



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES IZTACALA

Germinación comparativa de "Matarique"
(*Psacalium decompositum*: Asteraceae)
procedente de dos poblaciones.

T E S I S

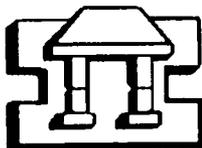
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A:

MARTÍN HILERIO RIVERA

L



DIRECTOR DE TESIS: DR. ROBERT A. BYE BOETTLER.

MEXICO, D. F.

2001₂

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi esposa:
Leticia Rostro por ser el amor de mi vida

A mis hijos:
Gerardo y Julio por su paciencia

A mis padres y hermanos por el gran amor que me tienen

A mis suegros por considerarme un hijo

Realmente cimentaste las columnas que sostuvieron el desarrollo de este trabajo, por lo que quiero decirte.....gracias.....gracias por tu apoyo y comprensión

Te amo Lety

Agradecimientos

Mi sincero agradecimiento al Dr. Robert Bye por sus aportaciones y apoyo a la realización de este proyecto, sin los cuales hubiese sido imposible.

A la Dra. Alma Orozco por sus acertadas observaciones que sirvieron para enriquecer el presente trabajo, a los demás sinodales por sus aportaciones a la tesis: M. en C. Alberto Arriaga, Biol. Manuel Mandujano, Biol. Antonia Trujillo

Al Grupo Internacional de Cooperación para la Biodiversidad (ICBG) por el apoyo brindado durante la realización del presente trabajo.

Al biólogo Hugo Bolaños R. de Bosque Modelo Chihuahua A. C. y mis compañeros del Proyecto ICBG, Gustavo Morales y Joel Rodríguez por el apoyo brindado en el campo .

A la Biól. Myrna Mendoza por compartir sus conocimientos, A todos mis amigos del Jardín Botánico por sus valiosos consejos: M en C. Virginia Evangelista, Dr. Víctor Chávez y Guadalupe Castellanos.

Al Biol. Jorge Saldívar del área de computo del Jardín Botánico por la edición final en computadora y la sugerencias hechas al texto.

Al M en C. Francisco Basurto Peña por sus aportaciones a éste trabajo.

A mis compañeros del laboratorio de ecofisiología del Instituto de Ecología IBUNAM.

A las M. en C. Esther Sánchez Coronado, Mariana Rojas Aréchiga, y al Biol. Ricardo León Rico por sus aportaciones y ayuda desinteresada en la realización de éste trabajo.

A mi hermano Agustín por enseñarme el valor de la vida.

A mis cuñadas Eliza y Liliana que siempre están conmigo...en las buenas y en las malas

A Jorge Luis y Manuel mis grandes amigos de la infancia.

A mis grandes amigos.....los feofiteros (Víctor, Antonio y Luis)

Al personal de la biblioteca de la ENEP-Iztacala por su apoyo durante mi formación.

A mis amigos del laboratorio de Ecofisiología IBUNAM América, Angelica, Lupita y Lorena.

A Laura y Gerardo que desde alguna parte del universo me están observando.

A todos mis hermanos porque son parte de mi vida

A mi sobrino Juan Carlos que siempre ha esperado lo mejor de mi.

A la bióloga Edith López porque siempre me alienta a seguir adelante.

INDICE

	Página
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
a) Justificación	7
b) Objetivos	7
ANTECEDENTES	8
Densidad poblacional	8
Esfuerzo reproductivo	8
La semilla	9
El proceso germinativo	9
Efecto de la luz sobre la germinación	9
Efecto de la temperatura sobre la germinación	11
Latencia	13
Efecto del almacenamiento en semillas	15
Estudios de germinación en Asteráceas	15
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	16
DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO	18
MATERIALES Y MÉTODOS	21
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES	37
LITERATURA CITADA	39
APÉNDICES	
Análisis de varianzas	45

RESUMEN

Se determinó la densidad poblacional y la producción de semillas como una parte del esfuerzo reproductivo de *Psacalium decompositum* de dos poblaciones de la Sierra Tarahumara y su germinación bajo diferentes tratamientos de luz y temperatura. La densidad se determinó mediante el criterio de número de individuos por unidad de área, mientras que la producción de semillas se realizó por conteo total de maduras e inmaduras. Éstas se almacenaron 6 y 18 meses a temperatura ambiente $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y -25°C respectivamente previo a las pruebas de germinación. Éstas pruebas se realizaron en cámaras de crecimiento con fotoperíodo de 12 hrs. Los tratamientos de luz fueron: oscuridad, luz, rojo lejano y luz-ácido giberélico, los de temperatura consistieron de una constante 25°C y una alternante $20-35^\circ\text{C}$ con termoperíodo de 18-6 hrs. Tanto la mayor densidad como la mayor producción de semillas se presentaron en la población de Humira en relación con la de Bocoyna, probablemente debido a la heterogeneidad ambiental que existe entre éstos lugares; el primero es una zona fragmentada donde la disponibilidad de luz es mayor que en el segundo, el cual es un bosque con copa cerrada. La población de Humira produjo mayor cantidad de semillas en 1998 a diferencia de 1999, probablemente porque las condiciones climatológicas en cuanto a temperatura y precipitación pluvial fueron mejores en 1998. No existieron diferencias en la capacidad germinativa bajo oscuridad y luz entre las poblaciones de Humira y Bocoyna, sin embargo, en la población de Humira tanto de 1998 como 1999, una porción de semillas se inhibió bajo rojo lejano, lo que indica que podrían permanecer latentes en bajas proporciones de rojo: rojo lejano transmitido por una barda de piedras que las protege de la radiación solar directa. El ácido giberélico no promovió aumento en los porcentajes de germinación en relación con los de semillas no tratadas, por lo que se descarta una posible latencia endógena en ellas. El comportamiento germinativo de la población de Humira fue similar entre los tratamientos temperatura. Por su tolerancia al almacenamiento la semillas pueden considerarse ortodoxas.

INTRODUCCIÓN

El género *Psacallium* pertenece a la familia Asteraceae y comprende diferentes especies con importancia medicinal. Dentro del complejo de plantas medicinales "matarique" se encuentran *Psacallium decompositum*, *P. pellatum*, *P. sinuatum*, y *Psacallium* sp. (Linares y Bye, 1987). El efecto hipoglucemiante de dichas especies (Inman *et al.*, 1996; Alarcon-Aguilar *et al.*, 1997) ha originado la sobreexplotación de algunas de ellas, particularmente de *P. decompositum*. La demanda comercial de esta especie a nivel regional, nacional e internacional, ha propiciado que sus poblaciones se encuentren reducidas en la Sierra Tarahumara, al grado de ponerlas en peligro de extinción local, y debido a que son las raíces la parte utilizada, la hacen susceptible a desaparecer en un futuro inmediato (Linares y Bye, 1998). Actualmente no se conocen estudios ecofisiológicos del género que aporten conocimientos sobre las especies que abarca, mismos que son necesarios para los programas de conservación *in situ* y de cultivo de especies amenazadas y en peligro de extinción.

Considerando que el órgano de reproducción sexual, disseminación y establecimiento del nuevo individuo en las plantas superiores es la semilla, es muy importante dar inicio a los estudios de conservación con el estudio de ésta. Los estudios de germinación permiten comprender en forma más precisa los mecanismos que regulan la longevidad de las semillas, el rompimiento de los mecanismos de latencia y el establecimiento de las plantas en condiciones naturales. La importancia de dichos estudios radica en que la reproducción mediante semillas mantiene la diversidad genética de las especies y las poblaciones. (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1982).

El presente trabajo forma parte del proyecto Agentes Bioactivos de Plantas Medicinales de Zonas Áridas de Latinoamérica financiado por el ICBG (Grupo de Cooperación Internacional para la Biodiversidad), para el que la conservación de la biodiversidad es uno de sus objetivos prioritarios, por lo que la propagación de especies con importancia ecológica, económica y terapéutica es fundamental para los programas de conservación *in situ* y restauración de hábitats que lleva a cabo en diversas comunidades de la Sierra Tarahumara.

JUSTIFICACIÓN

Psacalium decompositum es una especie sujeta a sobrecolecta que carece de estudios fisiológicos y ecológicos, por lo que el estudio de la germinación de dicha especie es indispensable para obtener información que respalde la estructuración de programas de conservación *in situ* y *ex situ* para dicha especie, además de métodos de cultivo para aumentar sus poblaciones (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1997).

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el esfuerzo reproductivo y la capacidad germinativa de *Psacalium decompositum* de dos poblaciones a partir de su producción de semillas y los requerimientos germinativos de éstas.

Objetivos particulares

- Determinar el tamaño de las poblaciones de Bocoyna y Humira.
- Determinar la densidad poblacional de las poblaciones de Bocoyna y Humira.
- Determinar el esfuerzo reproductivo de ambas poblaciones mediante la producción de semillas.
- Conocer la respuesta germinativa de la población de Bocoyna en luz y oscuridad.
- Conocer la respuesta germinativa de dos cosechas de *Psacalium decompositum* de la población de Humira en diferentes condiciones de luz (luz blanca, oscuridad, rojo lejano, luz).
- Conocer el efecto del ácido giberélico en la respuesta germinativa a la luz blanca.
- Conocer la respuesta germinativa de dos cosechas de *Psacalium decompositum* de la población de Humira en temperatura constante y alternante.
- Determinar mediante la aplicación de ácido giberélico, si las semillas de dos cosechas de *Psacalium decompositum* de la población de Humira presentan latencia endógena.

ANTECEDENTES

Densidad poblacional

La densidad poblacional de una especie esta influenciada por diferentes factores que van desde el flujo de semillas dentro y fuera de una unidad de hábitat determinada, hasta las características de dispersión de las especies para colonizar sitios propicios para establecerse o por las condiciones de perturbación del hábitat, entre otros factores.

Harper (1977), menciona que la baja densidad poblacional de una especie se puede deber a las siguientes causas: a) que las áreas para ser ocupadas por dichas especies sean mínimas, b) que las áreas habitables estén separadas por distancias relativamente grandes para la dispersión de éstas, c) que la capacidad de carga de los sitios habitables sea baja, d) que el tiempo en el que los sitios son adecuados sea relativamente cortos para el rango de dispersión de los propágulos y finalmente e) que la habitabilidad de un sitio sea de poca duración.

Esfuerzo reproductivo

El número de semillas producidas por una planta a lo largo de su vida (fecundidad) depende del tamaño y de la proporción de los recursos que invierte en la reproducción (esfuerzo reproductivo). Tanto el tamaño de la planta como el esfuerzo reproductivo son características particulares dadas por el genotipo de las especie (Cousens y Mortimer, 1995). Sin embargo, dicha producción puede ser modificada por las características del hábitat donde crecen las plantas, de la disposición de recursos, de la competencia entre individuos, y de la abundancia de polinizadores entre otros (Grime 1982).

La producción de semillas también es afectada por las frecuencias de fructificación que van desde la producción continua de frutos a lo largo del año, como ocurre en especies pioneras, a la producción sincrónica en otras. La fructificación anual de duración relativamente fija es muy común en especies que crecen en hábitats de ambientes climáticamente estacionales. La producción de semillas de una especie puede ser diferentes entre años debido a variaciones en la disponibilidad de recursos para la reproducción, o a los ciclos endógenos que diferencian distintos niveles de esfuerzo reproductivo entre años (Vázquez-Yanes, et al., 1997).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La semilla

En las angiospermas la reproducción sexual se caracteriza por una doble fecundación de la que se forma un cigoto diploide que da origen al embrión y un endospermo triploide que lo nutre; la testa protectora se desarrolla a partir de los integumentos (Vázquez-Yanes, *et al.* 1997). En un sentido botánico la semilla se define como un óvulo fecundado (López, 1989), sin embargo, desde el punto de vista agronómico, la semilla es cualquier grano o fruto utilizado en la siembra, dicho concepto abarca tanto a embriones cigóticos como adventicios. Frecuentemente las paredes del ovario u otros órganos extraflorales permanecen en estrecha relación para formar las llamadas unidades de dispersión, como por ejemplo, los aquenios en las Asteráceas y las cariósides en las Poáceas (Moreno, 1984).

El proceso germinativo

La semilla es una estructura en reposo donde los procesos metabólicos tienen lugar muy lentamente debido principalmente a contenidos muy bajos de agua y oxígeno. El proceso por el que salen de dicho reposo se denomina germinación, y es el evento que marca la transición entre las etapas de semilla y plántula (Lambers, 1998). La germinación puede definirse desde tres puntos de vista según Jann y Amen (1977), desde el punto de vista morfológico es la transformación de un embrión a una plántula, fisiológicamente es el reinicio del metabolismo y crecimiento que fueron suspendidos o desacelerados tempranamente, bioquímicamente es una diferenciación secuencial de rutas sintéticas y oxidativas y de restauración de rutas bioquímicas típicas del crecimiento y desarrollo vegetativo. El inicio del proceso germinativo es la imbibición o entrada de agua a la semilla y la finalización se caracteriza por la emergencia de la radícula o hipocótilo Vázquez-Yanes (1997). Las etapas del proceso son sucesivas y superponen parcialmente.

Las semillas pueden exhibir una notoria idiosincrasia en su respuesta germinativa con respecto a factores ambientales (Grime, 1982; Baskin and Baskin 1998). El éxito de la germinación depende de la interacción entre factores internos de la propia semilla como la viabilidad y latencia, y factores ambientales que la regulan y posibilitan (Guterman, 1980).

Efectos de la luz sobre la germinación

Para su crecimiento y óptimo desarrollo, todos los organismos necesitan percibir y procesar la información que provee el medio biótico y abiótico que los rodea; en

particular, la respuesta de las plantas a la luz requiere de sensores sofisticados que perciban su intensidad, dirección, duración y calidad. La germinación es un ejemplo de respuesta a la luz en el reino vegetal (Fankhauser y Chory, 1995).

La germinación se ve afectada por diversas características de la luz como su intensidad y composición espectral, dicho proceso llamado fotoblastismo es mediado por el pigmento fitocromo (Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes, 1992.; Bertoni y Beker, 1993). Dicho pigmento presenta dos formas isoméricas fotoconvertibles: La forma Pr o inactiva, que absorbe en la banda del rojo (R= 600-700 nm) y es fotoconvertida a una forma activa Prf que absorbe en la banda del rojo lejano (FR= 700-800 nm) (Benvenuti y Macchia, 1997, Toyomasu, *et al.* 1998). Investigaciones con plantas transgénicas mutantes con alteración en la expresión de genes para fitocromos A y B, han proporcionado información detallada sobre las funciones fisiológicas de cada miembro de la familia, las evidencias indican que el fitocromo A es el responsable de la respuesta a irradiaciones altas (FR-HIR), mientras que el fitocromo B de la respuesta a bajas irradiaciones, es decir, la clásica proporción R/FR (Smith, 1995). Los trabajos a nivel genético realizados por Toyomasu (1998) con *Lactuca sativa* indican que la luz roja induce la germinación, mientras que la irradiación con rojo lejano aplicada inmediatamente después suprime dicho efecto, el efecto es fotoconvertible y es la calidad de la última irradiación la que determina o no el disparo de la germinación.

Colbert (1988) citado por Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes (1992) propone tres hipótesis sobre el funcionamiento del fitocromo: a) actúa a nivel de activación de ciertos genes que se expresan por medio de la síntesis de proteínas específicas; Toyomasu y colaboradores (1998), apoyan dicha hipótesis al encontrar que la germinación de *Lactuca sativa* es regulada por el fitocromo al inducir la expresión de genes llamados Ls3h1 que regulan la síntesis de giberelinas. b) se relaciona con la permeabilidad de la membrana y supone que el fitocromo en su forma activa se reorganiza para formar poros cargados en las membranas celulares con lo que permite la entrada de agua y gases a la semilla; Kyauk (1995) menciona que en semillas de *Sesamum indicum* el fitocromo promueve la permeabilidad de la membrana mediante una fuerte interrelación con la temperatura. c) actúa a manera de enzima.

Cada longitud de onda está asociada a un fotoequilibrio característico al cual se le ha asignado valores promedio, por ejemplo, luz roja 0.8, rojo lejano 0.05 y luz azul 0.35 (Attridge 1990). Sin embargo, no son los valores del fotoequilibrio los que

determinan si una semilla germina o no; Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes (1992) señalan que la germinación depende de que las especies alcancen su propio umbral de respuesta, debido a que el nivel de Pfr requerido en relación con el Pt, varía en cada especie. En un sentido ecológico, la función principal del fitocromo es imponer latencia en las semillas cuando las condiciones de luz son desfavorables para el establecimiento de las plántulas; el efecto de los doseles o del suelo cuando las semillas se encuentran enterradas son ejemplos, de la reducción del balance R:RL (Fenner 1985; Vázquez, *et al.* 1997).

Algunas especies requieren la presencia de un nivel particular de Pfr para germinar, principalmente las arvenses y ruderales (Grime, 1982; Attridge, 1990), como *Bidens odorata* (Corkidi, 1989) y *Tagetes tenuifolia* (Moran, 1999), otras no requieren luz debido al suficiente contenido de Pfr que se forma durante la maduración de las semillas y que es retenido durante la deshidratación de las mismas, otras más tienen requerimientos para Pfr muy bajos como *Echinocactus platyacanthus*, *Ferocactus robustus* (Rojas, 1995); *Tagetes tenuifolia* y *Salvia polystachya* (Moran, 1999). Las respuestas fotoblástica de las semillas se relacionan con la adaptación al hábitat en el que crecen las especies (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1989; Baskin y Baskin, 1998). *Cecropia obtusifolia* y *Piper umbellatum* detectan calidades de luz, lo que les indica cuando las semillas se encuentran bajo el dosel o en una zona abierta, mientras que en zonas templadas, especies como *Buddleja cordata* y *Chenopodium ambrosioides* sólo requieren breves estímulos de luz para disparar la germinación (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1989).

Efecto de la temperatura sobre la germinación

Un aspecto adicional de los efectos de la luz sobre la germinación es su interacción con la temperatura (Washitani y Ogawa, 1989). Al parecer, la temperatura no produce efectos en las interconversiones fotoquímicas del fitocromo pero la síntesis de los intermediarios del mismo es sensible a la temperatura (Toyomasu, *et al.* 1998; Attridge 1990).

Los cambios que ocurren durante la germinación comprenden procesos metabólicos que se producen en estrecha relación con la temperatura, su efecto se expresa en el porcentaje o en la velocidad de germinación (Deno, 1993). En el disparo de la germinación de *Ratibida columnifera*, *Solidago caesia* y *Taraxacum officinale* el factor más importante cuando la humedad no es limitante, es la temperatura (Deno, 1993).

Sin embargo, las temperaturas óptima, máxima y mínima así como el intervalo térmico en el que las semillas pueden germinar están sujetas a selección natural, por lo que con frecuencia se presentan como adaptaciones a los hábitats en los que las plantas crecen (Vázquez-Yanes, 1974; Sutcliffe, 1979). Las temperaturas que regulan la germinación de las especies varían en relación con la distribución geográfica, incluso en especies cercanas o dentro de una misma especie (Washitani y Ogawa, 1989). En muchos casos se ha comprobado que las semillas germinan solamente a intervalos de temperaturas semejantes a las de las épocas favorables del año que son las más adecuadas para el establecimiento de las plántulas (Baskin y Baskin 1998).

La temperatura es considerada como el factor que causa mayores cambios en los estados de latencia, aunque otros factores como la luz, gases y sustancias químicas también pueden ser importantes (Baskin y Baskin, 1998). La temperatura puede hacer perder los requerimientos de luz en algunas especies, sin embargo Bewley y Black (1985) puntualizan que los efectos de la temperatura deben ser considerados cuando la latencia esta exenta, debido a que la germinación puede ocurrir en un intervalo de temperatura el cual no sea el intervalo de germinación sino más bien, sea el intervalo en el cual no existe latencia. Por ejemplo, las semillas no latentes de *Taraxacum platycarpum* germinan en un intervalo de temperatura de 6-16 °C hasta en un 90%, por debajo o arriba de dicho intervalo la germinación declina drásticamente (Washitani y Ogawa 1989).

Roberts (1988), citado por Probert (1992), reconoce varios procesos fisiológicos en las semillas que son afectados por la temperatura y su interrelación con los contenidos de humedad: a) el rango de deterioro, b) los rangos de latencia en semillas secas o con porcentajes bajos de humedad, c) los cambios en los modelos de latencia en semillas húmedas y d) los rangos de germinación en semillas quiescentes.

Las fluctuaciones de temperatura juegan un papel importante en la germinación de muchas especies sobre todo las que habitan lugares perturbados, como el caso de ruderales y arvenses (Sutcliffe, 1979; Grime, 1982). Se ha observado que especies como *Stylosanthes humilis* (Mc Keon y Mott, 1982), *Heliocarpus donnell-smithii* (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1982), *Reseda luteola* (Moran, 1999), *Chenopodium ambrosoides* y *Budleja cordata* (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1989), y algunas especies del género *Rumex* (Probert, 1992), germinan en porcentajes altos cuando son expuestas a fluctuaciones de temperatura con rangos de 15°C de amplitud. Los efectos de la alternancia de temperatura están relacionados con el rompimiento de

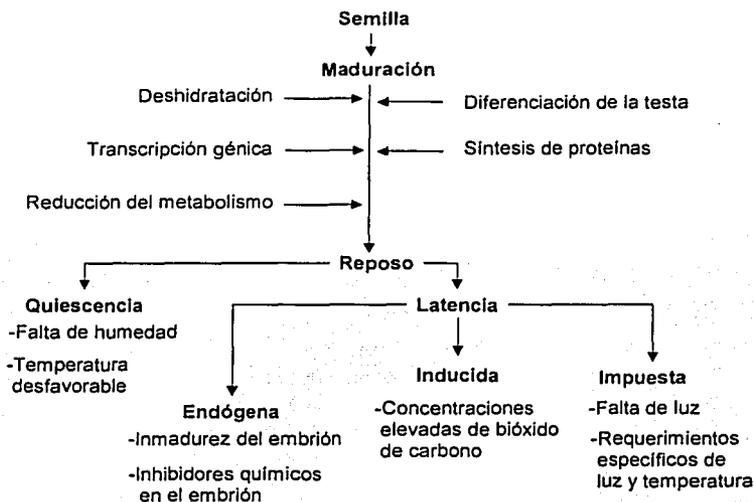
latencia física, directamente sobre la permeabilidad de la membrana; aunque en otras especies según Bewley y Black (1985), las fluctuaciones de temperatura puede tener un efecto enzimático modificando la capacidad germinativa o sobre el balance hormonal de las semillas con lo que también pueden romper latencia endógena. Desde un punto de vista ecológico las fluctuaciones de temperatura son un sistema de detección de claros en los bosques o selvas por las especies para asegurar la germinación (Vázquez, *et al.*, 1997).

Latencia

Las plantas deben dispersar sus semillas de manera y cantidades que algunas por lo menos puedan sobrevivir para mantener la especie (Harper, 1977). En las especies han evolucionado mecanismos de reposo que impiden que las semillas germinen inmediatamente después de caer al suelo. De acuerdo con Nikolaeva (1977), cuando el reposo es impuesto por condiciones ambientales desfavorables se distingue como quiescencia. Una semilla quiescente es germinable mediante la acción de un agente disparador no específico como puede ser la humedad y temperaturas favorables. Sin embargo, algunas semillas no germinan aunque las condiciones ambientales sean favorables, se considera que dichas semillas presentan algún tipo de inhibición endógena la cual se distingue como latencia. El rompimiento de la latencia implica un período de cambios entre la caída de la semilla y su germinación, a dicho período se le denomina duración de latencia y se emplea para describir la condición de cualquier semilla viable que no está en proceso de germinación (Murray, 1984; Lambers 1998). La latencia juega un papel importante en el tiempo de germinación de las especies, el cual puede ser crítico para la supervivencia de las poblaciones naturales (Harper, 1977). La expresión del ciclo latencia/no latencia es una característica fijada genéticamente, que tiene variaciones intraespecíficas y que es influenciada por el ambiente durante la formación de la semilla (Guterman, 1980).

Existen diferentes clasificaciones sobre los tipos de reposo en las semillas, sin embargo, las más empleadas son las propuestas por Harper y Nikolaeva, aunque Baskin y Baskin (1998), hacen referencia a que no existe una clasificación actual que englobe a la inmensa variedad de respuesta germinativa de las semillas.

En la clasificación de Harper se considera principalmente el comportamiento de este mecanismo fisiológico en la naturaleza. Los pasos en el desarrollo del reposo en las semillas se sintetiza en el siguiente esquema.



Nikolaeva (1977), propone dos tipos generales de latencia; una endógena en la que las características del embrión previenen la germinación, y una exógena, derivada de las características de las estructuras que rodean al embrión donde se incluyen: endospermo, testa, paredes de frutos y otras capas más, ambos tipos de latencia presentan una serie de subdivisiones que se simplifican en el siguiente cuadro.

Tipo	Causas	Rompimiento
Endógena		
Fisiológica: no profunda Intermedia Profunda	Mecanismos de inhibición fisiológica	<ul style="list-style-type: none"> - Altas temperaturas - Estratificación en frío - Aplicación de hormonas
Morfológica	Falta de desarrollo del embrión	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones apropiadas para el crecimiento y germinación (luz, temperatura, gases, etc)
Morfofisiológica	Mecanismos de inhibición fisiológica y falta de desarrollo del embrión	<ul style="list-style-type: none"> - Altas temperaturas - Estratificación en frío
Exógena		
Física	Impermeabilidad de las estructuras que rodean al embrión	<ul style="list-style-type: none"> - Escarificación
Química	Presencia de inhibidores	<ul style="list-style-type: none"> - Lavado
Mecánica	Estructuras que restringen el crecimiento del embrión	<ul style="list-style-type: none"> - Temperaturas altas - Estratificación en frío

Efectos del almacenamiento en semillas

Roberts (1973), citado por Vázquez-Yanes (1990), clasifica las semillas en ortodoxas y recalcitrantes, de acuerdo a sus propiedades de almacenamiento. Las semillas ortodoxas pueden ser deshidratadas y almacenadas a bajas temperaturas; mientras que las recalcitrantes presentan tasas metabólicas altas y diferente estructura celular que no permite deshidratarlas profundamente ni almacenarlas a bajas temperaturas.

El almacenamiento produce cambios hormonales conforme el tiempo. Mediante la utilización de cromatografía de gases se ha demostrado que los contenidos endógenos de ácido giberélico se incrementan y los de ácido absicico disminuyen durante el almacenamiento (White *et al.*, 2000), lo que sugiere que la latencia en algunas especies es controlada por el balance entre estas dos hormonas. La posibilidad de almacenar semillas por largo tiempo depende fundamentalmente de la aptitud de éstas, para perder agua hasta niveles mínimos de contenido de humedad y de reducir prácticamente a cero la tasa metabólica para resistir bajas temperaturas y largos períodos de latencia sin perder la potencialidad de reactivar su metabolismo y mecanismo de síntesis de proteínas que, posteriormente en condiciones favorables, permita la germinación. Dichas posibilidades de las semillas son el resultado de la evolución de las plantas en distintos ambientes, en los que la importancia de las semillas como estructuras de resistencia juega diferentes papeles en la historia de vida de las plantas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1982).

Estudios de germinación de Asteráceas

La familia de las asteráceas es un grupo de plantas numeroso, que comprende aproximadamente 1535 géneros y alrededor de 23,000 especies conocidas (Bremer, 1994). Se calcula que México tiene más de 2700 especies distribuidas en 323 géneros, de los cuales, 663 especies y 23 géneros están en peligro de extinción o amenazadas, cantidad que representa cerca del 24% de las especies y el 7% de los géneros. (Turner y Neason, 1998; Villaseñor, 1993). Los estudios de germinación con especies de dicha familia son mínimos en comparación con el número de especies conocidas. Particularmente resaltan los trabajos reportados por Baskin y Baskin (1998); Deno (1993) y Walck (1997), con especies que crecen en zonas templadas. Otros trabajos comprenden tesis realizadas en varias universidades de México con especies ruderales y arvenses.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Basada en literatura (Pippen, 1978) y observaciones de campo

Hierba de 0.9 a 1.2 metros de altura, monoica, perenne, subcaposa. Raíces fasciculadas verticales. Tallo anguloso y subleñoso, la unión del tallo y rizoma esta cubierta por un mechón de pelos amarillos. Hojas basales, 2 ó 4; de 20 a 30 cm aproximadamente de largo por 12 ó 27 cm de ancho, petioladas; laminas 3 o 4 veces pinnatisecta. La inflorescencia paniculiforme o corimbiforme, de 11 a 20 cm de largo y de 12 a 22 cm de ancho. Bracteas densamente pubescentes. Flores (5-)6-7(-8) monoicas de color blanco formando distintos grupos que parten del tallo a una misma altura; corola blanco amarillenta. Frutos aquenios elipsoidales de 4 a 5 mm de largo y de 2 a 3 mm de ancho, de color gris pardo.

Características de las semillas

La semilla de *P. decompositum* se encuentra fuertemente unida al pericarpio y forma una unidad de dispersión llamada aquenio el cual es un fruto indehiscente, por lo que las características descritas corresponden más que nada al fruto y que por cuestiones practicas se denominarán semillas. Los aquenios son elipsoidales de 4 a 5 mm de largo y de 2 a 3 mm de ancho, de color gris pardo (Grey-Brown 199A) con un peso aproximado de 0.0037 a 0.005 gr., con vilano de 4 a 7 mm de largo.



Lámina 1. Partes vegetativas y reproductoras de *Psacallium decompositum*: A) raíces y hojas, escala = 15 cm; Chihuahua: Mpo. de Guachochic, Norte de Humira. 7 de octubre de 1985. R. Bye 14215; B) Inflorescencia, escala = 15 cm. Chihuahua: Mpo. de Guachochic, Norte de Humira. 12 de septiembre de 1987. R. Bye 15797; C) Aquenios, escala 5 mm Chihuahua: Mpo. de Guachochic, Norte de Humira. 27 de octubre de 1998.

DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

Humira - Pertenece al municipio de Guachochic, Chihuahua (Fig.1), se localiza a los $27^{\circ}25'50''$ N y $107^{\circ}29'16''$ W, a 1825 msnm. El tipo de vegetación corresponde a un bosque de Pino-Encino representado en el estrato arbóreo por las siguientes especies: *Juniperus* sp., *Quercus* spp., *Pinus ayacahuite*, *Pinus arizonica*, *Populus tremuloides*; el arbustivo por *Barkleyanthus salicifolius* y *Arctostaphylos pungens*; finalmente el herbáceo por los géneros *Monarda*, *Helianthemum*, *Gentianopsis*, *Psacalium*. El tipo de suelo de acuerdo con el sistema de clasificación de suelos (USDA 1975) en Bye (1989) corresponde a un "Aridisol" el cual es un suelo mineral caracterizado por su sequedad durante más de seis meses al año, presenta horizontes pedogénicos con reducida lixiviación natural, presenta además una pequeña capa de materia orgánica. La zona se encuentra al margen de un arroyo (ca. 10-20 mts) dentro de un fragmento de bosque e impactada por campos de cultivo.

Bocoyna - Se localiza a los $27^{\circ}50'35''$ N y $107^{\circ}34'42''$ W a 2195 msnm. en el municipio de Bocoyna (Fig.1). El tipo de vegetación corresponde a un bosque de pino-encino representado en el estrato arbóreo por las siguientes especies: *Juniperus* sp., *Quercus* spp., *Pinus ayacahuite*, *Pinus arizonica*, *Populus tremuloides*; el estrato arbustivo por *Rhamnus*, *Arctostaphylos pungens*, *Lonicera arizonica*, *Barkleyanthus salicifolius*, y el estrato herbáceo por los géneros *Cosmos*, *Ratibida*, *Potentilla*, *Pteridium*, *Packera*, *Eriogonum*, *Manfreda*, *Stevia*, *Erigeronm*, *Geranium*, *Agastache*, *Monarda*, *Psacalium*. El tipo de suelo corresponde a un "Aridisol". La zona se caracteriza por ser un bosque con copa cerrada.

Datos climatológicos de los sitios de estudio

Los datos climatológicos de la región de estudio de los años 1998 y 1999 provienen de la Estación Climatológica "La Laguna" municipio de Bocoyna. Los datos se representan en la figura 2.

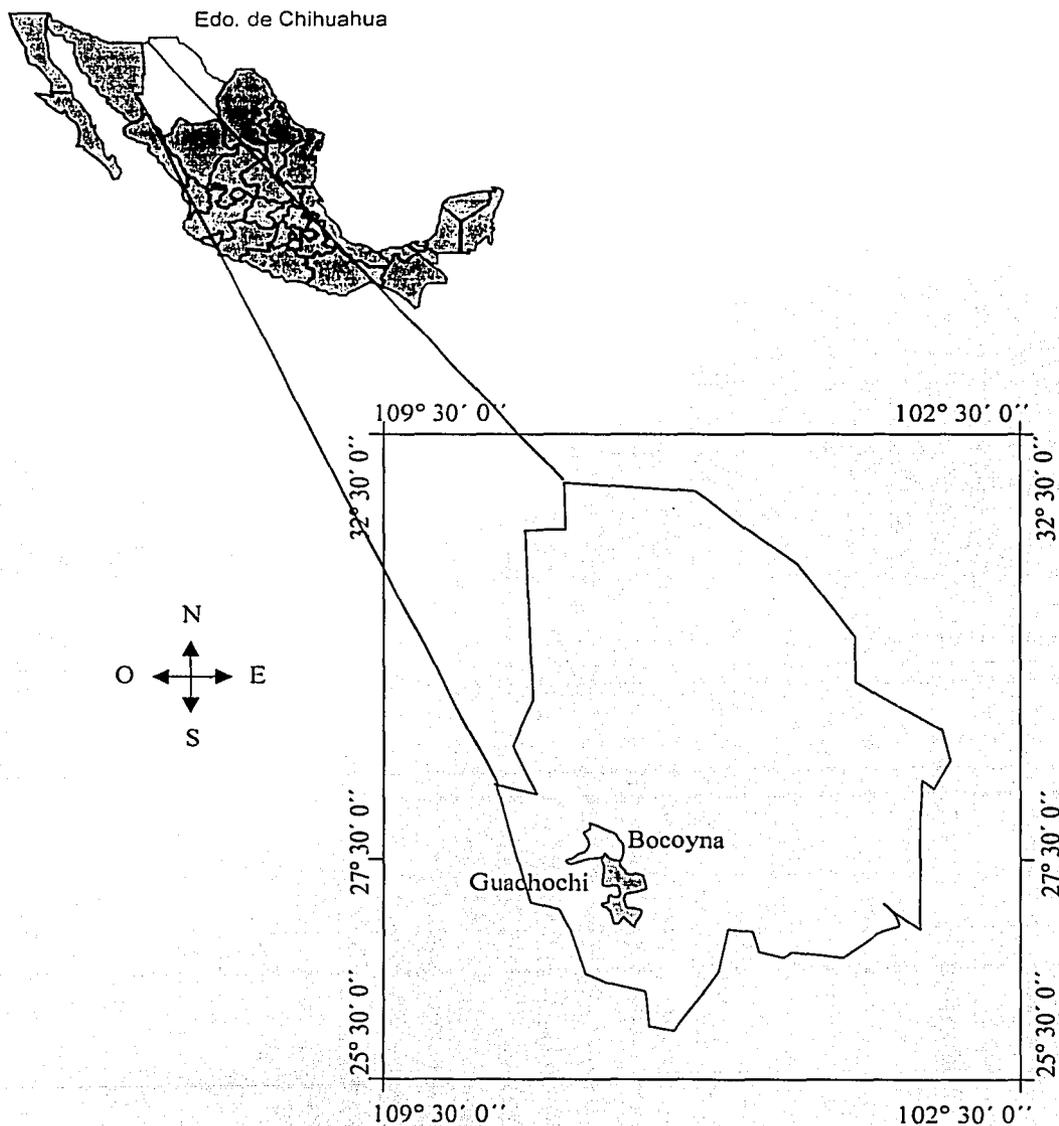


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

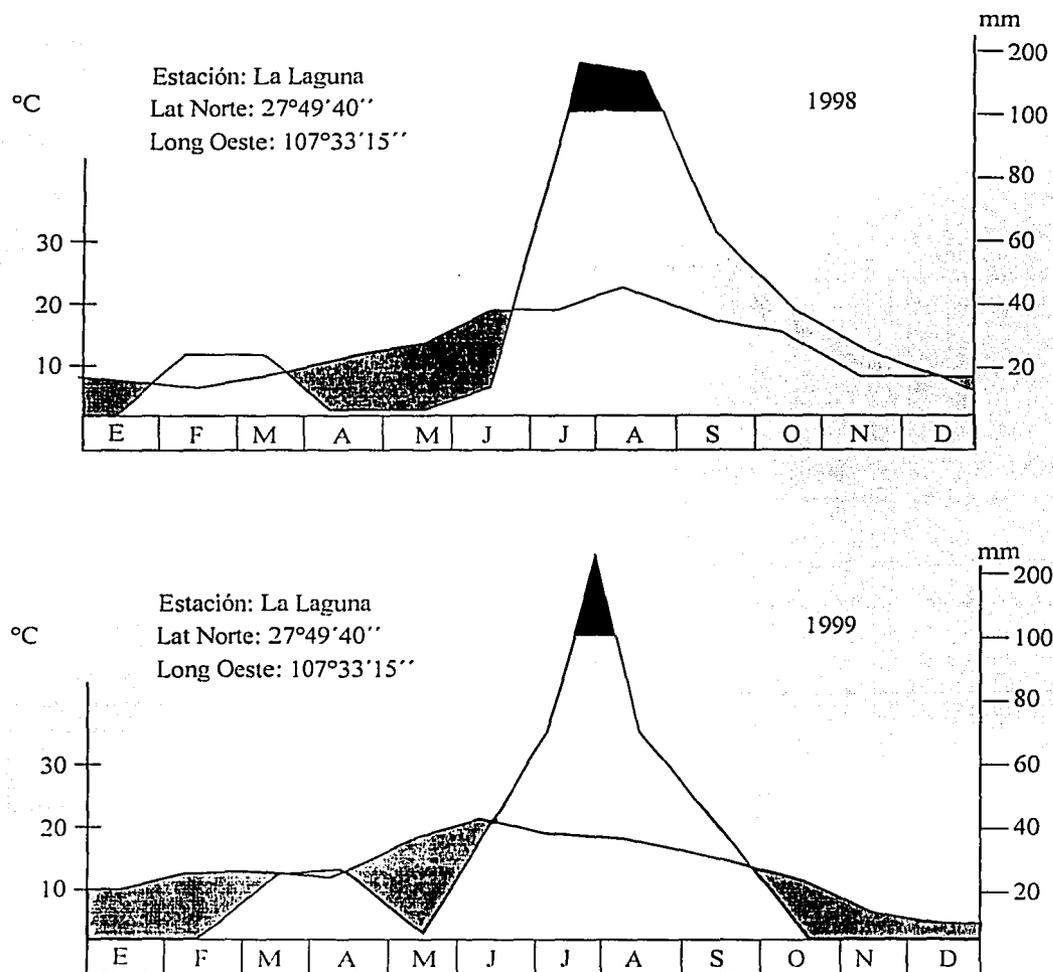


Figura 2. Diagrama umbrotérmico (siguiendo el procedimiento de contorno por Walter, 1979). La Laguna, Municipio de Bocoyna, Chihuahua (datos de 1998 y 1999). Las zonas sombreadas representan condiciones favorables \square y condiciones de stress \square a las que estuvieron sometidas las plantas de *Psacallium decompositum* durante los años de colecta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de semillas

Se utilizaron semillas recolectadas en 1998 y 1999, ambas muestras provenían de frutos maduros de cinco individuos. Antes de su uso en este trabajo, las semillas recolectadas en 1998 estuvieron almacenadas por 18 meses a -25°C con un contenido de humedad interna de 15%, sin que su viabilidad hubiera sido determinada. Durante el almacenamiento las semillas estuvieron colocadas en viales de vidrio con almohadillas de sílica-gel, y se mantuvieron almacenadas durante 18 meses en un congelador R-12 Mod. TVF15FRAWOO (Fabricante, MICHIGAN, USA). Las semillas colectadas en 1999 se conservaron en bolsas de papel estraza y se mantuvieron almacenadas a temperatura ambiente de laboratorio ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) durante 6 meses.

Los ejemplares de herbario de respaldo R. Bye 21273, 21303, 21308, 21360, y 22346 se encuentran depositados en el Herbario Nacional MEXU.

Las semillas se colectaron en las localidades de Humira y Bocoyna en la Sierra Tarahumara, en el estado de Chihuahua, México (ver descripción de los sitios de colecta). Los sitios de estudio fueron georeferenciados con GPS.

Determinación del tamaño de las poblaciones

Se delimitó la extensión de las poblaciones por la presencia de la especie; El área muestreada en la localidad de Humira correspondió a 1000 m², mientras que en la localidad de Bocoyna fue de 1364 m².

Determinación de la densidad poblacional

La densidad poblacional se obtuvo mediante un análisis de vegetación por muestreo el cual consistió en un censo total de plantas de *P. decompositum* tanto en estado vegetativo como en estado reproductivo. La densidad y la proporción de individuos vegetativos/reproductivos se realizaron mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{número de individuos}}{\text{unidad de área muestreada}}$$

$$\text{Proporción} = \frac{\text{número de individuos vegetativos}}{\text{número de individuos reproductivos}}$$

Determinación de la producción de semillas maduras e inmaduras por los individuos de las poblaciones

El número de semillas producidas por los individuos de cada población se determinó a partir de un conteo total de una muestra de cinco individuos de cada población. Para cada una de las plantas se realizó un conteo de las semillas maduras e inmaduras. La proporción de semillas maduras/inmaduras se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Proporción} = \frac{\text{semillas maduras}}{\text{semillas inmaduras}}$$

Pruebas de germinación

Selección y desinfección de semillas

Se eligieron semillas limpias y sin daño, a las cuales se les retiró el vilano. La desinfección se realizó durante 35 minutos con cloro comercial al 15%, el exceso se retiró con agua destilada. La siembra se realizó en cajas de Petri sobre agar bacteriológico al 1% en agua destilada. Se tomaron 30 semillas al azar y se realizaron 3 repeticiones por tratamiento. Las cajas se envolvieron con plástico para evitar la deshidratación del agar. El conteo de semillas germinadas se realizó diariamente durante 30 días. La emergencia de la radícula se utilizó como criterio de germinación. Las pruebas de germinación se realizaron en cámaras de crecimiento (Lab-Line Instruments, Inc., 844, Melrose Park, Illinois, USA.).

Tratamientos

Luz

Debido a la poca disponibilidad de semillas de la población de Bocoyna, las pruebas de germinación con éstas, se realizaron únicamente en luz como fuente de luz roja y oscuridad.

Únicamente en el caso de las dos cosechas de semillas de la población de Humira se aplicaron tratamientos: luz, oscuridad, rojo lejano (RL) y luz/ácido giberélico (AG3).

Para los tratamientos de luz y luz/AG3 las cajas de Petri se colocaron en las cámaras de crecimiento, antes mencionadas provistas con lámparas fluorescentes marca phillips con fotoperíodo de 12 horas. Para simular oscuridad las cajas se envolvieron con dos capas de papel aluminio. En el caso del RL las cajas de Petri se introdujeron en cajas de Plexiglass Röhm and Hass con filtros especiales para RL y se colocaron en

cámaras de crecimiento provistas de lámparas incandescentes marca Phillips con fotoperíodo de 12 horas. Para los tratamientos de oscuridad y rojo lejano la siembra se realizó en un cuarto oscuro con luz verde de seguridad.

Temperatura

Para evaluar la respuesta germinativa de las semillas de la población de Humira de los dos años de cosecha a la temperatura, se utilizaron dos tratamientos que constaron de una temperatura constante de 25°C y otra alternante de 20-35°C con termoperíodo de 18/6 horas, con fotoperíodo de 12 horas. Las semillas de la población de Bocoyna solamente se germinaron a temperatura constante.

Ácido giberélico

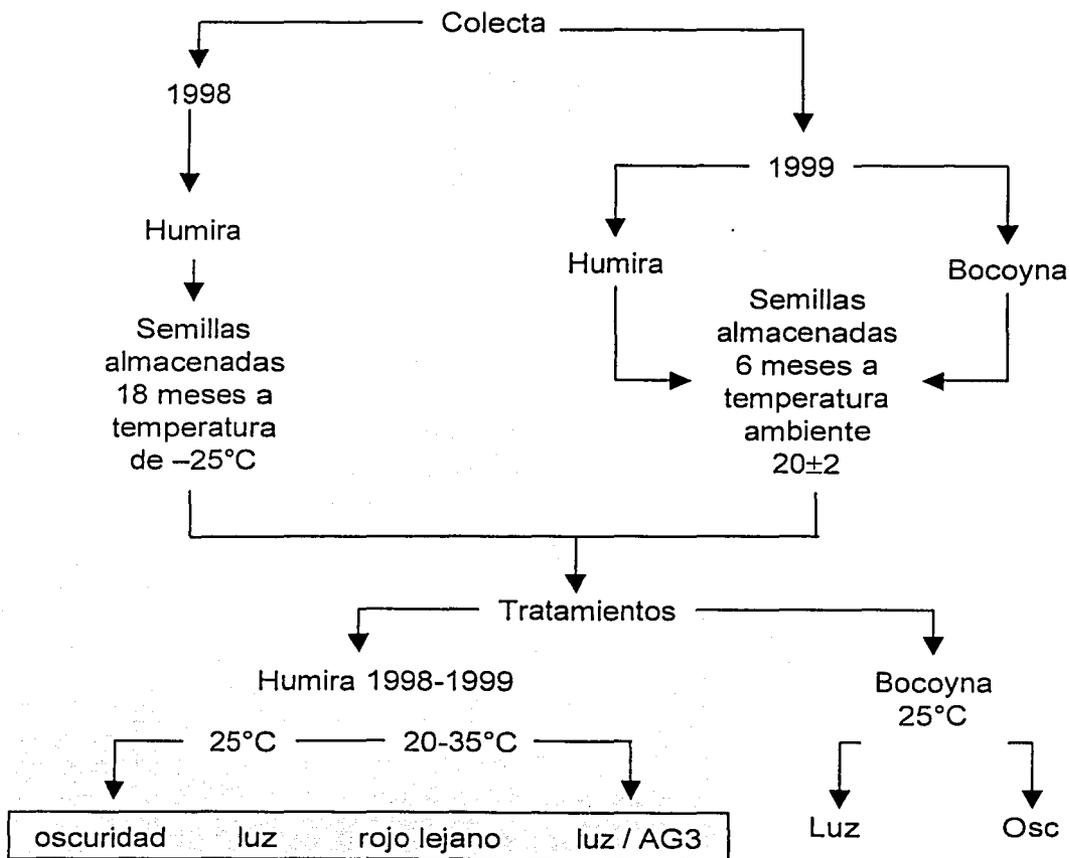
Para conocer si las semillas presentaban algún tipo de latencia endógena se aplicó ácido giberélico a las dos cosechas de la población de Humira, para lo cual se utilizó una concentración de 1000 ppm (partes por millón), el cual se aplicó conjuntamente con el medio de siembra.

Pruebas estadísticas

Los resultados de esfuerzo reproductivo se analizaron con pruebas de "T" de student con un nivel de probabilidad de $P \leq 0.05$. Los resultados de germinación se analizaron mediante un análisis de varianza multifactorial con un nivel de probabilidad de $P \leq 0.05$ con el programa estadístico SYSTAT 7.0. SPSS., para Windows. Los datos utilizados corresponden a valores arcocósenos de los porcentajes de semillas germinadas para cada réplica de los diferentes tratamientos. Las tablas de resultados de los análisis de varianza aparecen en el anexo 1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diagrama del método empleado en las pruebas de germinación.



RESULTADOS**Tamaño de las poblaciones**

El tamaño de la población de Bocoyna fue mayor que el de Humira (Cuadro 1).

Cuadro 1. Densidad y tamaño poblacional de *Psacallium decompositum*

Población	Bocoyna	Humira
Área muestreada m ²	1364	1000
Densidad poblacional Ind/m ²	0.0263	0.70
Densidad individuos en estado reproductivo/m ²	0.0065	0.19
Densidad individuos en estado vegetativo/m ²	0.0197	0.51
Proporción de individuos vegetativos /reproductivos	2.99/1	2.68/1
Altura promedio de individuos reproductivos (cm)	89	105

Densidad poblacional

La densidad poblacional de *P. decompositum* fue mayor en la población de Humira que en la de Bocoyna. En ambas poblaciones la densidad de individuos en estado vegetativo fue mayor a la de los individuos en estado reproductivo. La proporción de ambos tipos de individuos correspondió en promedio a 3/1 respectivamente. La altura de los individuos en estado reproductivo fue mayor en la población de Humira que en la de Bocoyna (Cuadro 1).

Esfuerzo reproductivo de dos poblaciones

No se encontraron diferencias significativas en la producción de cabezuelas y semillas de *P. decompositum* ni entre las poblaciones ($P=0.438$) ($P=0.202$) ni entre una misma población de diferentes años de cosecha ($P=0.077$) ($P=0.337$). La mayor producción de dichas estructuras se presentó en los individuos de Humira. La proporción de semillas maduras e inmaduras fue mayor en Humira que en Bocoyna (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de estructuras reproductivas de cinco plantas de *Psacalium decompositum* de dos poblaciones de diferentes años de cosecha.

Estructura	Cosecha	Humira 1998			Humira 1999			Bocoyna 1999		
		Rango	\bar{x}	δ	Rango	\bar{x}	δ	Rango	\bar{x}	δ
No. cabezuelas		120-507	313.2	156.59	96-458	232.2	121.25	108-150	89.6	35.2
No. cicatrices		514-2175	1474.8	622.79	463-2069	1051.6	546.83	317-742	491.8	169.30
No. semillas maduras		108-658	438.4	194.67	190-651	298.8	190.97	59-139	91	35.389
No. semillas inmaduras		354-1386	832.8	373.18	242-1135	428.6	367.85	180-483	331.2	116.51
Proporción de maduras/ Inmaduras			.52			.46			.27	
Semillas por cabezuela		4-6	4.5	0.7641	2.4-4.6	3.84	0.7761	4.2-6.4	5.18	0.83

Comparación de la germinación entre semillas de dos Poblaciones

Luz

No se encontraron diferencias significativas ni entre poblaciones ni entre el tratamiento de luz ($F_{(1,11)}=1.4501$, $P= 0.2629$). La capacidad germinativa de ambas poblaciones fue similar tanto en luz como en oscuridad (Figura 3).

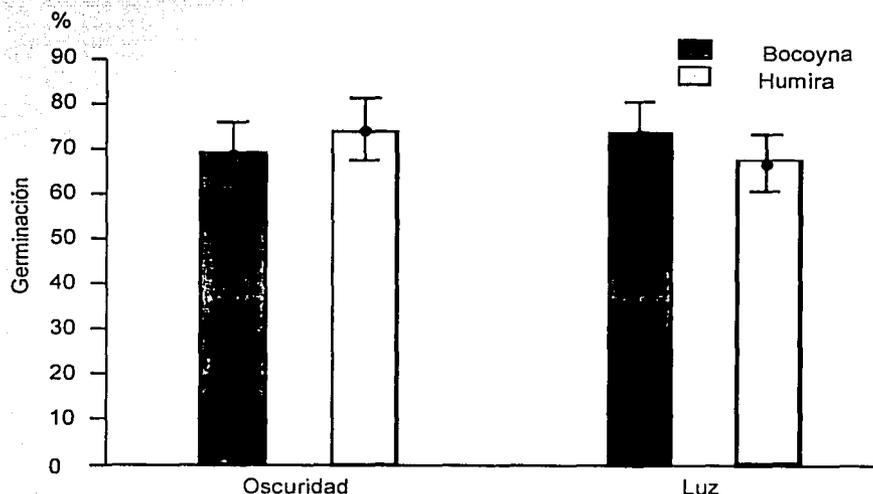


Figura 3. Germinación máxima expresada de dos poblaciones de *Psacalium decompositum* en condiciones de luz y oscuridad a temperatura constante de 25°C ($\bar{x} \pm$ error estándar).

Comparación de la germinación entre semillas de una población de diferentes años de cosecha

Luz

No se encontraron diferencias significativas ni entre cosechas ni entre temperaturas. Sin embargo el tratamiento de luz exhibió diferencias significativas ($F_{(2,8)}=49.057$, $P = 0.004$), así como la interacción de éste factor con la temperatura ($F_{(2,14)}=5.693$, $P = 0.041$). En este caso el análisis de rango múltiple indica que el rojo lejano indujo una inhibición parcial y significativa de la germinación de las semillas de ambas cosechas a temperatura constante (Figura 4).

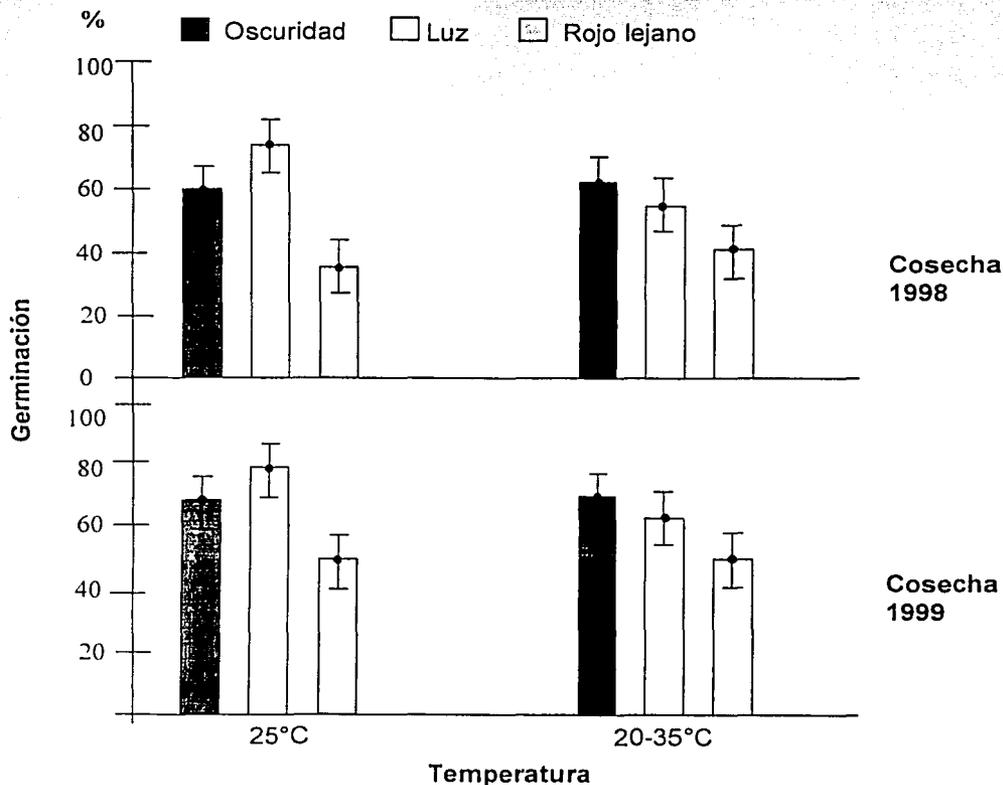


Figura 4. Germinación máxima expresada de *Psacallium decompositum* de dos cosechas de localidad de Humira bajo diferentes condiciones de temperatura y luz ($\bar{x} \pm$ error estándar).

Luz y luz/AG3

No se encontraron diferencias significativas en la capacidad germinativa entre los tratamientos de luz y luz/AG3, ni entre los tratamientos de años de cosecha y temperatura. La interacción entre todos los tratamientos no fue significativa ($F_{(1,5)}=4.696$, $P = 0.457$). El análisis de rango múltiple indica una tendencia de que los porcentajes de germinación en la luz se ven más favorecidos por la temperatura constante en el año de cosecha 1998 en comparación con el año 1999 (Figura 5).

La velocidad de germinación indicada por la primera derivada de la función exponencial sigmoide a la que fue ajustado el comportamiento germinativo, y el tiempo de latencia de las semillas en ambas cosechas no exhibieron diferencias significativas entre los tratamientos de luz y luz/AG3 (figuras 6 y 7).

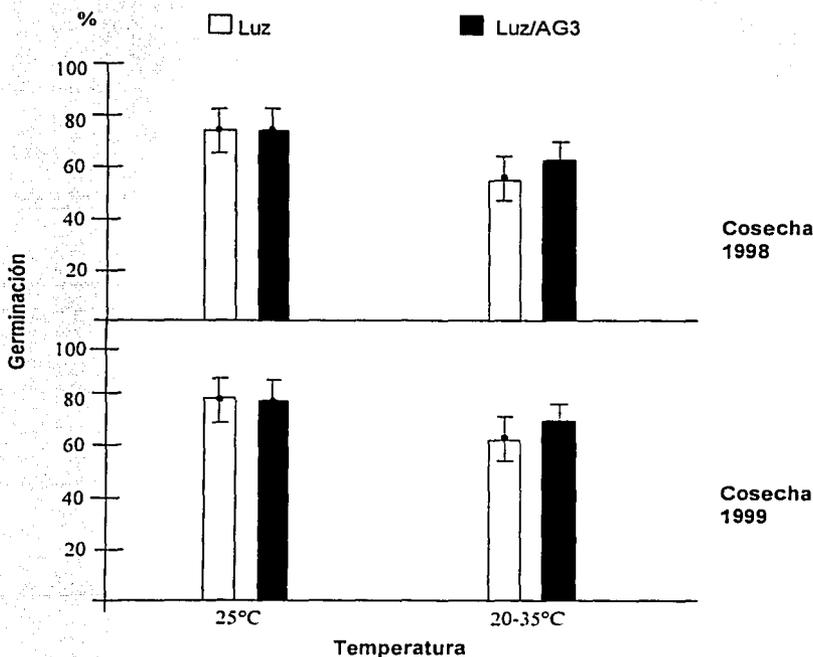


Figura 5. Germinación máxima expresada de *Psacallum decompositum* de dos cosechas de Huimira bajo diferentes condiciones de temperatura y luz ($\bar{x} \pm$ error estándar).

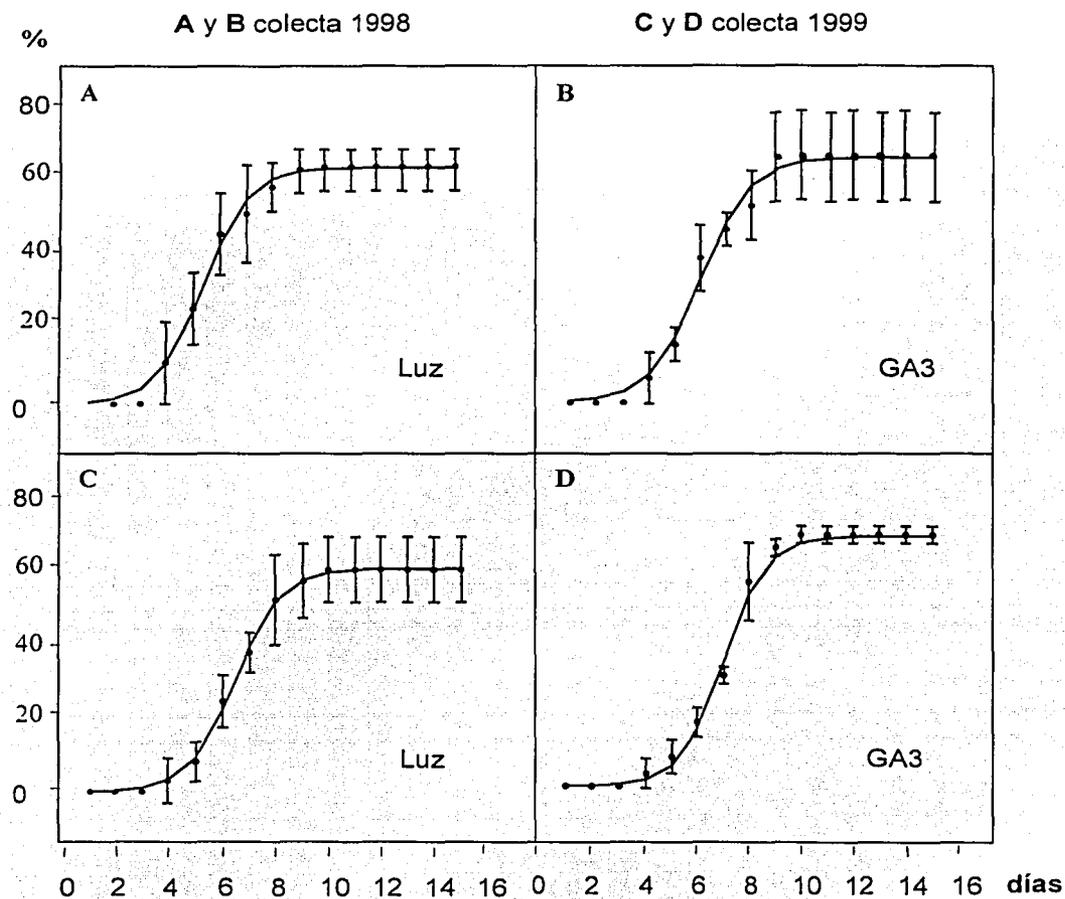


Figura 6. Porcentajes de germinación acumulada de *Psacalium decompositum* de la localidad de Humira ($\bar{x} \pm$ error estándar) en alternancia de temperatura de 20-35°C con termoperiodo de 14-horas y fotoperiodo de 12-horas. Las curvas de los datos experimentales se ajustaron a una función exponencial sigmoide ($Y = AO / (1 + A1 * (EXP(-A2 * X)))$).

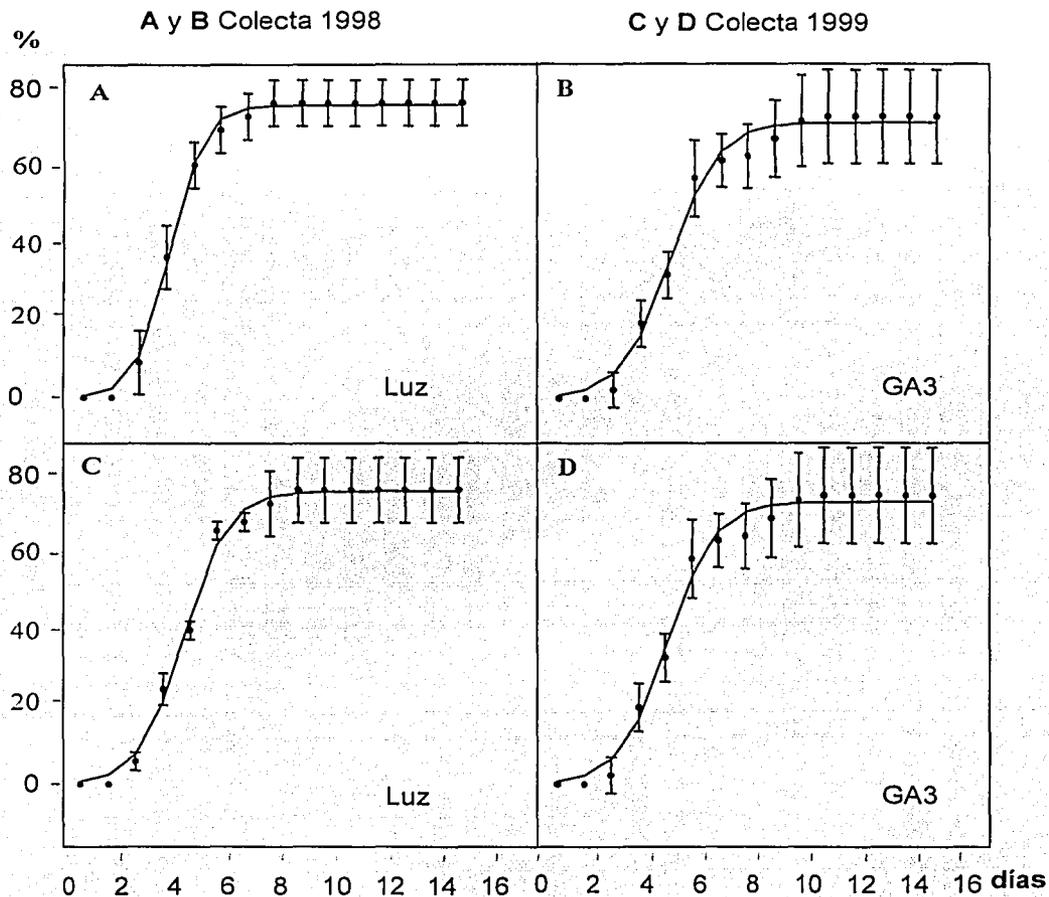


Figura 7. Porcentajes de germinación acumulada de *Psacalium decompositum* de la localidad de Humira bajo temperatura constante de 25°C y fotoperíodo de 12-horas ($\bar{x} \pm$ error estándar). Las curvas de los datos experimentales se ajustaron a una función exponencial sigmoide ($Y = AO / (1 + A1 * (EXP(-A2 * X)))$).

DISCUSIÓN

Tamaño poblacional

El tamaño de las poblaciones *P. decompositum* fue mayor en Bocoyna en relación con Humira (cuadro 1), esto puede estar relacionado con la extensión del área de los dos sitios donde crece la especie. En Humira el área de los fragmentos del bosque es más reducida que el área boscosa en Bocoyna. Las características de ambos sitios es que proporcionan sombra; la cual influye en la retención de humedad en el suelo, y es probable que dicho factor limite el establecimiento de la especie y por lo tanto su extensión, debido a que en zonas abiertas *P. decompositum* no se establece.

El efecto de la humedad del suelo sobre el tamaño poblacional de algunas especies ha sido reportado por Grime (1982). El área de la población de Bocoyna corresponde a un bosque formado por copas de aproximadamente 30 m² de diferentes especies de pinos cuya extensión es mayor a la de Humira, la cual es un fragmento del bosque donde la especie crece a lo largo de una barda de piedras que la protege parcialmente de la radiación solar directa. Sin embargo y de acuerdo con Harper (1977) el tamaño poblacional de la especie también puede ser afectado como resultado de la acción de otros factores tanto intrínsecos como extrínsecos a las propias poblaciones. Estos factores pueden incluir el tiempo de emergencia de las plántulas, la disponibilidad de recursos, la proximidad entre ellas, y las condiciones ambientales de los sitios en donde crecen, como son el grado de humedad del suelo ya descrito, la temperatura y luz entre otros.

Densidad poblacional

A pesar de que el tamaño de la población de Humira fue menor que el de Bocoyna, su densidad poblacional fue mayor; es probable que esto se deba a la heterogeneidad ambiental que existe entre los sitios de ambas poblaciones. Humira es un bosque fragmentado con más disponibilidad de luz que Bocoyna, ello posiblemente influye en la producción fotosintética de los individuos que las constituyen y que se ve reflejado no solamente en la densidad sino en la mayor altura y mayor cantidad de estructuras reproductivas que producen los individuos (cuadro 1 y 2). No se cuenta con datos que permitan realizar comparaciones con otras especies de bosques de pino-encino sobre estatus de densidad. Si embargo, las observaciones de campo permiten suponer que las poblaciones de *P. decompositum* son reducidas y de acuerdo con Harper (1977), una

razón probable puede ser que sus poblaciones en la Sierra Tarahumara son pocas y además se encuentran separadas por distancias considerables lo que propicia que la dispersión de la especie se vea reducida.

Otra posible causa de la baja densidad de la especie, es que los lugares que le brindan las condiciones adecuadas para establecerse han sido destruidos paulatinamente. Ello involucra la fragmentación del bosque en la Sierra Tarahumara. La cual de acuerdo con Ledig *et al.* (1997) no solo aísla las poblaciones lo que provoca que el flujo genético se vea reducido, sino también provoca cambios climáticos que repercuten en la diversidad genética, tal es el caso de *Picea chihuahuana* en la Sierra Tarahumara (Ledig *et al.*, 1997) que comparte el hábitat con *P. decompositum*.

Esfuerzo reproductivo entre poblaciones

Apesar de que estadísticamente la producción de estructuras reproductivas como cabezuelas y semillas no fue diferente entre poblaciones, existe una tendencia de mayor producción de dichas estructuras en la población de Humira en relación con la de Bocoyna. Además en Humira la producción fue diferente entre años de cosecha, la cual fue mayor en 1998 a comparación con 1999. La proporción de semillas maduras e inmaduras entre las poblaciones fue aproximadamente dos veces mayor en la población de Humira en los dos años de cosecha con respecto a la de Bocoyna (cuadro 2). A pesar de las diferencias en la producción de semillas entre ambas poblaciones la proporción de individuos en estado vegetativo y reproductivo fue similar entre ambas (Cuadro 1).

La mayor producción de semillas en la población de Humira, puede relacionarse con la mayor disponibilidad de luz que recibe dicha población, debido a que se encuentra en una zona fragmentada del bosque, en comparación a la que llega bajo el dosel del bosque en Bocoyna, dicho recurso influye directamente en la producción tanto de estructuras vegetativas como reproductoras, y ésto a la vez afecta indirectamente la abundancia de polinizadores. (Harper, 1977, Bloom *et al.*, 1985). El efecto de la disponibilidad de luz sobre la producción de semillas ha sido reportado por (Cousens y Mortimer, 1995) en diversas especies de arvenses. Como resultado de la mayor disponibilidad de luz es posible que la probabilidad de que las semillas maduren sea superior en Humira que en bocoyna tal como lo demuestran los resultados obtenidos donde la proporción de semillas maduras/inmaduras fue aproximadamente dos veces mayor en Humira (Cuadro 2).

Otro resultado que apoya lo descrito anteriormente es el hecho de que las plantas en Humira tienen alturas superiores a las de Bocoyna (cuadro 1). Otros factores que afectan la producción de semillas entre poblaciones de una especie pueden ser la abundancia de polinizadores y el comportamiento de éstos, además del herbivorismo y las enfermedades que las afectan (Cousens y Mortimer, 1995).

La diferencia en la producción de semillas que se presentó en la población de Humira entre años de cosecha puede relacionarse con las condiciones climatológicas que prevalecieron en dichos años (Figura 2). En 1998 la temperatura y precipitación media mensual durante la segunda quincena de octubre cuando se realizó la cosecha fueron de 14°C y 41 mm, mientras que en 1999 (el mismo mes) fueron de 11°C y 2 mm. De acuerdo con Walter (1979) la baja temperatura y la escasa precipitación propiciaron un estado de estrés en la población en 1999 reflejándose en una menor producción. Sin embargo, la variabilidad en la producción de semillas en la población de una especie puede deberse a los ciclos endógenos que diferencian distintos niveles de esfuerzo reproductivo entre años (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

La variabilidad en la producción de semillas también se presentó entre los individuos de las poblaciones tanto de Humira como de Bocoyna. No contamos con datos que expliquen dicha variabilidad, suponemos que puede deberse a diferentes causas como son la limitación de recursos, la abundancia de polinizadores o de parásitos de flores y frutos y el proceso de competencia entre otros.

De acuerdo con Grime (1982), cuando las plantas crecen en estrecha proximidad unas con otras, ya sean de la misma o de diferentes especies, se observan diferencias tanto en el crecimiento vegetativo como en la producción de semillas y mortalidad debido a la competencia que se da por los recursos.

La proporción de individuos en estado vegetativo y reproductivo fue similar en las dos poblaciones la cual promedio 3/1 respectivamente. De manera hipotética Willson (1983), sugiere que una posible causa de dicha situación puede ser la asignación de recursos del que disponen las plantas dentro de una población; el cual puede ser insuficiente para que todas puedan lograr el estado reproductivo.

Comparación germinativa entre dos poblaciones

Luz

En el presente estudio demostramos que la germinación de las semillas de *P. decompositum* de las poblaciones de Humira y Bocoyna fue fotoblástica indiferente. El comportamiento germinativo de las semillas de ambas poblaciones fue similar, lo cual se reflejó en la homogeneidad de los porcentajes de germinación alcanzados tanto en luz como en oscuridad. (Figura 3). Esto puede indicar que las semillas sintetizan el suficiente fitocromo en su forma metabólicamente activa (Pfr) durante la maduración y se liberen con la cantidad adecuada para germinar (Attridge, 1990). Sin embargo, las semillas de ambas poblaciones estuvieron almacenadas durante 6 meses lo que posiblemente pudo influir en su indiferencia a luz. Este comportamiento ha sido reportado en diferentes especies como *Helianthus annuus* y *H. petiolaris* (Seiler, 1998); *Aster pilosus* (Baskin y Baskin, 1985) y *Agerantina altissima* (Walck *et al.*, 1996).

Comparación germinativa de una población de diferentes años de cosecha

Luz

La germinación de las semillas de *Psacallium decompositum* de la localidad de Humira de diferentes años de cosecha fue fotoblástica indiferente y una porción de ellas se inhibió bajo RL (Figura 4), de acuerdo con Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1990) dicho comportamiento puede indicar una posible fotoreversión de la forma activa del fitocromo a una inactiva. En condiciones naturales la población crece a lo largo de una barda de piedras que posiblemente reduce la proporción R/RL de la luz a la que quedan expuestas las semillas. Desde un punto de vista ecológico dicha inhibición de *P. decompositum* probablemente se trate de una adaptación que le confiere a una porción de las semillas la posibilidad de sobrevivir formando bancos, y a otra, la posibilidad de germinar en cualquier condición de luz (Grime, 1982, Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1990).

A pesar que las semillas de *P. decompositum* se cosecharon en años diferentes y se almacenaron en condiciones diferentes, su respuesta germinativa a la luz fue similar (figura 4) esto puede relacionarse con una posible ausencia de latencia en las semillas como producto del almacenamiento lo que las posibilita a germinar en cualquier condición de luz una vez que han inhibido. Baskin y colaboradores (1994), han reportado que la mayoría de las especies de asteráceas de climas templados poseen latencia endógena no profunda que se pierde con el almacenamiento, lo que posibilita

a las especies a germinar en luz y oscuridad. *P. decompositum* parece ajustarse a lo antes descrito.

Los resultados de laboratorio indican que las semillas de *P. decompositum* poseen un rango amplio de respuesta a la luz, lo cual no sucede en su hábitat natural, porque la especie vive asociada a la sombra y no se encuentra en zonas abiertas. Dichos resultados sugieren que posiblemente, la humedad del sustrato sea una limitante en el establecimiento de las plántulas en zonas abiertas (Hazebroek and Metzger, 1990; Grime, 1982). De acuerdo con Barradas (1991) la cantidad de lluvia que cae en un hábitat se pierde de manera más rápida en zonas abiertas que en zonas donde existe sombra, ello debido a la mayor intensidad de radiación solar que se da en éstas, lo que propicia la rápida evapotranspiración del agua e impide con ello el establecimiento de plántulas de muchas especies.

TEMPERATURA

Al igual que en la luz *P. decompositum* un tuvo un requerimiento especial de temperatura para su germinación. El comportamiento germinativo de esta especie entre años de cosecha fue muy similar bajo este factor, sin embargo existió una relativa tendencia de las semillas de ambos años de cosecha a germinar en mayor porcentaje en temperatura constante que en temperatura alternante, ello puede estar relacionado con la época de germinación de la especie, la cual se da en el período de lluvias en la Sierra Tarahumara en donde la fluctuación de temperatura es menos acentuada.

El tiempo de latencia y la velocidad de germinación de *P. decompositum* entre años de cosecha no difirieron entre la temperatura alternante y constante (figura 6 y 7) lo que posiblemente indica que al igual que en otras especies como *Chiranthodendron pentadactylon* (Osuna et al. 1997), la temperatura afecta principalmente la capacidad germinativa (Bewley y Black, 1985). Se ha reportado que en especie como *Senecio vulgaris* (Ren and Bulard, 1991) citado por Baskin y Baskin (1998), los requerimientos de temperatura para la germinación de las semillas de una misma población pueden variar cuando la temperatura ambiental prevaleciente durante la maduración de las semillas difiere entre años, a dicho comportamiento se le ha denominado efecto materno (Guterman, 1980). Sin embargo aunque la temperatura media prevaleciente en el mes en el que maduran las semillas de *P. decompositum* que corresponde al mes de octubre fue diferente entre los años de cosecha, las cuales correspondieron a 1-1°C en

1998 y 11°C en 1999, el comportamiento fue similar.

De acuerdo con el modelo conceptual de Vegis sobre los requerimientos de temperatura de las especies para la germinación (Baskin *et al.*, 1994), *P. decompositum* es una especie adaptada a inviernos fríos. En la Sierra Tarahumara donde crece la especie, las condiciones climatológicas (Figura 2) se caracterizan precisamente por inviernos fríos. La temperatura baja es una condición necesaria para romper latencia endógena no profunda en varias especies (Baskin y Baskin, 1998), sin embargo el almacenamiento en seco al que fueron sometidas las semillas de *P. decompositum* durante 6 y 18 meses, refleja la pérdida del requerimiento de dichas temperaturas para romper la latencia en la especie.

ÁCIDO GIBERÉLICO

La capacidad germinativa *P. decompositum* no se incrementó con la aplicación exógena de AG3 (Figura 5), tampoco la velocidad de germinación ni el tiempo de latencia (Figura 6 y 7) con lo que se descarta la posibilidad de que las semillas tuvieran algún tipo de latencia endógena. Se ha demostrado que el balance hormonal entre giberelinas y ácido absísico controlan la germinación de muchas especies y que durante el almacenamiento los contenidos de ambas hormonas incrementan y disminuyen respectivamente (White *et al.*, 2000; Gutterman, 1980; Hong y Ellis, 1990), por lo que para algunas especies como *Acer pseudoplatanus* (Hong y Ellis, 1990) después de 6 meses de almacenamiento no requieren aplicación de AG3 para promover la germinación. *P. decompositum* exhibió un comportamiento similar a la especie mencionada anteriormente.

Karssen (1989) citado por Seiler (1998), menciona que el efecto del AG3 en algunas especies debe evaluarse después de 42 días a su aplicación debido a que su efecto es más acentuado en dicho tiempo. Él mismo ha reportado que los tratamientos más efectivos de dicha hormona corresponden a 1000 ppm (partes por millón). Sin embargo, la evaluación de la acción del AG3 en las semillas de *P. decompositum* se realizó a los treinta días, período en el que fue posible observar un efecto negativo que dicha concentración sobre el desarrollo de las raíces de las plántulas en comparación con las no tratadas (resultados no publicados). La exposición por más tiempo de las semillas de *P. decompositum* al AG3 probablemente hubiese provocado daños más considerables a las raíces. Por lo que el tiempo de exposición y concentración reportados por Karssen para otras especies no es el adecuado para *P. decompositum*.

CONCLUSIONES

- La población de Humira produjo mayor cantidad de semillas en relación con la de Bocoyna, es posible que la heterogeneidad ambiental de los sitios donde crece podría haber afectado dicha producción. La variabilidad que se presentó en la producción entre años de cosecha en la población de Humira es probable que fue afectada por las condiciones climatológicas prevalecientes en los años de cosecha.
- Aunque existieron diferencias en la densidad poblacional entre las poblaciones de *P. decompositum* de Humira y Bocoyna se considera que ambas son reducidas, La proporción de individuos en estado vegetativo con respecto a los de estado reproductivo en las dos poblaciones fue de 2.6 y 2.9 respectivamente.
- Las semillas de *P. decompositum* presentaron un rango amplio de respuesta a la luz, por lo que pueden ser clasificadas como fotoblásticas indiferentes.
- Dentro del rango de temperatura alternante de 20-35°C y constante de 25°C no se observó un requerimiento específico entre ambas temperaturas para la germinación de las semillas.
- La capacidad y velocidad germinativa *P. decompositum* fue homogénea y rápida y no incrementó con la aplicación exógena de AG3 con lo que se descarta la posibilidad de que las semillas tuvieran algún tipo de latencia endógena
- En el presente estudio se demostró que las semillas de *P. decompositum* mantienen la viabilidad de los embriones, después de ser almacenadas durante a 18 meses a bajas temperaturas por lo que se pueden clasificar como ortodoxas.
- A pesar de que las semillas fueron colectadas en diferentes años y se mantuvieron almacenadas en condiciones diferentes, la respuesta germinativa de *P. decompositum* de las poblaciones fue similar tanto en luz como en temperatura.

Recomendaciones

A nivel germinación podemos decir que la especie no tiene problemas como tampoco la calidad de la semilla que produce, no importa la localidad de la que provengan en la Sierra Tarahumara; sin embargo los datos del esfuerzo reproductivo de la especie (Cuadro 2) nos hacen suponer que existe mayor probabilidad de mayor producción de semillas y de que éstas maduren en la población de Humira en relación a la de Bocoyna, probablemente por la heterogeneidad que presentan ambos sitios, por lo que es necesario considerar dichas observaciones en estudios posteriores ya sea que éstos sean *in situ* o *ex situ*, Sin embargo, cuál fuere el tipo de estudios deben ser dirigidos a la conservación de la especie y al aumento sus poblaciones que hoy en día se encuentran muy reducidas.

Es importante considerar que otra causa posible que está contrinuyendo a reducir las poblaciones de la especie independientemente de la sobrecolecta es la destrucción de su hábitat lo cual ha provocado que los sitios que le brindan las condiciones para establecerse sean cada vez más reducidos.

LITERATURA CITADA

- Alarcón-Aguilar, F. J., Roman-Ramos, R., Jimenez-Estrada, M., Reyes-Chilpa, B. Gonzales-Paredes, B., Flores-Saenz, J. L. 1997. Effects of three Mexican medicinal plants (Asteraceae) on blood glucose levels in healthy mice and rabbits. *Journal of Ethnopharmacology*. 55: 171-177.
- Attridge, T. H. 1990. Light and plant responses. Routledge, Chapman and Hall. Great Britain p. 141.
- Barradas, V.L. 1991. Radiation regimen in a tropical deciduous forest in western Mexico. *Theor. Appl. Climatol.* 44: 57-64.
- Baskin, C.C. and Baskin, M.J. 1985. The light requirement for germination of *Aster pilosus* seed: temporal aspects and ecological consequences. *Journal of Ecology*. 73: 765-773.
- Baskin, C. C. and Baskin, M.J. 1998. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press. USA. 666 p.
- Baskin, J. and Baskin, C. 1999. Seed ecology, dormancy, and germination: a modern synthesis from Baskin and Baskin. *American Journal of Botany*. 86:903-906
- Baskin, C.C., Baskin, M.J. and Van Auken, O. W. 1994. Germination response patterns during dormancy loss in achenes of six perennial Asteraceae from Texas, USA. *Plant Species Biology*. 9:113-117.
- Benvenuti, S., Macchia, M. 1997. Light environment, phytochrome and germination of *Datura stramonium* L. seeds. *Environmental and Experimental Botany*. 38: 61-71.
- Bertoni, G.P. and Becker, W.M. 1993. Light fluence and wavelength on expression of the gene encoding cucumber hydroxypyruvate reductase. *Plant Physiology*. 103: 938-941.
- Bewley, J.D, Black, M. 1985. Seed-Physiology of Development and germination. Plenum Press, U.S.A. p. 367.
- Bloom, J.A., Chapin III, S. F., Mooney, A.H. 1985. Resource limitation in plants-an economic analogy. *Annual Review of Ecology and Systematic*. 16:363-92.
- Bremer, K. 1994. Asteraceae. Cladistics and clasification. Timber Press. Portland, Oregon P. 540.
- Bye, R. 1983. Vegetation and soil in E.R. Stoddart, R.L. Nostrand and J.P. West (eds.), *Borderlands Sourcebook, A guide to the literature on Northern Mexico and the American Southwest*. University of Oklahoma Press. Norman, OK. pp. 98-105.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

- Corkidi, A.L. 1989. "Ecofisiología de la germinación de semillas heteromórficas de *Bidens odorata* Cav." Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Cousens, R., Mortimer, M. 1995. Dynamics of weed populations. Cambridge University Press. Cambridge. pp. 86-113.
- Deno, C.N. 1993. Seed germination theory and practice. 2a. Ed. Pennsylvania State University. USA. 242 p.
- Frankhauser, C. and Chory, J. 1995. Light control of plants development. Annual Review of Cell and Development Biology. 13:203-229.
- Fenner, M. 1985. Seed Ecology. Chapman and Hall. Great Britain 151 pp.
- Grime, J.P. 1982. Estrategias de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Limusa. México. p. 256.
- Gutterman, Y. 1980. Influence on seed germinability: Phenotypic maternal effects during seed maturation. Israel Journal of Botany. 29:105-117.
- Gutterman, Y. and Eviatar, N. 1994. Temperatures and ecological-genetic differentiation affecting the germination of *Hordeum spontaneum* caryopses harvested from three population: the Negev desert and opposing slopes on mediterranean mount carmel. Israel Journal of Plant Sciences. 42: 83-195.
- Harper, J.L. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press. London . 892 p.
- Hart, J. W. 1988. Light and plant growth. UNWIN HYMAN. London. 107 p.
- Hazebroek, P.J., Metzger, D.J. 1990. Environmental control of seed germination in *Thlaspi arvense* (Cruciferae). American Journal of Botany. 77(7): 945-953.
- Hong, T.D. y Ellis R.H. 1990. A comparison of maturation drying, germination and desiccation tolerance between developing seeds of *Acer pseudoplatanus* L. and *Acer platanoides* L. New Phytology. 116: 589-596
- Inman, D.W., Lou, J., King, R. S., and Raymond Cooper. 1996. Antihyperglucemic sesquiterpenes from *Psacallium decompositum*. Journal of Natural Products 62:1088-1092.
- Jann, C.R. and Amen, D.R. 1977. What is germination?. In: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Khan. New York. pp. 7-25.
- Kyauk, H., Hopper, N.W., Brigham, R.D. 1995. Effects of temperature and presoaking on germination, root length and shoot length of sesame (*Sesamum indicum* L.). Environmental and Experimental Botany. 35:345-351.
- Lambers, H., Chapin III, S.F., Pons, L.T. 1998. Plant Physiological Ecology. Springer. Verlag New York. p. 548.

- Ledig, F. T., Jacob-Servantes, V., Hodgskiss, D.P., and Eguiluz-Piedra. 1997. Recent evolution and divergence among populations of rare mexican endemic, Chihuahua spruce, following holocene climatic warming. *Evolution*. 51(6):1815-1827.
- Linares, E. and Bye, R. 1987. A study of four medicinal plant complexes of Mexico and adjacent United States. *Journal of Ethnomorphology*. 19:158-188.
- Linares, E. and Bye, R., Flores, B. 1998. Plantas medicinales de México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- López, R.G.F. 1989. Antophytas, morfología y desarrollo. Universidad Autónoma de Chapingo. México. p. 256.
- Mc Kenon, G.M. and Mott, J.J. 1982. The effect of temperature on the field softening of hard seed of *Stylosanthes humilis* and *S. hamata* in a dry monsoonal climate. *Australian Journal of Agricultural Research*. 33: 75-85.
- Moran, P. M. 1999. "Efectos de la Luz y la Temperatura en la Respuesta Germinativa de las Principales Malezas de la Zona de Milpa Alta en el D.F. y su Repercusión en la Invasión del Cultivo de Nopal" Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Moreno, M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Dirección General de Publicaciones. UNAM. México. p.883.
- Murray, D.R. 1984. Seed physiology, Vol. 2 Germination reserve mobilitation. Academic Press. USA. 248.
- Nikolaeva, G.M. 1977. Factors controlling the dormancy pattern. *In: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. Khan. New York. Pp. 51-71.
- Orozco-Segovia, A. y Vázquez, Y.C. 1992. Los sentidos de las plantas. *Ciencia*. 43:399-411.
- Osuna, F. R., Lguna, H. G., Brechú, F. A., Orozco, S.A. 1997. Germinación de *Chiranthodendron pentadactylon* Larr. (Sterculiaceae), en respuesta a la escarificación, temperatura y luz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 60: 5-14.
- Probert, R.J. 1992. The role of temperature in germination ecophysiology. En Fenner, M. (de.), *Seeds-The ecology of Regeneration in plant communities*. C.A.B International. United Kingdom. pp. 285-325.
- Rojas, A.M. 1995. Estudios sobre la germinación de cactáceas del Valle de Zapotitlán de las Salinas. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Seiler, J. G. 1998. seed maturity, storage time and temperature, and media treatment effects on germination of two wild Sunflowers. *Agronomy Journal*. 90:221-226

- Smith, H. 1982. Light quality photopercepción and plant strategy. Annual Review of Plant Physiology. 33:481-518.
- Smith, H. 1995. Physiological and ecological funtion within the phytochrome family. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol 46 (1): 289.
- Sutcliffe, J. 1979. Las plantas y la Temperatura. Cuadernos de Biología. Barcelona. p.65.
- Toyomasu, T.; Kawaide, Hiroshi.; Mitsunashi, W.; Inoue, Y.; Kamiya, Y. 1998. Phytochrome regulates gibberelin biosynthesis during germination of photoblastic Lettuce. Seed Plant Physiology. 118:1517-1523.
- Turner, B.L., Neson, G.L. 1998. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de México. En: T. P. Ramamoorthy; Bye, R; Lot, A; FA, J (eds). Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución. Compiladores. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. p. 545.
- Vázquez, Y.C. 1974. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en una zona calido-humeda de México. Regeneración de Selvas. Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología en México. Pp 279-387.
- Vázquez-Yanes, C. 1990. Effect of moisture on longevity in seed of some rain forest species. Biotropica. 22(2): 215-216.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. 1982. Longevidad, latencia y germinación de las semillas de *Verbesina grenmanii*. Turrialba. 32 (4): 457-462.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. 1989. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. Oecologia. 83:171-175.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia A., Rojas, M., Sánchez, M.E., Cervantes, V. 1997. La Reproducción de las Plantas: Semillas y Meristemos. Fondo de Cultura Económica. México. 156 p.
- Villaseñor, J.L. 1993. La familia de Asteraceae en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 44 (especial):117-124.
- Walck, L.J., Baskin. C. C., Baskin, M.J. 1996. Comparative achene germination requeriments Rockhouse endemic *Ageratina luciae-brauniae* ant its widespread close relative *A. altissima* (Asteraceae). Amer. Midl. Naturalist. 137:1-12.
- Walck, L.J., Baskin.C.C., Baskin, M.J. 1997. A comparative study of the seed germination biology of a narrow endemic and two geographically-widespread species of *Solidago* (Asteraceae). 3. Photoecology of germination. Seed Science Research. 7: 293-301.

- Washitani, I. and Ogawa, K. 1989. Germination responses of *Taraxacum platycarpum* seed to temperature. *Plant Species Biology*. 4:123-130.
- White, N.C, Probsting, M.W., Hedden, P., Rivin, J.C. . 2000. Gibberelins and seed Development in Maize. I. Evidence that Gibberelin/Abscisic balance governs germination versus maturation pathways. *Plant Physiology*. 122:1081-1088.
- Willson, M. F. 1983. *Plant reproductive ecology*. John Wiley and Sons. New York. 282. p.

Apéndice 1

Pruebas de germinación de semillas de las localidades de Bocoyna y Humira.

Source	Sum-of-square	df	Mean-square	F-ratio	P
Origen	0.003316409	1	0.003316409	0.000343636	0.985664112
Luz	1.31466E+01	1	1.31466E+01	1.362208104	0.276763613
Origen/luz	1.39951E+01	1	1.39951E+01	1.450125505	0.262924218
Error	7.72074E+01	8	9.650929255		

Pruebas de germinación de semillas de la localidad de Humira de diferentes años de colecta.

Source	Sum-of-square	df	Mean-square	F-ratio	P
Temperatura	3.06956E+02	1	3.06956E+02	3.139797708	0.081843631
Luz	1.40641E+03	3	4.68805E+02	4.795314546	0.004823519
Almacén	1.20772E+02	1	1.20772E+02	1.235349927	0.271118195
Temperatura/luz	8.59789E+02	3	2.86596E+02	2.931540119	0.041298262
Temperatura/cosecha	1.00837E+01	1	1.00837E+01	0.103143907	0.749284527
Luz/origen	1.72491E+02	3	5.74970E+01	0.588125831	0.625323670
Temperatura/luz/cosecha	3.36929E+01	3	1.12310E+01	0.114879303	0.951033693
Error	5.47473E+03	56	9.77631E+01		

Análisis de varianza de la velocidad de germinación de las semillas de Humira de diferentes años de colecta.

Source	Sum-of-square	df	Mean-square	F-ratio	P
Temperatura	9.85630E+01	1	9.85630E+01	2.762878145	0.115937833
Luz	8.71781E+01	1	8.71781E+01	2.443740807	0.137555276
Almacén	9.07529E+01	1	9.07529E+01	2.543948048	0.130277814
Temperatura/luz	2.75389E+01	1	2.75389E+01	0.771958449	0.392615678
Temperatura/cosecha	4.02054E+01	1	4.02054E+01	1.127020453	0.304174071
Luz/origen	1.65273E+01	1	1.65273E+01	0.463287131	0.5058231121
Temperatura/luz/cosecha	3.87300E+01	1	3.87300E+01	1.085663507	0.312923058
Error	5.70785E+02	16	3.56740E+01		

Análisis de varianza de la capacidad germinativa de las semillas de Humira de diferentes años de colecta.

Source	Sum-of-square	df	Mean-square	F-ratio	P
Temperatura	2.30542E+01	1	2.30542E+01	3.062610882	0.099262307
Luz	2.20010E+01	1	2.20010E+01	2.922691187	0.106661490
Almacen	1.74299E+01	1	1.74299E+01	2.315451771	0.147610672
Temperatura/luz	0.870221045	1	0.870221045	0.115603459	0.738275330
Temperatura/cosecha	0.004455491	1	0.004455491	0.000591884	0.980891284
Luz/origen	1.66782E+01	1	1.66782E+01	2.215599096	0.156066521
Temperatura/luz/cosecha	0.161923477	1	0.161923477	0.021510528	0.885228772
Error	1.20442E+01	16	7.527638500		

Análisis de varianza del tiempo de latencia de las semillas de Humira de diferentes años de colecta.

Source	Sum-of-square	df	Mean-square	F-ratio	P
Temperatura	0.682135885	1	0.682135885	0.295740707	0.594062473
Luz	6.372860146	1	6.372860146	2.762959998	0.115932839
Almacen	1.409986804	1	1.409986804	0.611301213	0.445715007
Temperatura/luz	0.469563101	1	0.469563101	0.203579560	0.657902150
Temperatura/cosecha	1.270478318	1	1.270478318	0.550817167	0.468740022
Luz/origen	0.348801085	1	0.348801085	0.151223065	0.702495602
Temperatura/luz/cosecha	1.167300382	1	1.167300382	0.506084268	0.487081878
Error	3.69045E+01	16	2.306533627		