GERMINACIÓN DE *CHIRANTHODENDRON PENTADACTYLON* LARR. (STERCULIACEAE), EN RESPUESTA A LA ESCARIFICACIÓN, TEMPERATURA Y LUZ

REYNA OSUNA FERNÁNDEZ¹, GUILLERMO LAGUNA HERNÁNDEZ¹,
ALICIA BRECHÚ FRANCO¹ Y ALMA OROZCO SEGOVIA²

¹ Laboratorio de Citología, Facultad de Ciencias, ² Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-356, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F., México.
Correo electrónico: aebf@hp.fcencias.unam.mx

Resumen. Se determinaron las características y calidad de las semillas de *Ch. pentadactylon*, de dos localidades en Guerrero y Oaxaca, su germinación bajo los factores de escarificación, temperatura y luz y la viabilidad de semillas de Guerrero almacenadas 6 meses a 5° C. Las semillas resultaron ortodoxas y con latencia por cubierta seminal impermeable. Las semillas de Guerrero presentaron mayor peso, longitud y contenido de humedad respecto a las de Oaxaca, pero las semillas escarificadas de Oaxaca germinaron con mayor porcentaje. La germinación de semillas escarificadas de ambos sitios fue mejor en temperatura fluctuante y se inhibió bajo rojo lejano. No hubo diferencias en la capacidad germinativa bajo obscuridad, luz roja y blanca. Una fracción de la población de semillas podría permanecer latente en bajas relaciones de rojo:rojo lejano transmitidas por la hojarasca. Las diferencias entre poblaciones pudieron deberse a un efecto materno inducido por temperatura y la humedad de sus localidades.

Palabras clave: germinación, almacenamiento, fotoblastismo, semillas ortodoxas, temperatura de germinación.

Abstract. Seed quality and seed germination with scarification and non scarification and variable temperature and light were determined in *Ch. pentadactylon* seeds from two places of Guerrero and Oaxaca. Also seed viability was determined in seeds from Guerrero stored 6 months at 5° C. Seeds showed to be orthodox and dormant due to an impervious seed coat. The seeds from Guerrero had higher weight, length and water content than those from Oaxaca, however the scarified seeds from Oaxaca reached a higher germination percentages. Germination of scarified seeds of the two populations was enhanced by alternated temperatures and inhibited by far red light. Germination under darkness, red light and white light did not differ significantly. In soil some seeds could be dormant under a low ratio red:far red light transmitted by litter. The differences between the two populations might be due to a maternal effect induced by weather conditions in their geographic localities.

Key words: germination, seed storage, photoblastism, orthodox seeds, germination temperature.

México es uno de los países con mayor diversidad florística en el mundo, con más de 30,000 especies de plantas vasculares. Se calcula que al menos el 50% se utiliza para satisfacer alguna necesidad humana, entre las cuales las plantas medicinales ocupan el primer lugar (Estrada-Lugo, 1992). El número de especies medicinales registradas en el país es de 3,522, de las cuales no se ha estudiado ni siquiera el 10% (Bye *et al.*, 1992). Hasta ahora, los sistemas de medicina tradicional siguen siendo la principal fuente de asistencia sanitaria para más de dos tercios de la población mundial (Estrada-Lugo, 1995).

En México, gran parte de los sistemas terapéuticos y las plantas medicinales en las que se basan, se remontan a la época prehispánica, como es el caso de *Chiranthodendron pentadactylon*, cuya referencia data de 1552 en el Códice de la Cruz-Badiano, y su uso se continúa hasta la actualidad (Bye y Linares, 1987). Esta especie se desarrolla en bosques de pino-encino y bosque mesófilo de montaña. Se trata de árboles entre 15 y 20 m de altura, que se distribuyen en los estados de Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Guatemala (Standley y Steyermark, 1949). Su nombre común es "flor de manita" o "macpalxochitl" y se refiere a sus

flores rojas con estambres columnares divididos en cinco ramas que semejan una mano. Florece de noviembre a abril, con más abundancia en febrero. Después de la polinización por aves percheras (Toledo, 1975) se desarrollan las semillas y frutos, con una fructificación en abril y mayo. Las flores en infusión, por vía oral, se han utilizado como remedio para diferentes enfermedades. Actualmente se usa principalmente como tratamiento para el corazón, presión alta y sedante para los nervios; se ha comprobado el efecto farmacológico del extracto acuoso de las flores, que inhibe la contracción muscular de la aorta (Perusquía *et al.*, 1995).

La recolección silvestre de las flores que caen al suelo, representa un recurso económico importante para las comunidades, como ocurre en Carrizal de Bravos, Guerrero, al ser comercializadas en los principales mercados del país. La tala de los bosques es la causa principal de la disminución de sus zonas de distribución y de sus poblaciones, lo que pone en riesgo de desaparición tanto a la especie como al recurso. Para evitar estas pérdidas, se vuelve urgente desarrollar métodos para su introducción a cultivo. Una alternativa es formar bancos de semillas y desarrollar viveros para conservar la especie en condiciones controladas, como fuente de aprovisionamiento de germoplasma y para incrementar las poblaciones que crecen en áreas naturales (Vázquez-Yanes, 1987; Vázquez-Yanes y Cervantes, 1993).

El estudio de la germinación de las semillas de *Ch. pentadactylon*, es uno de los aspectos trascendentales

para integrar la información que permita someter a las plantas a un sistema de cultivo, a través del potencial de variabilidad genética que representan las semillas como producto de la reproducción sexual, a diferencia de las técnicas vegetativas de propagación. En esta especie se han realizado muy pocos estudios sobre la germinación, y los trabajos sobre la polinización manual y la viabilidad de las semillas dieron resultados poco alentadores (Estrada-Lugo, 1987; García y Perales, 1990).

Con base en lo anterior, se realizó el presente estudio con el objetivo de determinar las condiciones propicias de germinación bajo los factores: escarificación, temperatura y luz; y se determinó la viabilidad de semillas almacenadas a 5°C durante 6 meses. Debido a que las poblaciones de esta especie se han reducido por la deforestación, se incluyeron semillas de al menos dos poblaciones (Guerrero y Oaxaca), y se comparó su respuesta germinativa, con el fin de conocer la calidad de las semillas para futuros propósitos de almacenaje y reforestación.

Materiales y Métodos

Colecta de semillas. Las semillas se colectaron en 1995, en Carrizal de Bravos, Leonardo Bravo, Guerrero y en San José del Pacífico, Miahuatlán, Oaxaca. En Carrizal de Bravos (17° 39' N y 99° 41' O), la temperatura y precipitación promedio anuales son 13.8°C y 1262 mm respectivamente. En San José del Pacífico (16° 19' N y 96° 35' O), la temperatura y precipitación prome-

Cuadro 1. Temperaturas y precipitación promedio anual de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios de colecta (Omitemi, Guerrero y San Miguel Suchixtepec Oaxaca) (Servicio Meteorológico Nacional).

	Floración (nov.-febrero)	Fructificación (febrero-mayo)	Previo a lluvias (marzo-mayo)	Lluvias (junio-agosto)
Guerrero				
Temperatura máxima °C	19.8	21.3	21.8	21.0
Temperatura media °C	12.2	14.05	14.6	15.0
Temperatura mínima °C	4.5	6.7	7.3	9.1
Mínima extrema °C	1.7	3.8	4.3	6.1
Máxima extrema °C	22.7	24.0	24.6	23.2
Precipitación	1262 mm			
Oaxaca				
Temperatura máxima °C	25.0	27.4	27.5	26.03
Temperatura media °C	16.9	18.7	18.8	18.1
Temperatura mínima °C	8.9	9.9	10.1	10.1
Mínima extrema °C	6.1	7.4	7.7	7.9
Máxima extrema °C	29.8	31.7	31.9	19.7
Precipitación	1371.9 mm			

dio anuales son 19.4°C y 1371.9 mm, respectivamente (INEGI, 1995; Servicio Meteorológico Nacional) (cuadro 1). El material se recolectó en un bosque de pino-encino entre los 2340 y 2490 m.s.n.m. Las semillas se almacenaron a temperatura ambiente del laboratorio durante 1 mes y posteriormente se realizaron los experimentos. El suelo en ambas zonas es no salino, de tipo molisol, con textura media, elevado contenido de materia orgánica y material parental calcáreo (datos no publicados).

Procedimientos generales. Todas las pruebas de germinación se llevaron a cabo en cámaras de crecimiento modelo 844 (lab-Line Instruments, Melrose Park, Ill), con un fotoperiodo de 12h. A las semillas se les quitó el arilo y se desinfectaron con fungicida al 0.2% (Captán 50, [Cis-N- [(Triclorometil) tio -4 ciclohexeno-1,2-dicarboximida], Laboratorios A.G.M. de México). Se sembraron en cajas de petri sobre 3 discos de papel filtro Whatman número 1 humedecidas con 5

ml de agua destilada, 20 semillas por caja y 8 repeticiones por tratamiento. En los casos indicados la escarificación fue mecánica, con lija, por el extremo opuesto al arilo. Se registró la germinación final después de 1 mes de tratamiento. Se consideró una semilla germinada cuando la radícula salía 3 a 5 mm de longitud a través de la cubierta seminal.

Características de las semillas. El color, peso, longitud, contenido de humedad y viabilidad se determinó en una muestra de 100 semillas. El color predominante del arilo y de la testa, se determinó comparando la muestra con tablas de referencia Methuen Handbook of Colour (Kornerup y Wanscher, 1963). El peso y longitud se midieron con una balanza analítica y con Vernier. El contenido de humedad se determinó en 5 lotes de 20 semillas cada uno, por diferencia de peso después de 1 hora a 103°C. La viabilidad se evaluó con cloruro de 2,3,5, trifenil tetrazolio al 1% a 25°C, 5 repeticiones de 25 semillas cada una (Pili-Sevilla, 1987).

Figura 1. Germinación de semillas colectadas en Guerrero. *a.* Almacenamiento a 5° C durante 6 meses, semillas escarificadas. *b.* Semillas escarificadas (■); semillas no escarificadas (▲). *c.* I semillas no escarificadas a 8-26° C (■); semillas no escarificadas a 25° C (▲). II Estratificación y germinación a 25° C. III Escarificación mecánica. *d.* I Semillas no escarificadas a 8-26° C (■); semillas no escarificadas a 25° C (▲). II Estratificación y germinación a 15-30° C. III Escarificación mecánica.

Prueba de almacenamiento. Debido a la poca disponibilidad de semillas de Oaxaca, únicamente con las semillas recolectadas en Guerrero se formaron 53 lotes de 20 semillas cada uno. Cada lote se colocó en el interior de tubos de vidrio de 1X6 cm, con 1g de sílica gel y algodón, sellados con tapón de hule y parafilm para mantener bajas condiciones de humedad. Los tubos se forraron con papel aluminio y se almacenaron en el refrigerador a 5°C. Cada mes durante 6 meses se extrajeron por sorteo 8 tubos y se realizaron pruebas de germinación a 25°C con semillas escarificadas. Al finalizar los 6 meses de almacenamiento se determinó el contenido de humedad en 5 lotes.

Pruebas de germinación. Para evaluar el efecto de la escarificación y temperatura se utilizaron 16 lotes de semillas de Guerrero y se planteó un modelo factorial 2X2 completamente aleatorizado, con los factores: a) escarificación, con dos niveles o tratamientos: escarificadas y no escarificadas y b) temperatura, con dos niveles: temperatura constante (25°C) y temperatura fluctuante (8-26°C, termoperiodo de 12 hrs). Debido a la baja respuesta de las semillas no escarificadas en los dos tratamientos de temperatura (25°C y 8-

26°C), los 8 lotes de semillas no escarificadas se sometieron a un tratamiento de estratificación (5°C durante 24hrs). Posteriormente los 8 lotes se escarificaron para exponer 4 lotes a temperatura constante (25°C) y 4 lotes a temperatura fluctuante (15-30°C). Las semillas recolectadas en Oaxaca se escarificaron y únicamente se colocaron a temperatura constante 25°C y temperatura fluctuante 15-30°C.

Para evaluar el efecto de la calidad de luz sobre la germinación de las semillas de Guerrero y Oaxaca, se siguió un modelo completamente aleatorizado con un criterio de clasificación; el factor fue la calidad de luz, con 4 niveles o tratamientos: luz blanca (LB), luz roja (R), luz rojo lejano (RL) y oscuridad (OSC). Para obtener luz R y RL, las cajas petri sembradas se introdujeron en cajas de Plexiglass azul y/o rojo de 34X44X10 cm. La transmitancia y flujo fotónico de las micas lo reportan Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes (1989). Para la LB, las cajas petri se introdujeron en bolsas de plástico transparentes para evitar la pérdida de humedad; y para la OSC, las cajas se cubrieron con papel aluminio. Con base en la respuesta de las semillas a la temperatura, las cajas se expusieron a 15-30°C, con termoperiodo de 12 hrs. Para la ilumi-

Figura 2. a. Germinación de semillas escarificadas de Oaxaca. b. Germinación de semillas escarificadas de Guerrero bajo 4 calidades de luz (15-30°C). c. Germinación de semillas escarificadas de Oaxaca bajo 4 calidades de luz (15-30°C).

nación se colocaron 4 lámparas (General Electric 20 w, cool white), excepto en RL donde se colocaron bajo luz incandescente (2 focos OSRAM, de 25 w). La germinación se registró bajo luz verde de seguridad.

Análisis de datos. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza con un nivel de probabilidad $P \leq 0.05$, utilizando el programa estadístico Statgraphics 5.0 (Statistical Graphics Corporation. Graphic Software System, Inc, Rockville, MD, USA), así como mediante pruebas de t, con el programa Statistica 5.0 (Statistica for Windows. StatSoft, Inc, Tulsa, Ok, USA). Estos análisis se realizaron con los valores de germinación previamente transformados (raíz cuadrada y transformación arcsénica). En los análisis de varianza donde se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se aplicaron pruebas de rango múltiple (Tuckey) de intervalos de confianza $P \leq 0.05$. Los datos transformados se graficaron mediante funciones hiperbólicas (Mathematica Software, Wolfram Research, Inc. Champaign. IL, USA).

Resultados

Características de la semilla. El peso, longitud y contenido de humedad de las semillas de Guerrero fue significativamente mayor que el de las semillas de Oaxaca ($F_{(1, 198)}=117.666$, $P=0.0001$; $F_{(1, 198)}=38.517$, $P=0.0001$; $F_{(1, 8)}=33.076$, $P=0.0004$ respectivamente) (cuadro 2). En la colecta de Oaxaca se encontró un alto porcentaje de semillas plagadas con el coleóptero *Acanthoscelides alficola* Sharp (32.5%), el cual estaba ausente en las semillas de Guerrero.

Prueba de almacenamiento. Las semillas de Guerrero incrementaron su porcentaje de germinación con el tiempo de almacenamiento (figura 1a). La capacidad germinativa después de los 6 meses de almacenamiento fue igual a la esperada de acuerdo con la prueba de viabilidad ($t_{(11)}=0.94$, $P=0.4$) (figura 1a, cuadro 2). La velocidad de germinación indicada por el parámetro B de la ecuación hiperbólica, a la que fue ajustado el comportamiento germinativo en cada tiempo de almacenamiento (cuadro 3), no indicó diferencias significativas en los primeros cuatro meses de almacenamiento; pero en los meses 5 y 6 la velocidad fue mayor ($F_{(6,11)}=9.37$, $P=0.0003$). El contenido inicial de humedad de las semillas fue de 9.38 ± 0.9 y al final del período de almacenamiento disminuyó a 2.64 ± 0.55 , siendo significativamente menor que el inicial ($F_{(1,8)}=203.17$, $P=0.0001$) (cuadro 2). La edad de las semillas al final del período de almacenamiento fue de 9 meses.

Con las semillas de Oaxaca no se realizaron pruebas de almacenamiento. La prueba de viabilidad de

Cuadro 2. Características de las semillas de *Ch. pentadactylon* colectadas en Carrizal de Bravos, Guerrero y San José del Pacífico, Oaxaca.

Color	Guerrero Semilla: negro Arilo: anaranjado rojizo	Oaxaca Semilla: negro Arilo: anaranjado rojizo
Peso (g)	0.0326 ± 0.006	0.0254 ± 0.004 *
Longitud (mm)	5.1157 ± 0.5617	4.71 ± 0.32 *
Contenido de humedad (%)	9.38 ± 0.9	6.9 ± 0.3 *
Viabilidad (%)	46.0 ± 4.1	17.4 ± 4.6 *

* $P \leq 0.05$.

las semillas recién cosechadas dio valores significativamente menores a la capacidad germinativa ($t_{(11)}=6.95$, $P=0.000024$) (cuadro 2, figura 2a, c).

Pruebas de germinación. Efecto de la temperatura. Las semillas no escarificadas de Guerrero tuvieron una germinación muy baja tanto a temperatura constante como fluctuante. La germinación de las semillas escarificadas fue significativamente más baja a temperatura constante que a temperatura alternante (figura 1b). Sin embargo la velocidad de germinación fue igual ($F_{(11,24)}=1.054$, $P=0.4343$). El comportamiento germinativo para ambas temperaturas se ajustó a ecuaciones hiperbólicas $Y=(33.84 \pm 2.67 * X)/(0.06 \pm 0.14 + X)$ para la temperatura constante y para la temperatura fluctuante $Y=(45.86 \pm 2.98 * X)/(0.16 \pm 0.13 + X)$. Ambos ajustes tuvieron una $r^2 \geq 8$ y valores de F de 141.24 y 230.09 respectivamente.

Las semillas no escarificadas que se estratificaron, no incrementaron su germinación sino hasta después de su escarificación (figuras 1c, d). Después de la estratificación el porcentaje y velocidad de germinación final de las semillas que se colocaron a temperatura constante y a temperatura fluctuante, no tuvieron diferencias significativas ($F_{(3,12)}=2.934$, $P=0.07$) (figuras 1c, d; cuadro 4). Al comparar la capacidad germinativa de las semillas escarificadas de la figura 1b, 1c y d, no hubo diferencia significativa; sin embargo la prueba de rango múltiple revela que las semillas expuestas a temperatura fluctuante después de un período de estratificación, germinaron significativamente más que las semillas en el mismo régimen de temperatura que no se estratificaron (figura 1b).

Las semillas de Oaxaca germinaron significativamente más en temperatura fluctuante que en temperatura constante ($F_{(1,62)}=46.305$, $P=0.0001$) (figura 2a). También germinaron significativamente más que las

Cuadro 3. Germinación de semillas almacenadas a 5°C durante 6 meses. Parámetros y r^2 del ajuste de la germinación semanal de semillas escarificadas de *Ch. pentadactylon*, con diferentes períodos de almacenamiento. $Y=(A*X)/(B+X)$ de cada tratamiento.

Mes	A	B	d.f.	r^2	F
0	33.845 $\pm$ 2.678	0.0589 $\pm$ 0.141	38	0.7879	141.24 *
1	47.437 $\pm$ 4.227	0.7229 $\pm$ 0.259	38	0.8474	210.96 *
2	47.298 $\pm$ 4.445	0.2887 $\pm$ 0.207	38	0.7654	123.95 *
3	39.409 $\pm$ 2.914	0.2132 $\pm$ 0.153	38	0.8305	186.16 *
4	53.896 $\pm$ 3.393	0.3736 $\pm$ 0.146	38	0.8898	306.96 *
5	72.817 $\pm$ 11.69	2.0860 $\pm$ 0.758	38	0.8334	190.46 *
6	68.791 $\pm$ 11.06	0.9809 $\pm$ 0.528	38	0.6840	82.253 *
Total	19.641 $\pm$ 9.041	7.219 $\pm$ 2.501	40	0.624	20.192 *

* $P \leq 0.05$.

de Guerrero, en ambas condiciones de temperatura ($F_{(1,125)}=439.69$, $P=0.0001$). El comportamiento germinativo para ambas temperaturas se ajustó a ecuaciones hiperbólicas $Y=(62.57 \pm 1.82 * X)/(0.07 \pm 0.05 + X)$ para la temperatura constante, y para la temperatura fluctuante $Y=(84.01 \pm 3.66 * X)/(0.26 \pm 0.09 + X)$. Ambos ajustes tuvieron una $r^2 > 9$ y valores de F de 1052.93 y 560.33 respectivamente. La velocidad germinativa fue igual para ambas poblaciones, así como para los tratamientos ($F_{(11,24)}=1.054$, $P=0.43$).

Efecto de la luz. Tanto en las semillas de Guerrero como en las de Oaxaca se encontró un efecto significativo de la calidad de luz, sobre la germinación ($F_{(3,90)}=159.430$, $P=0.0001$ y $F_{(3,90)}=57.820$, $P=0.0001$) (figura 2b, c). La prueba de rango múltiple indicó que la capacidad germinativa en OSC, R y LB es igual, sin embargo el RL tuvo un efecto inhibitorio muy significativo. La velocidad de germinación fue igual en todos los tratamientos (cuadro 5). La capacidad germinativa de las semillas de Guerrero que permanecieron en OSC, R y LB (figura 2b) fue más alta que la obtenida a temperatura fluctuante con semillas 3 meses más jóvenes que éstas (figura 1d) ($F_{(3,28)}=5.14$, $P=0.02$). También fue más alta que en semillas de la misma edad (3 meses), pero expuestas a temperatura constante (figura 1a) ($F_{(3,28)}=8.68$, $P=0.0003$).

Discusión

Las poblaciones de semillas de *Chiranthodendron pentadactylon* estudiadas presentaron entre sí diferencias morfológicas y fisiológicas. El contenido de humedad de las semillas de Oaxaca fue más bajo que el de las semillas de Guerrero, esto puede relacionarse con las características climatológicas de los sitios de colecta, ya que en San José del Pacífico la temperatura pro-

medio anual es de 19.4°C, mientras que en la localidad de Guerrero la temperatura promedio anual es de 13.8°C y ello puede influir de manera significativa en la pérdida de humedad de las semillas. Probablemente como consecuencia del menor contenido de humedad las semillas de Oaxaca también tienen menor peso y longitud que las de Guerrero. El efecto de las condiciones de temperatura durante el desarrollo de las semillas, sobre su contenido de humedad, ha sido reportado para diferentes poblaciones de varias especies y se le ha considerado como un efecto materno en el desarrollo de las semillas (Guterman, 1980/81; Roach y Wulff, 1987; Silvertown, 1984).

A pesar de que la población de Oaxaca estuvo muy parasitada, las semillas que no lo estaban tuvieron una alta capacidad germinativa, que no se reflejó en las pruebas de viabilidad con cloruro de tetrazolio, pues muy pocas semillas se tiñeron. En cambio las semillas de Guerrero se tiñeron en una proporción similar a la máxima capacidad germinativa del lote. La técnica para determinar viabilidad con el cloruro de tetrazolio, indica que debe haber un período de imbibición para activar el metabolismo de la semilla, previo a la aplicación del cloruro de tetrazolio, para mejorar la difusión del compuesto y poder detectar la respiración de la semilla. Al haber diferencias de hidratación en las semillas de las poblaciones estudiadas, también pudo haber diferencias en el período necesario de imbibición previo a la prueba con tetrazolio; por ello, al haberse aplicado el mismo tiempo de imbibición en ambos lotes, éste pudo ser insuficiente para que la prueba resultara positiva en las semillas de Oaxaca. En diferentes especies se ha reportado la necesidad de variar tanto el período de imbibición previo a la aplicación del cloruro de tetrazolio, como el de exposición a éste (Pili-Sevilla, 1987).

Cuadro 4. Parámetros y r^2 de la ecuación exponencial ajustada a la germinación de semillas después de diferentes tratamientos: tratamiento inicial de semillas no escarificadas a temperatura 8-26° y 25°C, exposición a 5°C y posterior escarificación y germinación a 25° y 15-30°C indicado en la segunda columna.

$Y = A * \text{EXP}(B * X)$ de cada tratamiento.

Tratamiento	Germinación	A	B	d.f.	r^2	F
Inicial: No esc-cte (25°C)	25°C	2.03 ± 1.7 A	0.901 ± 0.29	18	0.5016	18.118
	15-30°C	1.52 ± 1.06 A	1.156 ± 0.24	18	0.7798	63.808
No esc fluct (8-26°C)	25°C	3.09 ± 2.4 A	0.621 ± 0.29	18	0.2667	6.545
	15-30°C	1.60 ± 0.97 A	1.131 ± 0.21	18	0.8117	8.508

* $P \leq 0.05$.

Las semillas de Guerrero al final de la prueba de almacenamiento, presentaron un porcentaje de humedad más bajo que el inicial, prolongaron su viabilidad hasta la edad de 9 meses después de la colecta, e incrementaron su capacidad germinativa con el tiempo de almacenamiento. El incremento en la capacidad germinativa también se refleja en las semillas de mayor edad que se utilizaron en las pruebas de luz (figura 2b). Estos resultados son contrarios al reporte de García y Perales (1990) quienes encontraron que la viabilidad se pierde en un plazo de 3 meses, aún almacenándolas a temperaturas similares a las utilizadas en el presente trabajo. Lo anterior se puede deber a que no almacenaron las semillas en condiciones de baja humedad, como se recomienda en la literatura (Gómez-Campo, 1985), y a la aplicación incorrecta de la prueba de germinación.

Aunque no fue posible ampliar el período de almacenamiento, dada la baja cantidad de semillas disponibles, las semillas de *Ch. pentadactylon* pueden considerarse como ortodoxas, al no perder su viabilidad con el almacenamiento a bajas temperaturas y con un bajo contenido de humedad, como ocurre con las semillas ortodoxas reportadas en la literatura (Hong y Ellis, 1990). Es posible predecir la sobrevivencia de las semillas almacenadas en estas condiciones por un tiempo más prolongado.

Las semillas de *Ch. pentadactylon* se caracterizaron por la presencia de una testa dura, por lo que las pruebas de germinación sólo fueron exitosas con las semillas escarificadas; esto puede explicar la baja capacidad germinativa reportada previamente para esta especie (García y Perales, 1990).

Las semillas de Guerrero presentaron inicialmente una baja capacidad germinativa que se incrementó con el tiempo, mientras que las de Oaxaca tuvieron

una alta capacidad germinativa prácticamente desde la colecta. Esta diferencia entre ambas poblaciones también puede atribuirse a las temperaturas que se presentan en Guerrero, más bajas que las de Oaxaca a lo largo del año. El incremento en la capacidad germinativa con el transcurso del tiempo indica la pérdida de una latencia endógena, causada por un inadecuado balance hormonal de la semilla (Villiers, 1972). Este tipo de control en la naturaleza, es un medio para prevenir la germinación hasta después que el invierno ha pasado (Bewley y Black, 1985).

El tratamiento térmico que indujo la germinación más favorable fue la fluctuación de temperatura (figuras 1b, d, 2a). La aplicación de una temperatura menor a 25 °C, ya sea como parte de un tratamiento de fluctuación diaria de temperatura, o previa a un período de temperatura constante, incrementó la germinación.

Tanto el requerimiento de una temperatura relativamente baja para la germinación, como el incremento en la capacidad germinativa a lo largo del tiempo de almacenamiento en las semillas de Guerrero, son características comunes a las especies de climas templados donde son frecuentes estas temperaturas bajas durante el invierno o la primavera (Baskin y Baskin, 1988). En las zonas de colecta esta fluctuación se presenta no sólo a lo largo del año, sino también de forma diaria. El obtener una alta germinación a los 9 meses de almacenamiento a temperatura constante, refleja la pérdida del requerimiento de una temperatura moderadamente baja para romper la latencia endógena.

El hecho de que la velocidad de germinación no difiera entre las semillas que germinaron en los diferentes tratamientos térmicos, indica que la temperatura en este caso está afectando principalmente la capacidad germinativa (Bewley y Black, 1985).

Cuadro 5. Semillas escarificadas, bajo diferentes calidades de luz (temperatura 15-30° C). Parámetros y r^2 de la ecuación hiperbólica ajustada $Y=(A*X)/(B+X)$ de cada tratamiento.

Calidad de luz	A	B	d.f.	r^2	F
Guerrero					
B	44.028 $\pm$ 3.71	0.066 $\pm$ 0.152	38	0.7672	125.244 *
R	63.284 $\pm$ 3.54	0.149 $\pm$ 0.101	38	0.8880	301.79 *
RL	79.187 $\pm$ 5.98	12.53 $\pm$ 1.18	38	0.6083	59.009 *
OSC	64.23 $\pm$ 2.60	0.160 $\pm$ 0.080	38	0.9394	589.330 *
Oaxaca					
B	58.437 $\pm$ 3.39	0.072 $\pm$ 0.105	38	0.8744	264.52 *
R	58.55 $\pm$ 3.68	0.059 $\pm$ 0.112	38	0.8549	223.834 *
RL	29.52 $\pm$ 2.20	0.339 $\pm$ 0.17	38	0.8444	206.284 *
OSC	52.755 $\pm$ 4.27	0.099 $\pm$ 0.15	38	0.7865	140.02 *

*P $\leq$ 0.05.

A diferencia de las semillas de Guerrero, después de tres meses las semillas de Oaxaca redujeron su capacidad germinativa, probablemente a causa de la adquisición de latencia secundaria. La germinación de semillas de ambos sitios fue de fotoblásticas indiferentes que se inhiben bajo RL (figuras 2b y c), lo que indica que la semilla se libera con una relación Pfr/Pr (forma metabólicamente activa del fitocromo/ forma metabólicamente inactiva) adecuada para la germinación (Pons, 1992); sin embargo este balance se reduce al exponerse las semillas al RL, inhibiéndose la germinación, como ocurre en semillas de otras especies (Van Rooden *et al.*, 1970).

Ch. pentadactylon en condiciones naturales es dispersada por aves (Toledo, 1975), por lo que probablemente las semillas se escarifiquen al pasar por su tracto digestivo, o bien durante su permanencia en el suelo, de manera que pueden germinar en la superficie del suelo o enterradas, en condiciones de oscuridad. El rompimiento de la impermeabilidad es un proceso que distribuye la germinación en el tiempo e incrementa las posibilidades de que algunas semillas germinen y completen su ciclo de vida (Egley, 1989). La acumulación de hojarasca sobre las semillas, como ocurre con frecuencia en los bosques de pino-encino (donde crece *Ch. pentadactylon*), reduce la relación entre rojo y rojo lejano de la luz a la que quedan expuestas las semillas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1990). Esto favorecería la germinación de un pequeño porcentaje de las semillas, pero también permitiría la permanencia en el suelo de un porcentaje mayor.

El requerimiento de fluctuación de temperaturas para germinar de una parte de la población, permitiría que sólo un porcentaje germinara en niveles

superficiales, en donde la fluctuación de la temperatura sería el estímulo ambiental que indicara la proximidad de la superficie del suelo (Probert, 1992). En algunas especies, la oscuridad incrementa la amplitud de fluctuación de temperatura requerida para germinar (Thompson y Grime, 1983). Sin embargo en esta especie indiferente a la luz, la temperatura más bien debe tener un efecto a nivel enzimático, modificando la capacidad germinativa y/o sobre el balance hormonal de las semillas (Bewley y Black, 1985), como lo indica la presencia de una latencia endógena en una fracción de la población.

La hojarasca por un lado amortigua la fluctuación de la temperatura y por otra favorece la transmisión del RL a través de la hojarasca (Holmes y Smith, 1977; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1992). La inhibición de la germinación por RL y el requerimiento de alternancia de temperatura, son quizás una adaptación que permite sobrevivir a una fracción de la población de semillas bajo la hojarasca hasta que ésta sea removida o perturbada (Thompson *et al.*, 1977; Benech *et al.*, 1988), por un disturbio natural o humano, mientras que el resto de la población podría germinar en cualquier otra condición ambiental, bajo la hojarasca y dentro del bosque. Actualmente la especie sobrevive principalmente en claros debido a la tala de los bosques en la región de Oaxaca, donde se realizó la recolecta de semillas, mientras que en Guerrero los bosques donde se desarrolla la especie se encuentran menos perturbados.

Al igual que las diferencias morfológicas en distintas poblaciones, las diferencias en los requerimientos para la germinación de las poblaciones de *Ch. pentadactylon* han sido atribuidas a un efecto materno inducido por

las condiciones ambientales durante la germinación. El efecto materno puede dar como resultado una mejor adecuación de las especies a condiciones locales, como lo demuestran los trabajos de Thompson (1970; 1973; 1975), en poblaciones de especies distribuidas en diferentes partes de Europa. Por otra parte también pueden tener incidencia en el éxito de programas de conservación de germoplasma y propagación de la especie, ya que pueden variar tanto los requerimientos de germinación como la capacidad germinativa y la posibilidad de almacenamiento a largo plazo.

Las variaciones morfológicas encontradas entre las dos poblaciones de *Ch. pentadactylon*, indican que para almacenarse por tiempos prolongados las semillas de Oaxaca deben pasar por un examen fitosanitario previo, aunque dada su mayor capacidad germinativa y su menor contenido de humedad, muestran características más apropiadas para su almacenamiento que las semillas de Guerrero. Sin embargo, aún falta valorar el posible desarrollo de latencia secundaria en *Ch. pentadactylon* durante el almacenamiento y los mecanismos para romperla.

Es necesario realizar estudios enfocados a la respuesta de las semillas de *Ch. pentadactylon* bajo condiciones de campo, para compararla con la de laboratorio y corroborar que la germinación en esta especie se favorece con la fluctuación de temperaturas e incremento de la relación R/RL, condiciones que pueden darse con la perturbación de la hojarasca en el suelo. Debido a que el número de semillas recolectadas no fue suficiente para evaluar la viabilidad de las semillas almacenadas durante períodos mayores, es importante continuar los estudios en esta área para conformar en un futuro, un banco de semillas que permita conservar y propagar esta especie.

Ch. pentadactylon actualmente está considerada como una especie amenazada (de acuerdo a la Norma NOM-059-ECOL-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación, 1994). y además de tener una distribución muy restringida, la reducción de las áreas forestales donde crece y su explotación, pueden ponerla en riesgo de extinción.

Agradecimientos

Este trabajo recibió apoyo económico de PAPIIT-DGAPA a través del proyecto IN207597.

Literatura citada

- Benech A.R., Ghera C.M., Sánchez R.A. y García, F.A. 1988. The role of fluctuating temperatures in the germination and establishment of *Sorghum halapense* (L.) Pers. Reg-ulation of germination under leaf canopies. *Functional Ecology* 2:311-318.
- Baskin J.M. y Baskin C.C. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. *American Journal of Botany* 75 (2):286-305.
- Bewley J.D. y Black M. 1985. *Seeds- physiology of development and germination*. Plenum Press. USA. 367p.
- Bye R. y Linares-Masari E. 1987. Usos pasados y presentes de algunas plantas medicinales encontradas en los mercados mexicanos. *América indígena*. XLVII. número 2.
- Bye R., Estrada-Lugo E. y Linares-Masari E. 1992. Recursos genéticos en plantas medicinales de México. En: Estrada-Lugo E. Ed. *Plantas Medicinales de México*. Dep.to. de Fitotecnia, UACH. México, 361-372.
- Diario Oficial de la Federación. Tomo CDLXXXVIII. número 10. México, D.F. Lunes 16 de Mayo, 1994.
- Egley G.H. 1989. Water-impermeable seed coverings as barriers to germination. En: Taylor son R.B. Ed. *Recent advances in the development and germination of seeds*. Plenum Press. New York, 207-223.
- Estrada-Lugo E. 1987. El fruto del Macpalxochicuahuil (*Chiranthodendron pentadactylon* Larr.): tamaño, semillas, plagas y polinización manual. Memorias X Congreso Mexicano de Botánica. Guadalajara, Jalisco. México.
- Estrada-Lugo E. 1992. El contexto etnobotánico en la introducción al cultivo de las plantas medicinales de México. En: Estrada-Lugo E. *Plantas medicinales de México*. Departamento de Fitotecnia. UACH, México, 383-390.
- Estrada-Lugo E. 1995. Cultivo de plantas medicinales, una urgencia latinoamericana. En: Estrada-Lugo E. Ed. *Lecturas para el Diplomado Internacional "Plantas Medicinales de México"*. UACH, México, 437-440.
- García J. y Perales R. 1990. Nota sobre la propagación y pérdida de viabilidad de las semillas de *Chiranthodendron pentadactylon* Larr. (Sterculiaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50:157-159.
- Gómez-Campo C. 1985. *Plant Conservation in the Mediterranean area*. W. Junk Publishers Dordrecht, 237-247.
- Gutterman Y. 1980/81. Influences on seed germinability phenotypic maternal effects during seed maturation. *Israel Journal of Botany* 29:105-117.
- Holmes M.G. y Smith H. 1977. The function of phytochrome in the natural environment-II. The influence of vegetation canopies on the spectral energy distribution of natural daylight. *Photochemistry and Photobiology* 25:539-545.
- 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.
- INEGI. 1995. Anuarios Estadísticos de los Estados de Guerrero y Veracruz.
- Kornerup A. y Wanscher J.H. 1963. Methuen "Handbook of colour". 3ª ed. Fletcher and son LTD, NorWhich.
- Orozco-Segovia A. y Vázquez-Yanes C. 1989. Light effect on

- seed germination in *Piper* L. *Acta Oecologica Oecologia Plantarum* **10**:123-143.
- Perusquía M., Mendoza S., Bye R., Linares E. y Mata R. 1995. Vasoactive effects of a queous extracts from five mexican medicinal plants on isolated rat aorta. *Journal of Etnopharmacology* **46**:1, 63-69.
- Pili-Sevilla E. 1987. Germination and tetrazolium testing. *Seed Science and Technology* **15**:691-698.
- Pons L.T. 1992. Seed response to light. En: Fenner M. Ed. Seeds. *The Ecology of regeneration in plant communities*. Cab International. UK, 259-283.
- Probert R.J. 1992. The role of temperature in germination ecophysiology. En: Fenner M. Ed. Seeds. *The ecology of regeneration in plant communities*. Cab International. UK, 285-325.
- Roach D.A. y Wulff R.D. 1987. Maternal effects in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**:209-235.
- Silvertown J.W. 1984. Phenotypic variety in seed germination behavior: the ontogeny and evolution of somatic polyorphism in seeds. *The American Naturalist* **124** (1):1-16.
- Standley P.C. y Steyermark J.A. 1949. Flora of Guatemala. **24**. Part IV. Chicago Natural History Museum, 408-410.
- Thompson P.A. 1970. Characterization of the germination response to temperature of species and ecotypes. *Nature* **225**:827-831.
- Thompson P.A. 1973. Geographical adaptation of seeds. En: Heydecker W. Ed. *Seed Ecology* Butterworths. London, 31-58.
- Thompson P.A. 1975. Characterization of the germination responses of *Silene dioica* (L.) Clairv., Populations from Europe. *Annals of Botany* **39**:1-19.
- Thompson K., Grime J.P. y Mason G. 1977. Seed germination in response to diurnal fluctuations of temperature. *Nature* **267**:147-149.
- Thompson K. y Grime J.P. 1983. A comparative study of germination responses to diurnally fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology* **20**:141-156.
- Toledo V.M. 1975. *Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui (Sterculiaceae): una especie polinizada por aves percheras. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **35**:59-67.
- Van Rooden J., Akkermans L.M.A. y Van Der Veen R. 1970. A study on photoblastism in seeds of some tropical weeds. *Acta Botánica Neerlandica* **19**(2):257-264.
- Vázquez-Yanes C. 1987. Los bancos de almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. *Ciencia* **38**:239-246.
- Vázquez-Yanes C., Orozco-Segovia A., Rincón M.E., Sánchez-Coronado M.E., Huante P., Toledo R.I. y Barradas L.V. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. *Ecology* **71** (5):1952-1958.
- Vázquez-Yanes C. y Orozco-Segovia A. 1992. Effects of litter from a tropical rainforest on tree seed germination and establishment under controlled conditions. *Tree Physiology* **11**:391-400.
- Vázquez-Yanes C. y Cervantes V. 1993. Estrategias para la reforestación con árboles nativos de México. *Ciencia y Desarrollo* **19**(113):52-58.
- Villiers T.A. 1972. Seed dormancy. En: Kozlowski T.T. Ed. *Seed Biology*. Vol-II. Academic Press. USA. 447p.
- Wulff R.D. 1995. Environmental maternal effect on seed quality and germination. En: Kigel J. y Galili G. Eds. *Seed development and germination*. Marcel Bekker Inc. New York, 491-505.