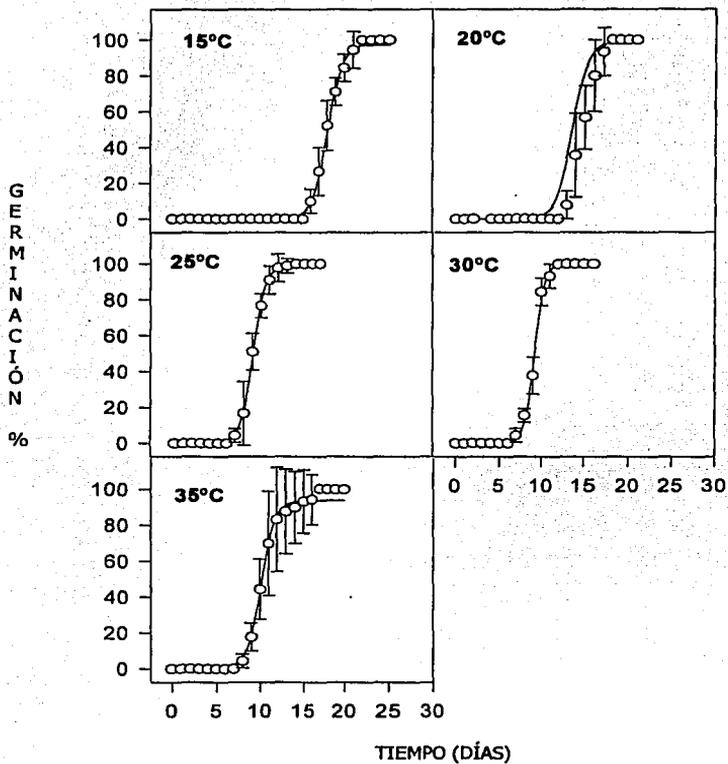


Figura 7. Porcentaje de germinación acumulada en el tiempo de semillas enterradas en el claro de la selva, en cámaras de ambiente controlado con temperaturas constantes y 12 h luz. Datos ajustados a una función exponencial sigmoide  $Y=a/(1+b)\cdot(\exp(-c\cdot x))$ .

En el curso de la germinación entre las réplicas en cada temperatura hubo una dispersión mayor en las semillas recién colectadas (Fig. 4), mientras que las semillas enterradas en el potrero tuvieron un comportamiento intermedio (Fig. 6) y en las semillas enterradas en el claro la dispersión fue prácticamente nula, salvo en la temperatura de 35°C dónde la dispersión fue mayor (Fig. 7), aunque la germinación final no presenta dispersión en ninguno de los grupos probados

#### Termogradiante vs. Cámaras de Ambiente Controlado

La respuesta germinativa de *U. caracasana* depende de la luz, por lo que en el termogradiante con flujo fotónico bajo y temperaturas constantes la germinación fue significativamente menor con respecto a la respuesta germinativa en las cámaras de ambiente controlado con un flujo fotónico alto y temperaturas constantes. También en bajos flujos fotónicos se presentó una mayor dispersión de la capacidad germinativa, un tiempo inicio más largo y tasas germinativas más bajas (Fig. 2-7)

#### Tasas de germinación

Para conocer si existía un efecto significativo de la temperatura en las cámaras de ambiente controlado sobre la tasa de germinación de las distintas subpoblaciones, se analizó por separado cada tratamiento por medio de un análisis de varianza.

#### Tasa de Germinación de Semillas Recién Colectadas.

Entre las subpoblaciones de las semillas recién colectadas se presentaron diferencias significativas en las tasas de germinación registradas en cada temperatura ( $F_{(5,88)} =$

59.773,  $P = 0.0001$ ). También las tasas de cada población difirieron significativamente entre las temperaturas ( $F_{(4,88)} = 65.128, P = 0.0001$ ). El análisis de rango múltiple (ARM) mostró que las subpoblaciones de 60 y 50% tuvieron significativamente las tasas más bajas y las subpoblaciones de 10 y 20% tuvieron las tasas significativamente más altas. La subpoblación de 10% de cada grupo mostró la tasa extrema. Todas estas subpoblaciones de 10 y 20% difirieron entre sí. Las otras subpoblaciones (40 y 30%) presentaron tasas intermedias y fueron iguales entre si. El ARM mostró que la tasa se incrementa significativamente con la temperatura. La tasa más alta se encuentra en 30° y en 35°C. Hay diferencias significativas debidas al efecto de la temperatura entre todas las tasas (Fig. 8a).

#### Tasa de Germinación de Semillas Enterradas en el Potrero.

Entre las subpoblaciones de las semillas enterradas en el potrero hubo diferencias significativas en las tasa de germinación ( $F_{(5,88)} = 45.308, P = 0.0001$ ). También la temperatura produjo diferencias significativas en la respuesta germinativa ( $F_{(4,88)} = 114.09, P = 0.0001$ ). El ARM mostró que la subpoblación de 60% presentó la tasa de germinación significativamente más baja, y las tasas más altas se encontraron en las subpoblaciones de 10, 20 y 30 %. La tasa máxima se ubicó en la primera de ellas, presentando diferencias significativas con las demás. Las subpoblaciones de 40 y 50 % tuvieron tasas intermedias, significantivamente iguales entre si y diferentes a todas las otras subpoblaciones. El ARM mostró que la tasa de germinación se incrementa con el aumento en la temperatura, alcanzando el valor máximo en 25°C y el mínimo en 15°C. Únicamente no presentaron diferencias significativas entre sí las temperaturas de 30 y 35°C, en las cuales la germinación fue más baja que en 25°C (Fig. 8b).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

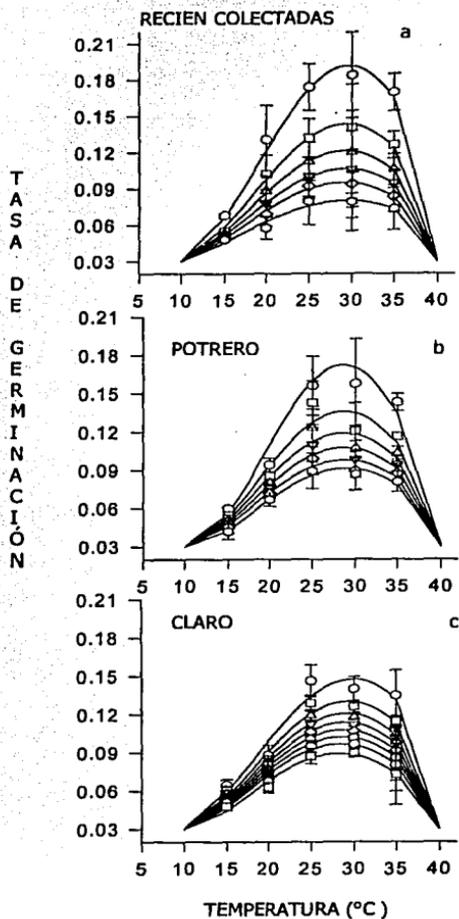


Figura 8. Tasas de germinación en un gradiente de temperaturas de las subpoblaciones porcentuales. Los datos se ajustaron a un modelo gaussiano  $Y = 0.293427 * (-a * ((x/29-1)^2))$ . O 10%, □ 20%, Δ 30%, ▽ 40%, ◇ 50%, □ 60%, ○ 70%, □ 80%.

### Tasa de Germinación de Semillas Enterradas en el Claro.

Entre las subpoblaciones de las semillas enterradas en el claro se presentaron diferencias significativas en las tasa de germinación ( $F_{(7,118)} = 62.121$ ,  $P = 0.0001$ ). Difieron también por efecto de la temperatura ( $F_{(4,118)} = 306.776$ ,  $P = 0.0001$ ). El ARM mostró que las subpoblaciones de 80 y 70% presentaron las tasas más pequeñas, mientras que las tasas más altas se presentaron en las subpoblaciones de 10, 20, 30 y 40%. Siendo las primeras de cada caso la tasa máxima y mínima. Hubo diferencias significativas entre todas las subpoblaciones. El ARM mostró que la tasa de germinación se incrementa con el aumento en la temperatura, alcanzando un máximo en 25°C y un mínimo en 15°C. Únicamente entre las subpoblaciones de 30 y 35°C no hubo diferencias significativas (Fig. 8c).

### Temperaturas cardinales

#### Temperaturas Máximas.

Las temperaturas máximas para las semillas recién colectadas, enterradas en un potrero y en un claro de selva, se encontraron entre los 43.34 y los 57.62°C (Tabla 1). Sin embargo no se presentaron diferencias significativas entre los sitios de almacenamiento ( $F_{(2,52)} = 1.148$ ,  $P = 0.3264$ ). Se encontró que tampoco existen diferencias significativas entre las subpoblaciones ( $F_{(5,52)} = 32.128$ ,  $P = 0.0880$ ). El ARM mostró que la temperatura máxima más baja fue para la subpoblación de 20%, mientras que los rangos de temperaturas más altas se ubicaron en las subpoblaciones de 60, 50 y 40%, encontrándose en la primera la máxima más alta. Siendo las subpoblaciones de 10 y 30% las que presentaron temperaturas intermedias. El tiempo térmico se encontró entre los

1824.52 – 2472.36 ( $^{\circ}\text{C h}^{-1}$ ) para alcanzar el 10 y el 60% de germinación respectivamente. La relación entre tiempo térmico y las subpoblaciones se ajustó a una función exponencial sigmoide.

Temperaturas máximas de semillas recién colectadas.

En el análisis de varianza entre las subpoblaciones de las semillas recién colectadas no se presentaron diferencias significativas en la temperatura máxima ( $F_{(5,16)} = 1.795$ ,  $P = 0.1945$ ). El ARM mostró que la subpoblación de 60% muestra la temperatura máxima más alta y la subpoblación de 20% muestra la temperatura máxima más baja. Mientras las otras subpoblaciones presentan temperaturas intermedias (Fig. 9).

El ANOVA de las subpoblaciones de las semillas enterradas en el potrero presentaron diferencias significativas en la temperatura máxima de germinación ( $F_{(5,16)} = 9.457$ ,  $P = 0.0011$ ). El ARM mostró que las subpoblaciones de 60, 20 y 10%, presentaron diferencias significativas entre sí, siendo la primera la que presentó la temperatura máxima mayor y la última la temperatura máxima menor. No presentaron diferencias significativas entre sí el resto de las subpoblaciones (Fig. 9).

Temperaturas máximas de semillas enterradas en el claro.

Entre las subpoblaciones de las semillas enterradas en el claro no se presentaron diferencias significativas en la temperatura máxima ( $F_{(7,22)} = 0.105$ ,  $P = 0.997$ ) (Fig. 9).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

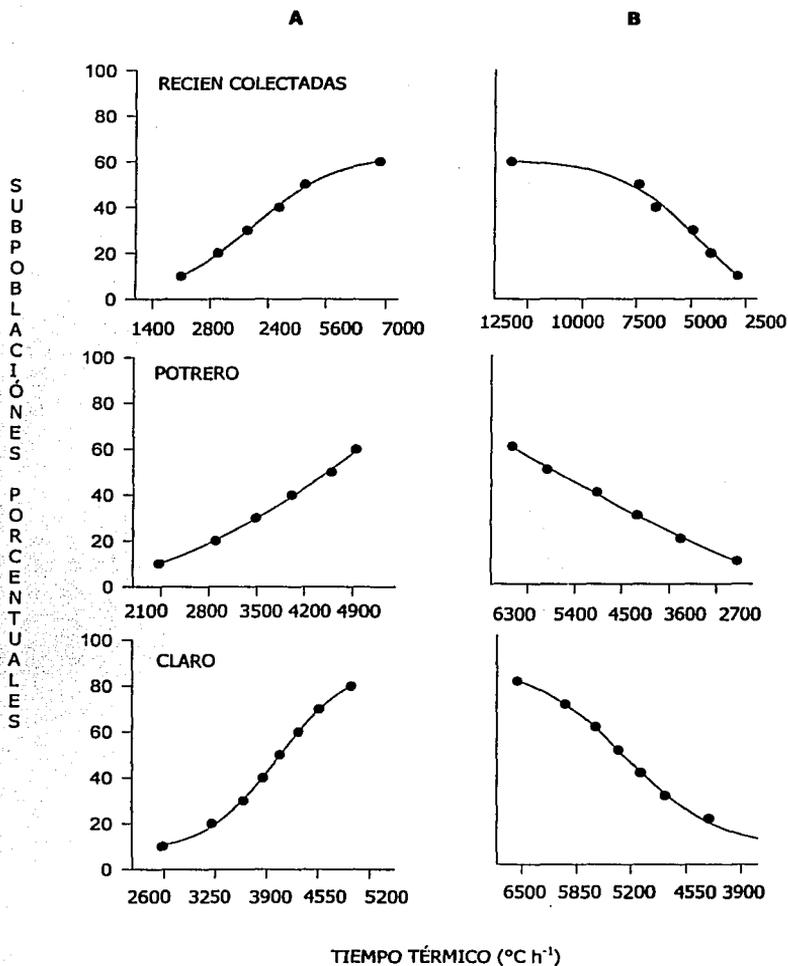


Figura 9. Tiempo térmico para las subpoblaciones porcentuales calculadas a partir de las curvas gaussianas que describen las tasas de germinación, en respuesta a las temperaturas, A) Por debajo de la óptima; B) Por arriba de la óptima. El tiempo térmico de las diferentes subpoblaciones se ajusto a una curva exponencial sigmoide,  $Y=a+b/(1+\exp(-(x-c)/d))$  Temperaturas máximas de semillas enterradas en el potrero.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### Temperaturas Mínicas

Las temperaturas mínimas para las semillas de los tres sitios de almacenamiento se encontraron en un rango de entre 1.95 – 10.56°C (Tabla 1). Presentaron diferencias significativas entre sí ( $F_{(2,52)} = 6.328$ ,  $P = 0.0037$ ), siendo las semillas enterradas en el claro las que presentaron la temperatura mínima más baja con respecto a los otros dos sitios que no presentaron diferencias significativas entre sí. Se encontró también que existen diferencias significativas entre las subpoblaciones ( $F_{(5,52)} = 12.813$ ,  $P = 0.0001$ ). El ARM mostró que la temperatura mínima más alta fue para la subpoblación de 10% y mientras que la temperatura mínima más baja se presentó en la subpoblación de 60%. El tiempo térmico se encontró entre los 3448.44 a 9233.48 ( $^{\circ}\text{C h}^{-1}$ ) para alcanzar el 10 y el 60% de la germinación respectivamente (Fig. 9).

### Temperaturas mínimas de semillas recién colectadas.

El análisis de varianza de las subpoblaciones de las semillas recién colectadas presentaron diferencias significativas en la temperatura mínima ( $F_{(5,16)} = 5.416$ ,  $P = 0.0078$ ). El ARM mostró que la subpoblación de 60 muestra la temperatura mínima más baja y la subpoblación de 10% muestra la temperatura mínima más alta. Las otras subpoblaciones presentaron un comportamiento intermedio.

### Temperaturas mínimas de semillas enterradas en el potrero.

En el ANOVA de las subpoblaciones de las semillas enterradas en el potrero se presentaron diferencias significativas en la temperatura mínima de germinación ( $F_{(5,16)} = 42.558$ ,  $P = 0.0001$ ). El ARM mostró que las subpoblaciones de 50, 30, 20 y 10%, presentaron diferencias significativas entre sí, siendo la primera la que presentó la

temperatura mínima más baja y la última la temperatura mínima más alta. No presentaron diferencias significativas entre sí las subpoblaciones de 50 y 60% (Fig. 9).

**Temperaturas mínimas de semillas enterradas en el claro.**

El ANOVA de las subpoblaciones de las semillas enterradas en el claro no presentaron diferencias significativas en la temperatura mínima de germinación ( $F_{(7,22)} = 2.536, P = 0.0584$ ). El ARM mostró que la subpoblación de 10 % presentó la temperatura mínima más alta, mientras que la subpoblación de 80% presentó la temperatura mínima más baja (Fig. 9).

Población	Subpoblación	Tem Max ( $\pm$ error)	Tem Min ( $\pm$ error)
RECIÉN COLECTADAS	10	49.90( $\pm$ 0.919)	9.58( $\pm$ 0.856)
	20	43.34( $\pm$ 0.999)	7.99( $\pm$ 0.876)
	30	51.85( $\pm$ 0.970)	6.75( $\pm$ 0.867)
	40	53.29( $\pm$ 0.933)	5.48( $\pm$ 0.856)
	50	53.54( $\pm$ 0.881)	4.70( $\pm$ 0.881)
	60	57.62( $\pm$ 0.903)	1.95( $\pm$ 0.871)
POTRERO	10	46.65( $\pm$ 0.999)	10.56( $\pm$ 0.887)
	20	48.55( $\pm$ 0.985)	8.77( $\pm$ 0.864)
	30	49.64( $\pm$ 0.980)	7.60( $\pm$ 0.867)
	40	50.51( $\pm$ 0.999)	6.91( $\pm$ 0.868)
	50	50.95( $\pm$ 0.999)	6.08( $\pm$ 0.871)
	60	51.68( $\pm$ 0.976)	6.38( $\pm$ 0.852)
CLARO	10	52.08( $\pm$ 0.996)	9.42( $\pm$ 0.882)
	20	51.33( $\pm$ 0.988)	7.59( $\pm$ 0.921)
	30	51.21( $\pm$ 0.974)	7.04( $\pm$ 0.911)
	40	51.16( $\pm$ 0.956)	6.82( $\pm$ 0.888)
	50	51.10( $\pm$ 0.999)	6.61( $\pm$ 0.899)
	60	49.95( $\pm$ 0.999)	6.71( $\pm$ 0.921)
	70	50.99( $\pm$ 0.999)	6.09( $\pm$ 0.901)
	80	50.98( $\pm$ 0.985)	5.88( $\pm$ 0.910)

Tabla 1. Temperaturas máximas y mínimas ( $\pm$  error estándar) para las subpoblaciones porcentuales de las semillas recién colectadas y con pretratamiento de enterramiento.

## VIII. DISCUSIÓN

Las semillas recién colectadas de *Urera caracasana* presentaron una alta capacidad germinativa, sin embargo, la mayor tasa de germinación y la mayor capacidad germinativa se obtuvieron en las semillas que estuvieron enterradas en un claro de la selva, en comparación con las semillas recién colectadas, las semillas almacenadas por 5 meses en el laboratorio y las semillas enterradas en un potrero.

En la literatura se han documentado ampliamente los cambios en la latencia inducidos durante la permanencia de las semillas en el banco de semillas y recientemente estos cambios han sido también relacionados con los cambios inducidos durante tratamientos de priming, ya que al igual que en éstos, después del enterramiento hay un incremento en la tasa germinativa (González-Zertuche *et al.*, 2000). Los cambios que ocurren durante el enterramiento dependen también de las condiciones ambientales del micrositio del suelo en que se encuentran (González-Zertuche *et al.*, 2000). Esto se debe a que tanto las condiciones de imbibición como de temperatura en que la germinación ocurre afectan la respuesta fisiológica de la semilla, a esto se le conoce como tiempo hidrotérmico y recientemente ha recibido mucha atención por parte de los investigadores, quienes han resaltado, su importancia para la germinación y el establecimiento, desde el punto de vista ecológico (Allen y Meyer, 2000). Con respecto a la cantidad de semillas enterradas inicialmente, el número de semillas exhumadas fue menor. Esto pudo deberse a que el enterramiento se llevó a cabo durante la época de lluvias, por lo que una proporción de las semillas pudo haber germinado o bien pudieron estar no viables y se desintegraron, como lo muestran las observaciones hechas al microscopio, ya que en algunas de ellas se observó fragmentación y la presencia de hifas en su interior.

Muchas semillas no germinaron durante el enterramiento debido principalmente a que su germinación es regulada por la luz (fotoblastismo positivo) (Orozco-Segovia *et al.*, 1987). Las semillas de *U. caracasana*, al tener una germinación dependiente de la luz juegan un papel importante dentro del banco de semillas en la selva. Aunque las semillas que sobrevivan por más de un año en el suelo sean pocas, éstas se ven favorecidas al perder totalmente su fotoblastismo positivo, ya que pueden germinar incluso en la oscuridad después de 17 meses, durante los cuales permanecen en estado latente en el suelo (Orozco-Segovia *et al.*, 1987). Generalmente en las semillas de especies que se encuentran en el banco de semillas, los requerimientos de fluctuaciones de temperatura y luz necesarios para la germinación, decrecen e incluso desaparecen con el tiempo, y sólo permanece un pequeño grupo de semillas remanentes que siguen siendo sensibles a la luz (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1996).

Los frutos de *U. caracasana* maduran de noviembre a enero y como muchas especies en Los Tuxtlas, se dispersan durante la época seca del año, de febrero a mayo (Ibarra-Manríquez, 1985). Comúnmente, esta especie es dispersada por aves y forman parte del banco de semillas, parte del cual germina cuando se abre un claro en la selva (Vázquez-Yanes, 1976; Salmerón, 1986). Sus semillas presentan las características generales de las especies pioneras tropicales, cuyos requerimientos generales para la germinación no son difíciles de recrear en condiciones de laboratorio (Orozco-Segovia *et al.*, 1987). Esto ha sido ampliamente documentado y sugiere que las condiciones características de los claros favorecen su germinación, como ocurre con árboles de vida corta de especies como *Carica papaya*, *Cecropia obtusifolia*, *Hampea nutricia*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Myriocarpa longipes*, *Ochroma pyramidale*, *Trema micrantha*, *Trema mexicanum* y *Urera caracasana* (Martínez-Ramos, 1985; Orozco-Segovia *et al.*, 1987).

El banco de semillas presente en el suelo de las selvas, tiene una considerable importancia ecológica, ya que contiene las reservas de semillas viables que en las épocas favorables se establecerán como nuevos individuos. El banco de semillas de la selva se encuentra mayoritariamente constituido por especies pioneras y nómadas, que pueden ser transitorias o permanentes (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes, 1981; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1984; Baskin y Baskin, 1989); de hecho *U. caracasana* es la sexta especie más abundante en el bancos de semillas de Los Tuxtlas (Salmerón, 1986; Vázquez-Yanes *et al.*, 2000). Se ha reportado que al germinar muestras de suelo de lugares abiertos y de claros de la selva la emergencia de plántulas es más abundante en muestras de lugares abiertos (Salmerón, 1986), lo cual no coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que las semillas exhumadas del potrero (lugar abierto) germinaron menos que las semillas del claro de la selva. Esto puede deberse a dos causas, la primera de ellas es que al no romperse la latencia de todas las semillas en un lugar abierto hay un banco de semillas de mayor tamaño que en un claro de la selva; la segunda es que el banco de semillas es de mayor tamaño en un lugar abierto porque esta especie es dispersada por 13 especies de aves (Orozco-Segovia *et al.*, 1987).

Las semillas de *U. caracasana* que estuvieron en cámaras ambientales con fotoperíodo de 12 h luz presentaron una alta tasa de germinación y una alta capacidad germinativa en comparación con las semillas que estuvieron en un termogradiante con un fotoperíodo de 24 h luz; esto se debió a que dentro del termogradiante hay un menor flujo fotónico, con lo que se corrobora que efectivamente la luz es un factor determinante en la capacidad germinativa de *U. caracasana*, y que estas semillas presentan una latencia de tipo fotoblastica (Baskin y Baskin, 1998), además de caracterizarse por obtener alta capacidad germinativa en las semillas recién colectadas, mientras que en pruebas

posteriores ésta disminuye o se mantiene estable (Orozco-Segovia *et al.*, 1987; Vázquez-Yanes, 1976).

Para *U. caracasana* las temperaturas de 25 y 30°C constantes fueron las óptimas, pues en estas temperaturas no solo se obtuvo la máxima capacidad germinativa, sino también el menor tiempo de inicio de la germinación. Previamente se había reportado que dependiendo de las condiciones de luz, la temperatura de 25°C era favorable para la germinación de esta especie (Orozco-Segovia *et al.*, 1987). Diversos estudios han reportado que una temperatura constante de 25 y 26°C es la óptima de germinación de varias especies de la selva tropical, tanto de especies pioneras pertenecientes a los géneros de *Cecropia*, *Clidemia*, *Eupatorium*, *Myriocarpa* y *Vernonia*, como de especies de comunidades maduras (Vázquez-Yanes, 1976; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1992). A partir de nuestros resultados podemos decir que las semillas de *U. caracasana* presentan una germinación alta ( $\geq 60\%$ ) en un intervalo más amplio en las temperaturas (15-35°C); esta característica es muy importante ya que le da la posibilidad de tener un amplio rango de distribución geográfica, al adaptarse a un mayor intervalo de temperaturas ambientales (Baskin y Baskin, 1998). Algunas especies pioneras, secundarias o nómadas, son más demandantes de luz mientras que otras no, y todas estas especies se distribuyen a lo largo de gradientes ambientales dependiendo de sus requerimientos para germinar, como es el caso de la luz y la temperatura (Vázquez-Yanes, 1980, Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994). Esto representa una ventaja ecológica importante ya que permite a las distintas especies ocupar una gran diversidad de micrositos (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994)

En distintos reportes se ha considerado que las temperaturas cardinales son parámetros fisiológicos de mucha utilidad en el estudio de la germinación, sin embargo

hay una gran dificultad para fijar en forma precisa las temperaturas cardinales de una especie, ya que con mucha frecuencia éstas varían según el grado de madurez de la semilla (Long, 1965; Stokes, 1965; Thompson, 1970 en Vázquez-Yanes, 1976). Con base en el modelo utilizado en este trabajo, propuesto por Orozco-Segovia *et al.* (1996), como una variación del planteado por García-Huidobro *et al.* (1982), se propone que para *U. caracasana* la temperatura base puede encontrarse entre los 5.64 y 14.18°C ( $\pm 0.879$ ), mientras que la temperatura máxima podría localizarse entre los 41.5 y 52.4°C ( $\pm 1.756$ ), lo que indica que la germinación podría ocurrir en un amplio intervalo de temperatura.

Se ha propuesto que el tiempo térmico y las temperaturas cardinales son características propias de cada especie (Probert, 1992), no obstante, otros autores han encontrado que pueden variar incluso entre las poblaciones de la misma especie o también después de tratamientos de endurecimiento en el laboratorio (Ellis *et al.*, 1986; Kozlowski y Pallardy, 1997; Probert, 1992; Reyes-Ortega, 2001), fenómeno que se presenta con mayor frecuencia en las especies de las zonas tropicales que en las especies de las zonas templadas (Kramer y Kozlowsky, 1979).

Aunque las temperaturas máximas para la germinación obtenidas con la utilización de ambos modelos pueden ser verdaderas, cabe destacar que no se han llevado a cabo experimentos bajo condiciones de laboratorio para *U. caracasana* en los cuales se observe el comportamiento de las semillas expuesta a temperaturas mayores de 35°C, lo cual sería muy interesante y además despejaría muchas dudas, debido a que se sabe que las temperaturas muy elevadas pueden matar o dañar a las semillas permanentemente.

A partir de los resultados que obtuvimos en el termogradiente con temperatura fluctuante podemos corroborar que, independientemente de sí las semillas estuvieron enterradas previamente o no, la luz y la temperatura son factores que determinan la

germinación *U. caracasana*, ya que a temperatura fluctuante y/o con mayores flujos fotónicos se observó un aumento considerable en la tasa germinativa de las semillas en comparación con las semillas del termogradiante con temperatura constante y/o con bajos flujos fotónicos. La luz y la temperatura son dos factores ambientales muy importantes que presentan una compleja interacción, ya que determinan el comportamiento de las plantas, al ser decisivos en las diferentes etapas de ciclo de vida, al regular y/o activar o desactivar procesos como la germinación, la latencia, la floración, etc. (Salisbury y Ross, 1994; Orozco-Segovia *et al.*, 1996; Pons, 2000).

Se ha reportado en experimentos en el laboratorio que en muchas semillas con fotoblastismo positivo, éste se puede inhibir con fluctuación de la temperatura diurna (Thompson y Watley, 1984; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994). Esta fluctuación de temperatura puede modificar la respuesta de la semilla a las condiciones de luz, ya que puede ocasionar que semillas con latencia fotoblástica germinen con un cociente bajo de R/RF, pero no logran que germinen en la obscuridad (Probert, 2000; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994). Probert y Smith (1986) sugieren que la capacidad de germinar en la obscuridad a temperaturas fluctuantes puede explicarse por la sensibilidad de algunos individuos a niveles bajos preexistentes de  $P_r$ . El hecho de que *U. caracasana* tenga requerimientos de luz que sólo pueden ser sustituidos parcialmente por la fluctuación de temperatura indica un requerimiento estricto de luz en esta especie (Orozco-Segovia *et al.*, 1987; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1996; Baskin y Baskin 1998).

En los resultados obtenidos en la germinación en temperaturas constantes con un fotoperiodo de 12 h en cámaras de germinación se registró una alta capacidad germinativa (más del 90%), mientras que las semillas en temperatura fluctuante con flujos fotónicos altos por sólo 4h la capacidad germinativa fue menor de lo que se esperaba, ya

que el mayor porcentaje alcanzado fue del 60%. Esto muestra que la respuesta germinativa del lote de semillas utilizado difiere de lo que se ha documentado para esta especie, en lo que se refiere a la sustitución parcial del requerimiento de luz por temperaturas fluctuantes (Orozco-Segovia *et al.*, 1987). A diferencia de lo que ocurre con otras especies pioneras fotoblásticas positivas, no sólo hay un requerimiento de luz, sino también un requerimiento de flujos fotónicos altos, lo que podría delimitar aún más los espacios que podría ocupar esta especie dentro de un claro; en éstos deben registrarse fluctuaciones de temperatura y flujos fotónicos altos por periodos prolongados (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1982; Vázquez-Yanes *et al.*, 1990; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994). Dentro de la selva la temperatura a nivel del suelo es prácticamente constante, y en la época fría del año puede estar incluso por arriba de la del aire. Cuando aparece un claro en el dosel de la selva, la temperatura del suelo varía considerablemente durante el día, ya que depende de la insolación, pudiendo alcanzar hasta 15°C por arriba de la temperatura ambiente durante las primeras horas de la mañana, dependiendo del tamaño, orientación, estación del año y posición en el claro, ya que en el centro es presenta la mayor fluctuación de temperatura, alcanzando la temperatura máxima a las 13 h, mientras que las orillas presentan temperaturas más constantes (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1985). En septiembre se han encontrado temperaturas de 40°C en el centro del claro, y de más de 30°C en la periferia, mientras que en el suelo de la selva, bajo el dosel, ésta no sobrepasa los 28°C (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1982; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994).

Por otra parte mientras las semillas conserven su fotoblastismo su germinación sólo puede ocurrir en las capas más superficiales del suelo, ya que el flujo fotónico se reduce drásticamente en los primeros milímetros de éste (Bliss y Smit, 1985). Un factor que

también puede reducir drásticamente la germinación de *U. caracasana* es la hojarasca, ya que ésta reduce la fluctuación de temperatura, reduce el flujo fotónico y modifica la calidad espectral de la luz (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1990; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1996). Esto favorecería que el banco de semillas no perdiera totalmente sus reservas en un solo evento de disturbio, quedando semillas que pudieran responder a otro evento de perturbación de la vegetación o del suelo.

Con base en los resultados obtenidos puede decirse que los requerimientos generales para la germinación de las semillas de *U. caracasana* se rompen después de un periodo de enterramiento en el suelo con mayor facilidad que durante el almacenamiento en el laboratorio. Aunque las condiciones adecuadas para la germinación se pueden recrear con facilidad en un laboratorio bien equipado, para el manejo de esta especie con fines de restauración y manejo en vivero se podría recomendar que las semillas se enterraran previamente, con lo que probablemente las plántulas incluso podrían adquirir una mayor tolerancia al estrés, como han sugerido en Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes (1984). Además el que *U. caracasana* cuenta presente una alta tasa de germinación y esta se presenten en intervalos amplios de temperaturas, hacen de esta especie una candidata potencial para la restauración ecológica.

## IX. CONCLUSIONES

- ◇ La luz reguló la germinación de *Urera caracasana*, tanto en su capacidad germinativa, como en su tasa de germinación y su tiempo de latencia.
- ◇ Las semillas de *U. caracasana* necesita flujos fotónicos altos para que puedan germinar.
- ◇ La luz y la temperatura interactúan, regulando conjuntamente la germinación.
- ◇ Las semillas germinan en un amplio intervalo de temperaturas.
- ◇ Según el modelo de Orozco-Segovia et al. (1996), las temperaturas cardinales de *U. caracasana* se presentan entre los 5.64 y 14.18°C ( $\pm 0.879$ ) para la temperatura base y entre los 41.5 y 42.4°C ( $\pm 1.756$ ) para la temperatura máxima.
- ◇ Debido a sus requerimientos germinativos las semillas de esta especie forman parte importante del banco de semillas en el suelo de la selva.
- ◇ Considerando que el enterramiento produjo un aumento de la capacidad germinativa, éste puede ser una herramienta útil para el manejo de esta especie en restauración.
- ◇ Las semillas de *U. caracasana* son aptas para su uso en la restauración ecológica, debido a que germinan en un amplio rango de temperatura y tienen alta capacidad germinativa.

## **X. BIBLIOGRAFÍA**

- Allen, P. S., Mayer, S.E. y Kahn, M.A. (2000) Hidrotermaltime as a tool in comparative germinative studies. En seed biology advances and applications. Black, M., Bradford, K.J. y Vázquez-Ramos, J. (Eds.), CAB International Pub. pp. 401-410
- Baskin, J.D y Baskin, C.C. (1998) Seed. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination, Academic Press, Inc., San Diego, Ca.
- Bakker, J.P., Bekker, R.M., Poschold, P., Strykstra, R.J. y Thompson, K. (1996) Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology, Acta Bot. Neerl. 45: 461-490, Netherlands.
- Bazzas, F. A. (1997) The physiological ecology of plant succession. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10: 351-371.
- Bewley, J.D. y Black, M. (1994) Seeds. Physiology of development and germination, 2ª edition. Plenum Press, New York.
- Bradshaw, A.D. (1990) The reclamation of derelictland and the ecology of ecosystems. En: Restoration ecology. A sythetic approach to ecological research. (Eds) Jordan III, W.R., Gilpin, M.E., Aber, J.D. Cambridge University Press. Melbourne, Australia.
- Dahal P. y Bradford, K.J., (1994) Hidrotermal time analysis of tomato seed germination at suboptimal temperature and reduced water petential. Seed Science Research 4: 71-80.
- Dirzo, R. (1991) Rescate y Restauración Ecológica de la Selva de los Tuxtlas. Ciencia y Desarrollo 91: 33-45.

- Dirzo, R. y Miranda, A. (1991) El límite boreal de la selva tropical húmeda en el continente americano. Contracción de la vegetación y solución de una controversia. *Interciencia* 16 (5): 240-247
- Dirzo, R. Y García, M. (1992) Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology* 6 (1): 84-89.
- Ellis, R.H., Covell, S., Roberts, E.H. y Summerfield, R.J. (1986) The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. *Journal of Experimental Botany* 37 (183): 1503-1515.
- Flores, J. (1971) Estudio de la vegetación del cerro El vigía de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas, Ver." Tesis profesional. UNAM. pp. 95.
- García-Huidobro, Monteith, J.J. y Squire, G.R. (1982) Time temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). *Journal of Experimental Botany* 33 (133): 288-296.
- Gómez-Pompa, A. y Vázquez-Yanes, C. (1981) Successional studies of a rain forest in México. En: *Forest succession*. Shugart, H.H., Botkin, D.B. (Eds.) Springer-Verlag. E.U.A.
- Gómez-Pompa, A., Vázquez.-Yanez, C., Del Amo, R. S. y Butanda, C. A., (1983) Regeneración de selvas., Cía. Editorial Continental S. A. de C. V., México, D. F.
- Gómez-Pompa, A. y Vázquez.-Yanez, C. (1985) Estudios sobre la regeneración de las selvas en regiones cálido-húmedas de México. En: *Investigación sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz*. Gómez-Pompa y Silvia del Amo (Eds.), México, D. F. Vol II. pp. 1-26.
- Gómez-Pompa, A. y Dirzo, R. (1995) Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. INE Y CONABIO. México, D. F.

- González, S. R., Dirzo, R. y Vogt, R., (1997) Historia Natural de los Tuxtlas. Ed. UNAM. México.
- González-Zertuche, L. (1992) Métodos de análisis para el estudio de la germinación de *Manfreda brachystachya*, Fam. Amaryllidaceae. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- González-Zertuche, L. y Orozco-Segovia, A. (1996) Métodos de Análisis de Datos en la Germinación de Semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 58: 15-30.
- González-Zertuche, L., Orozco-Segovia, A. y Vázquez-Yanes, C. (2000). El ambiente de la semilla en el suelo: su efecto en la germinación y en la sobrevivencia de la plántula. Boletín de la Sociedad Botánica de México 65: 73-81.
- González-Zertuche, L., Vázquez-Yanes, C., Gamboa, A., Sánchez-Coronado, M.E., Aguilera, P. y Orozco-Segovia, A. (2001). Natural priming of *Wigandia urens* seed during burial: Effects on germination, grow and protein expression. Seed Science Research 11:27-34.
- Gutterman, Y. (2000) Maternal effects on seeds during development. En: Fenner, M. ed. Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities, 2da edición. (Eds) CABI Publishing School of Biological Sciences University of Southampton, U.K. pp. 59-84.
- Handbooks for Genebank No.4 International. Plant Genetic Resources Institute Rome.
- Harder, J.L. (1957) The ecological significance of dormancy and its importance in weed control. Proc. 4<sup>th</sup> Int. Conf. P1. Protección Hamburg. pp. 415-420.

- Hobbs, R.J., Harris, J.A. (2001) Restoration ecology: Repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology* 9(2): 239-246.
- Hong T.D., S. Linington y R.H. Ellis. (1996) Seed Storage Behaviour: a Compendium.
- Ibarra-Manríquez G. (1985) Descripción y fenología de especies de Los Tuxtlas, estudios preliminares sobre la flora leñosa de la estación Los Tuxtlas. Tesis licenciatura. Biología. Facultad de Ciencias. UNAM, México
- Ibarra-Manríquez, G., Martínez-Ramos, M., Dirzo, R., Núñez-Farfán, J. (1997) La Vegetación. En Historia Natural de los Tuxtlas. González, S. R., Dirzo, R. y Vogt, R., (Eds). UNAM. México. pp. 61-85
- Kozłowski, T. T. y Pallardy, S.G. (1997) Physiology of woody plants. 2ª edición. Academic Press. EUA.
- Kramer, P.J. y Kozłowski, T.T. (1979) Physiology of woody plants. Academic Press. EUA.
- Long, A. (1965) Effects of some internal and external conditions on seed germination. *Encyclopedia of plants physiology*. 15 167-193.
- Madakadze, C.I., Prithiviraj, B., Stewart, K.A., Peterson, P.R., Coulman, B.E., y Smith, D.L. (2001) Variation in base temperatures for germination in warm season grasses. *Seed Sci & Technol.*, 29: 31-38.
- Martínez-Ramos, M. (1985) Dinámica de renovación natural de las selvas. En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-pompa, A., Del Amo, R.S., (Eds.) Ed. Alambra mexicana. México. Pp.191-240.

- Montgomery, R.A. y Chazdon, R.L. (2002) Light Gradient Partitioning by Tropical Tree Seedlings in the Absence of Canopy Gaps. *Oecologia* 131: 165-174.
- [newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/nexus/sp...mombim\\_nex.html](http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/nexus/sp...mombim_nex.html)
- Olvera-Carrillo, Y. (2001) Estudio ecofisiológico de la germinación, sobrevivencia y crecimiento de *Opuntia tomentosa* S.D. en la reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Orozco-Segovia, A. (1986) Fisiología ecológica del fotoblastismo en semilla de cuatro especies del genero *Piper*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Orozco-Segovia, A., Vázquez-Yanes, C., Coates-Estrada, R. y Pérez-Nasser, N. (1987) Ecophysiological characteristics of the seeds of the tropical forest pioneer *Urera caracasana* (Urticaceae) *Tree Physiology* 3: 375-386.
- Orozco-Segovia, A., González-Zertuche, L., Mendoza, A. y Orozco-Segovia. (1996) A mathematical model that uses Gaussian distribution to analyze the germination of *Mamfreda brachystachya* in a thermogradient. *Physiologia Plantarum* 98: 431-438.
- Palacio, G. A., (1989) Conservacionismo y desarrollo del recurso forestal. Ed. Trillas, México, D. F.
- Pennington T.D. y Sarukhán J. (1968) Árboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J., (1998) Árboles tropicales de México. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.

- Pons, L.T. (2000) Seed Responses to Light. En: Fenner, M. (Eds). Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities, 2da edición. Ed CABI Publishing School of Biological Sciences University of Southampton, U.K. Pp. 237-257.
- Probert, R.J. (2000) The Role of temperature in the Regulation of Seed Dormancy and Germination. En: Fenner, M. (Eds). Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities, 2da edición. Ed CABI Publishing School of Biological Sciences University of Southampton, U.K. Pp. 261-288.
- Raven, P.H. Evert, R.F. y Eichhorn, S.E. (1999) Biology of plants. 6ª edición, W.H. Freeman y Company Worth Publishers, EUA.
- Reyes-Ortega, I. (2001) Modelo de la respuesta germinativa de diferentes poblaciones de *Wigandia urens* en un gradiente de temperatura constante. Tesis de maestría. UNAM. México.
- Rodríguez, M., Orozco, A., Sánchez, M. y Vázquez-Yanez, C. (1998) Seed germination of six mature neotropical rain forest species in response to dehydration. Tree Physiology 20: 693-699, Victoria, Canada.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. (1994) Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana, S.A. de C.V., México, D.F.
- Salmerón R. (1986) Germinación de semillas acumuladas en el suelo en una selva húmeda tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. UNAM. México, D.F.
- SEMARNAP. 2000. Áreas naturales protegidas de México. [www.semarnap.gob.mx](http://www.semarnap.gob.mx)
- Smith, H., (1983) Light quality photoperception and plant strategy. Ann. Rev. Plant Physiology 33: 481-518.

- Thompson, P.A. (1970) Characterization of the germination to temperature of species and ecotypes. *Nature* 225:827-831.
- Thompson, K. y Grime, J.P. (1983) A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology* 20: 141-156.
- Thompson, K. (2000) *The Functional Ecology of Soil Seed Banks*. En: Fenner, M. (Eds). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2da edición. Ed CABI Publishing School of Biological Sciences University of Southampton, U.K. pp. 215-233.
- Vázquez-Yanes, C. (1980) Notas sobre la autoecología de los árboles pioneros de rápido crecimiento de la selva tropical lluviosa. *Tropical Ecology* 21(1):103-112.
- Vázquez-Yanes, C. (1976) Estudio sobre ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. En: *Regeneración de selvas*. Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yanes, C., Del Amo, S. y Butanda, A. (Eds.) Ed. Continental. México. pp. 279-387.
- Vázquez-Yanes, C. (1987) Los bancos de almacenamiento de semilla en la conservación de especies vegetales. *Ciencia* 38: 239-246.
- Vázquez-Yanes, C. y Batis, A.I. (1996) Adopción de árboles valiosos para la restauración ecológica y la reforestación 58:75-84.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1984) Ecophysiology of seed germination in the tropical humid tropics of the world, a review. En: *Physiological ecology of plants of the wet tropics*. Medina, E., Mooney, H.A., Vázquez-Yanes, C. (Eds.) Dr. Junk Pubis. pp 37-50.

- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1990) Ecological significance of light controlled Seed Germination in two contrasting tropical habitats. *Oecologia* 88: 171-175.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1992) effect of litter from a tropical rainforest on tree seed germination and establishment under controlled conditions. *Tree Physiology* 11:391-400.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1993). Eco-Fisiología de la germinación de árboles en bosques húmedos tropicales. Respuestas Ecofisiológicas de plantas de Ecosistemas Tropicales. Ed. A. Azócar. pp. 51-61. Ediciones CIELAT. Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1993) Patterns of seeds longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24:69-87.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1994) Signals for seed to sense and respond to gaps. En: M. Caldwell and Pearcy (Eds.) *Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants: Ecophysiological Processes Above and Below Ground*. Academic Press. New York. Pp. 209-236.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1996) Physiological ecology of seed dormancy and longevity in the tropical forest. En: Mulkey, S., Chazdon, R.L., Smith, A.P. (Eds.) *Physiological Ecology of Tropical Forests*. Ed. Chapman and Hall. Pp. 535-554
- Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A., Rincón, E., Sánchez, M.E., Huante, P., y Toledo, J.R. (1990) Light quality beneath the litter layer in a tropical rain forest: Effect on Seed Germination. *Ecology* 71:1952-1958.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

- Vázquez-Yanes, C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M.S. y Cervantes, V. (1997) La Reproducción de las Plantas: Semillas y Meristemos. La Ciencia Para todos. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A., Sánchez-Coronado, M.S., Rojas-Aréchiga, M. y Batis, A. I. (2000) Seed Ecology at the northern limit of the tropical rain forest in america. En Black, M., Bradford, K.J., Vázquez-Ramos, J. (Eds). Seed Biology: Advances and Applications. CABI Publishing. Mérida, México. pp.375-388.
- Washitani, I. y Takenaka, A., (1984) Mathematical description of de seed germination dependency on time and temperature. Plan cell and environment 7: 359-362.
- [www.wodweb.com/wowhom.htm](http://www.wodweb.com/wowhom.htm)
- [www.semamat.gob.mx/ssrn/conaf/restaura.htm](http://www.semamat.gob.mx/ssrn/conaf/restaura.htm)