

ESCARIFICACIÓN ARTIFICIAL Y NATURAL DE LA SEMILLA DE *Lupinus bilineatus* Benth.

J. M.-Martínez; D. A. Rodríguez-Trejo;
E. Guizar-Nolazco; R. Bonilla-Beas

División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo,
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.
Correo-e: dantearturo@yahoo.com.

RESUMEN

Las especies de *Lupinus* colonizan áreas incendiadas y fijan N. En otros países las especies de este género se emplean en plantaciones forestales y sistemas agroforestales. Sus semillas presentan latencia física. En el presente estudio se realizó el análisis de semillas y se evaluó la germinación de *Lupinus bilineatus* Benth. considerando los siguientes factores y niveles: escarificación (natural: fuego, humo; artificial: inmersión en ácido sulfúrico durante 10, 20, 30 y 40 min y control), régimen de temperatura día/noche en cámaras de ambiente controlado (15/10, 20/15, 25/20, 30/25 °C) y luz (con y sin). El diseño experimental fue en bloques al azar, con los bloques anidados dentro del factor temperatura. Se realizó un análisis de varianza mixto (con el procedimiento mixto de SAS) y la prueba de Tukey. La pureza fue 97.1 %, el peso 66,666.7 semillas-kg⁻¹, el contenido de humedad (base anhidra) 7.1 % y la viabilidad 98 % (prueba de tetrazolio). Para la germinación, resultó significativa ($P=0.0101$) la interacción entre tratamiento escarificadorio, temperatura y luz. La máxima germinación (82.5 %) se registró para semilla escarificada químicamente durante 30 o 40 min, a 25/20 °C y con luz. A mayor tiempo de escarificación química, mayor porcentaje de germinación. A 20/15 °C y con luz, la germinación posterior a la escarificación con fuego (38.5 %) superó al control (18.5 %). Generalmente el control mostró valores de germinación menores a 30 % en los diferentes tratamientos, denotando latencia física con diferentes intensidades en el lote. Destaca la eficiencia de la escarificación química para cesar la latencia.

PALABRAS CLAVE: latencia física, escarificación química, germinación, fuego.

NATURAL AND ARTIFICIAL SCARIFICATION OF *Lupinus bilineatus* Benth. Seeds

SUMMARY

The species of *Lupinus* colonize burned areas and fix N. In other countries, the species of this genus are utilized in forest plantation and agroforestry systems. Their seeds exhibit physical dormancy. In the present study was conducted the seed testing and was studied the germination of *Lupinus bilineatus* Benth., considering the following factors and levels: scarification (natural: fire, smoke; artificial: immersion in sulfuric acid during 10, 20, 30 and 40 minutes), day/night temperature regime in controlled environment chamber (15/10, 20/15, 25/20, 30/25 °C) and light (with and without light). The experimental design was in random blocks, with the blocks nested into the temperature factor. Was conducted a mixed variance analysis (with the Mixed procedure of SAS) and the Tukey test. The purity was 97.1 %, the weight 66,666.7 seeds-kg⁻¹, the humidity content (dry weight basis) 7.1 %, and the viability 98 % (tetrazolium test). For the germination was significant ($P=0.0101$) the interaction among scarification treatment, temperature and light. The maximum germination (82.5 %) was recorded for the seed scarified chemically during 30 or 40 minutes, at 25/20 °C with light. The higher the chemical scarification time the higher the germination. At 20/15 °C with light, the germination after fire scarification (38.5%) was higher than the one for the control (18.5 %). Generally the control showed germinations lower than 30 % in the different treatments, showing different levels of physical dormancy in the studied seed, and the relevance of fire to reduce such dormancy. It was relevant the utility of chemical scarification to stop the dormancy.

KEY WORDS: physical dormancy, chemical scarification, germination, fire.

INTRODUCCIÓN

Se conocen más de 1,500 especies de *Lupinus*, cuya morfología y composición química varían según las condiciones del ambiente en que habitan (Perdomo, 1996). El género está dividido en dos grandes regiones genéticas: Una corresponde a gran parte de América, con la mayoría de las especies, y la otra a Europa y a la mitad del Norte de África, con una decena de especies silvestres y algunas cultivadas (Gross, 1982).

En México, *Lupinus bilineatus* se distribuye en los estados de Durango, Aguascalientes, Morelos, Jalisco, Michoacán y Estado de México (Bello 1993, Duna, 2001, González *et al.*, 1991). Es común encontrar *Lupinus* sobre localidades con pinos y zacatonales previamente incendiados en zonas templado-frías.

El género ha sido cultivado en el mundo como legumbre para grano desde hace más de tres mil años, por la capacidad de estas plantas para crecer en suelos pobres y apenas cultivados, junto con su utilidad para mejorar el suelo y el alto contenido de proteína y aceite en sus semillas (Perdomo, 1996). *Lupinus bilineatus* Benth., tiene uso ceremonial, religioso, decorativo, forrajero y en el mejoramiento de suelos (Bello, 1993).

En Nueva Zelanda y en Sudamérica, el género se ha empleado como fijador de nitrógeno (N), en la fertilización de plantaciones forestales (Shepherd, 1986), así como en la producción melífera (Acosta y Rodríguez, 2005). Debido a su rápido crecimiento, sirve de protección a los árboles pequeños ante la acción del viento y animales; durante los dos primeros años las superficies aprovechadas forestalmente pueden ser usadas agrícolamente por este género, mejorando su rentabilidad (Gross, 1982). Asimismo, *Pinus hartwegii* plantados con *Lupinus montanus* como nodrizas, exhibieron elevados niveles de P y K a un año de su plantación, en comparación con los árboles que no tuvieron nodrizas. (Ramírez, 2005).

No obstante su diversidad y utilidad, este género ha sido poco estudiado en el país, y acorde con Baskin y Baskin (1998), típicamente las semillas de sus especies presentan latencia física, por lo que es necesario conocer cómo cesarla a efecto de producir estas especies en vivero.

Por otra parte, diferentes mecanismos de latencia en las plantas, previenen que las semillas germinen durante estaciones desfavorables, permiten su sobrevivencia durante largos periodos, en espera de condiciones más favorables y facilitan que las simientes toleren determinadas perturbaciones, como el fuego (Baskin y Baskin, 1998). El estudio de los factores naturales que ayudan a finalizar los diferentes tipos de latencia, contribuye a un mejor conocimiento de la ecología de las especies que las presentan.

Con base en lo anterior, los objetivos del presente estudio son: realizar el análisis de la semilla de *Lupinus bilineatus* Benth., detectar la presencia de latencia y de qué tipo, así como estudiar el efecto de los factores naturales (fuego, humo) y artificiales (ácido sulfúrico) de escarificación, para el manejo en vivero o siembra directa de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de la semilla

La procedencia de las semillas corresponde a una parcela agrícola abandonada en el libramiento de la carretera México-Cuautla, a 1.5 km al NO de la población de Amecameca, Estado de México. Las coordenadas geográficas fueron 19° 08' N y 98°46' O, a 2,470 m. La recolecta se llevó a cabo el 27 de abril del año 2002.

Análisis de semilla

En este proceso se siguieron las normas de ISTA, citadas por Bonner (1974). La descripción de la semilla se realizó siguiendo la terminología referida por Niembro (1988) y utilizando muestras de 100 unidades para determinar el tamaño de la semilla.

La pureza se calculó con el modelo (1):

$$P=(PS/PT) (100) \quad (1)$$

donde P = Pureza, PS = peso de la semilla limpia y PT = peso de la semilla sin limpiar.

El peso fue determinado con ocho muestras de 100 unidades cada una, seleccionadas al azar y expresando como número de semillas·kg⁻¹ y como el peso de 1 000 semillas. El contenido de humedad, base anhidra, se obtuvo con la ayuda de una estufa de secado a 85 °C, registrando diario hasta obtener peso constante (anhidro); se empleó la formula (2):

$$CH = (PF - PS / PS) (100) \quad (2)$$

donde CH = contenido de humedad, base anhidra, PF = peso fresco, PS = peso seco de la semilla.

La prueba de viabilidad se llevó a cabo con 100 semillas, mediante el procedimiento de flotación en agua durante 24 horas usando el modelo (3):

$$V = (SV/ T) (100) \quad (3)$$

donde V = Viabilidad, SV = Número de semilla viables y T = Número total de semillas. También se aplicó la prueba de teñido con sales de cloruro de 2-3-5, trifenil tetrazolio al 1

%, remojando 100 semillas (sin cubierta seminal) en dicha solución, en oscuridad (frasco cubierto con papel aluminio) y a 30 °C en cámara de ambiente controlado durante 24 horas.

Experimento de germinación

Este estudio se llevó a cabo en cámaras de ambiente controlado marca Conviron, registrando la germinación diariamente, considerando germinadas las semillas cuando la radícula alcanzó un tamaño igual a la longitud de la misma semilla, descontando los casos en que hubo plántulas con defectos.

Se usaron 20 semillas por cada unidad experimental, con cuatro repeticiones para cada combinación de niveles de los factores. Se sembraron en cajas de Petri, utilizando como sustrato agrolita. El riego se realizó a capacidad de sustrato con agua destilada y solución de Captán al 3 %.

Fueron estudiados los factores temperatura, luz y tratamiento escarificadorio. Se consideraron cuatro niveles para el régimen de temperatura día y noche (15/10, 20/15, 25/20 y 30/25 °C), dos niveles de luz (fluorescente e incandescente plenas, equivalentes a 66 $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, con un fotoperiodo de 12 horas (con luz y sin luz utilizando para el segundo caso papel aluminio).

Como tratamiento escarificadorio artificial, se aplicó la escarificación química con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98 % a las semillas (10, 20, 30 y 40 minutos de inmersión). En el caso de tratamientos escarificadorios naturales, se aplicó fuego a las semillas utilizando como combustible pasto del género *Festuca*, con una carga equivalente a 10 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, correspondientes a cargas naturales. Muestras del humo resultante de la combustión se capturaron botellas, sometiendo las semillas a exposición al mismo durante 20 minutos. El total de niveles para la escarificación artificial o natural fue seis. También se contó con controles (para cada temperatura) a los que no se les aplicó escarificación alguna.

La energía germinativa correspondió al número de días requeridos para alcanzar el 75 % de la germinación final.

Modelo estadístico

El siguiente modelo fue empleado:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i(\beta_j) + \alpha_i + \gamma_k + \delta_l + (\alpha\gamma)_{ik} + (\alpha\delta)_{il} + (\alpha\gamma\delta)_{ikl} + \varepsilon_{ijkl} \quad (4)$$

donde: μ = media general, $\alpha_i(\beta_j)$ = efecto del j-ésimo bloque anidado dentro del i-ésimo nivel del factor temperatura, α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor temperatura, γ_k = efecto del k-ésimo nivel del factor luz, δ_l = efecto del l-ésimo nivel del factor tratamiento escarificadorio, $(\alpha\gamma)_{ik}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor temperatura y el

k-ésimo nivel del factor luz, $(\alpha\delta)_{il}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor temperatura y el l-ésimo nivel del factor tratamiento escarificadorio, $(\gamma\delta)_{kl}$ = efecto de la interacción entre el k-ésimo nivel del factor luz y el l-ésimo nivel del factor tratamiento escarificadorio, $(\alpha\gamma\delta)_{ikl}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de temperatura, el k-ésimo nivel del factor luz, y el l-ésimo nivel del factor tratamiento escarificadorio, ε_{ijkl} = efecto del error experimental.

Fueron considerados con efectos fijos los factores temperatura, luz y tratamiento pregerminativo, así como a sus interacciones. Se consideraron con efectos aleatorios a los bloques.

Se utilizó el procedimiento mixto (Proc Mixed) del programa SAS (v. 6.12) para microcomputadoras, para realizar el análisis de varianza. A efecto de comparar las medias se utilizó la prueba de Tukey.

RESULTADOS

Descripción de la semilla

Las semillas presentan forma obovoide. Su longitud es de 2.7 a 4.7 mm ($\bar{x} = 3.82$ mm), su ancho es de 2.06 a 3.36 mm ($\bar{x} = 2.73$ mm) y su grosor de 1.54 a 2.57 mm ($\bar{x} = 2.13$ mm). La testa es de superficie lisa, de consistencia coriácea y de color castaño en la escala de gris, de cerca se aprecian manchas irregulares de color café. Cuenta con hilo que presenta una estructura puntiforme con una hendidura hilar, un micrópilo conspicuo de color diferente al de la cubierta seminal y muy próximo al hilo. Presenta dos cotiledones oblongos de iguales tamaños y de color amarillo. El endospermo es escaso. La radícula presenta curvatura.

Análisis de semillas

Se halló una pureza igual a 97.8 %, 66,666.7 semillas- kg^{-1} (1,000 semillas pesan 15.0 g), con un contenido de humedad base anhidra de 7.1 %, una viabilidad de 100 % determinada con la prueba de flotación y de 98 % con la prueba de tetrazolio.

Germinación

Resultó significativa la interacción de temperatura, luz y tratamiento escarificadorio en el análisis estadístico (Cuadro 1). En las Figuras 1 y 2 puede apreciarse que el tratamiento escarificadorio artificial (químico), resultó más eficiente que los agentes de escarificación natural (humo y fuego), con excepción de algunos tratamientos consistentes en una breve exposición al ácido sulfúrico, como el caso del régimen de temperatura 20/15, con luz, donde no se hallaron diferencias significativas entre la escarificación con fuego y la escarificación química durante diez minutos.

CUADRO 1. Significancia de factores individuales y sus interacciones en la germinación de *Lupinus bilineatus*.

Efecto	p
Temperatura	0.0002
Luz	0.3536
Tratamiento	0.0001
Luz y tratamiento	0.5535
Tratamiento escarificadorio y temperatura	0.0003
Tratamiento escarificadorio y luz	0.1654
Tratamiento escarificadorio , luz y temperatura	0.0104

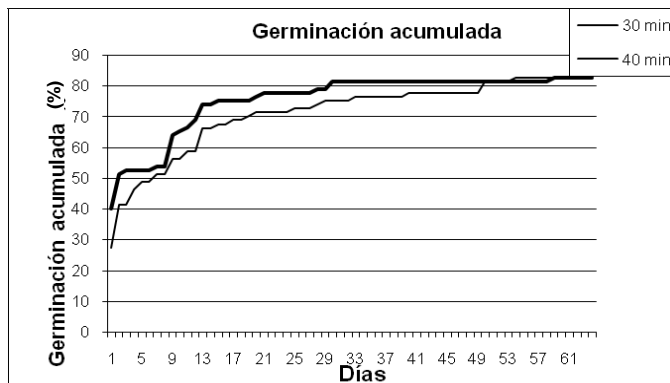


FIGURA 3. Germinación acumulada de *Lupinus bilineatus* para los dos mejores tratamientos, con presencia de luz en ambas.

En casi todas las condiciones de régimen día/noche y tratamiento con luz, y sus combinaciones, se encontró que a mayor tiempo de inmersión en ácido, se presentó una mayor germinación como respuesta. La mayor germinación registrada fue igual a 82.5 %, correspondiente al régimen día/noche 25/20, con luz, con escarificación química durante 30, y también durante 40 minutos (Figura 3).

En condiciones de presencia de luz, las más altas germinaciones para los tratamientos con escarificación química durante 20 minutos en adelante se registraron durante el régimen día/noche 25/20. En ausencia de luz, el mayor valor registrado para los tratamientos artificiales, fue 78.8 %, correspondiendo al régimen 30/25 y a la escarificación durante 40 minutos, le sigue con 77.5 % de germinación, el régimen 15/10 con 30 minutos de inmersión.

En el presente estudio, las mayores diferencias entre los tratamientos escaricatorios se observaron al comparar condiciones con luz y sin luz, en el régimen de temperatura 25/20. En los demás regímenes día/noche se apreciaron menores diferencias.

Con relación a los tratamientos escaricatorios naturales, fuego y humo, en comparación con el control, el humo no favoreció la germinación en ningún régimen de temperatura, con luz o sin luz.

El fuego favoreció la germinación en comparación con el testigo, en el régimen de temperatura 20/15, con luz. Cabe señalar que en la temperatura más baja, 15/10, el control tuvo mayor germinación que en la semilla tratada con fuego. No hubo diferencia en las demás temperaturas, con luz. En el caso del régimen 20/15, con luz, la germinación para las semillas escarificadas con fuego fue igual a 39 %, mientras que para el control en las mismas condiciones de temperatura y luz, fue de 18 %. Ambos valores son bajos, pero con diferencias estadísticas significativas entre sí.

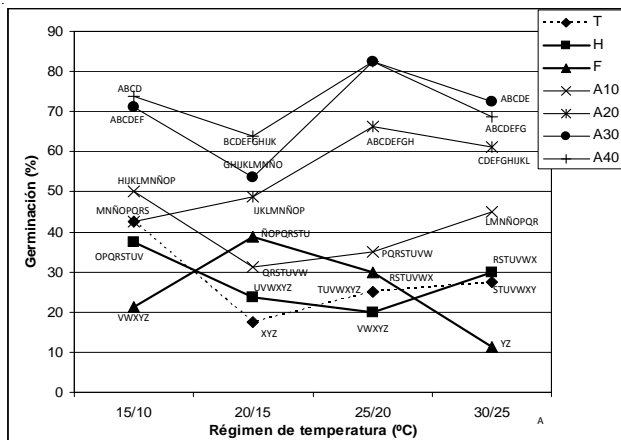


FIGURA 1. Germinación de la semilla de *Lupinus bilineatus* a diferentes regímenes de temperatura, niveles de tratamiento y con luz. Los puntos que presentan la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí. La simbología se refiere a los diferentes tratamientos de escarificación: T = testigo, H = humo, F = fuego, A10 = ácido sulfúrico durante 10 minutos, A20 = ácido sulfúrico durante 20 minutos, A30 = ácido sulfúrico durante 30 minutos, A40 = ácido sulfúrico durante 40 minutos.

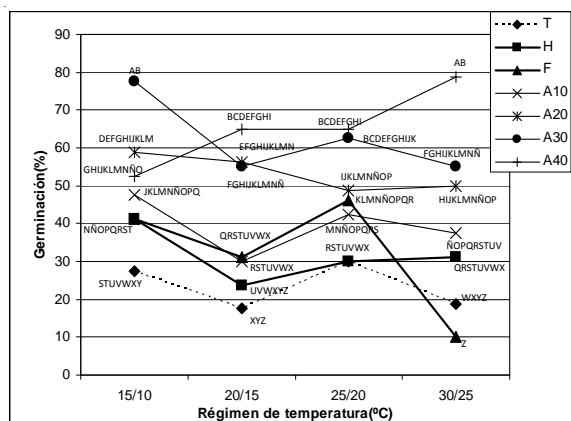


FIGURA 2. Germinación de la semilla de *Lupinus bilineatus* a diferentes regímenes de temperatura, niveles de tratamiento y sin luz. Los puntos que presentan la misma letra no tienen diferencias significativas. La simbología se refiere a los diferentes tratamientos de escarificación: T = testigo, H = humo, F = fuego, A10 = ácido sulfúrico durante 10 minutos, A20 = ácido sulfúrico durante 20 minutos, A30 = ácido sulfúrico durante 30 minutos, A40 = ácido sulfúrico durante 40 minutos.

En presencia de luz, los tratamientos escarificatorios: humo (H) y ácido durante 10 minutos, presentan tendencias similares al control (Figura 1), no existiendo diferencias significativas entre ellos (bajo los mismos regímenes de temperatura). Se observó una tendencia en la cual la respuesta para el tratamiento fuego bajo las mismas condiciones de luz, fue inversa al control, es decir, donde se observa germinación baja para este último, el tratamiento fuego arroja mayor germinación, y viceversa.

En condiciones de oscuridad, la escarificación con fuego que alcanzó el mayor valor de germinación fue el régimen 25/20, con 46 %, en comparación con 30 % para el control en las mismas condiciones, pero sin diferencias significativas. En condiciones de oscuridad, se alcanzaron mayores germinaciones, tanto en las semillas escarificadas con fuego, como en las semillas control.

Los efectos de la escarificación en la germinación, tanto con ácido como con fuego, permiten comprobar que las semillas de *Lupinus bilineatus* presentan latencia física, aunque con diferente intensidad, dadas las variaciones de germinación en los controles a distintas temperaturas.

Energía germinativa

De acuerdo con el análisis estadístico realizado, resultaron significativos los factores temperatura, tratamiento escarificatorio y la interacción entre estos dos factores en la energía germinativa (Cuadro 2); el factor luz y sus interacciones no fueron significativos.

Lo anterior no corresponde a las mismas condiciones para los valores de germinación, cabe señalar que la energía germinativa para las mejores condiciones de germinación (régimen 25/20, ácido con 40 min, y con luz), fue de 9.1 días. Es importante considerar estas dos condiciones (porcentaje de germinación y energía germinativa) para el manejo de cualquier especie, y adaptarlos de acuerdo a los objetivos que se tengan.

CUADRO 2. Nivel de significancia de factores e interacciones para energía germinativa.

Factor o interacción	p
Temperatura	0.0001
Luz	0.4298
Tratamiento escarificatorio	0.0001
Luz y temperatura	0.1130
Tratamiento y temperatura	0.0004
Tratamiento y luz	0.7836
Tratamiento, luz y temperatura	0.8603

DISCUSIÓN

Acosta y Rodríguez (2005), hallaron una interacción significativa entre regímenes de temperatura, tratamientos con luz y tratamiento escarificatorio químico en *Lupinus montanus*, obteniendo una germinación de 100 %, en el régimen 20/15, con escarificación con ácido sulfúrico durante 35 minutos, y con luz. Cabe señalar que dichos autores refieren el 98 % de germinación en el mismo régimen y tratamiento escarificatorio, pero sin luz. Similarmente Fariñas et al. (1997), estudiaron tres especies de *Centrosema*: *C. brasilianum* (L.) Benth., *C. macrocarpum* Benth., y un híbrido de *C. macrocarpum* x *C. pubescens*; y encontraron que los mayores porcentajes promedio de germinación (95.7 %) para *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* se presentaron en las semillas escarificadas con ácido sulfúrico durante 10 minutos, obteniendo para el control 9.7 % de germinación.

Los resultados de Acosta y Rodríguez (2005) en *Lupinus montanus*, son semejantes para la mayor germinación en condiciones de luz (presencia de la misma) y tratamiento escarificatorio químico (35 minutos de inmersión, en el presente trabajo se usaron 30 minutos). Sin embargo, la máxima germinación se encontró con 20 °C de día y 15 °C de noche, sin diferencias con el régimen 15/10 °C para *Lupinus montanus*, en tanto que para *Lupinus bilineatus*, en el presente estudio, además de incluir el régimen 20/15, aquella también se encontraron el régimen día/noche 25/20, sin diferencias con el régimen 15/10 °C, mostrando capacidad de elevada germinación a mayores temperaturas que *Lupinus montanus*.

Lo anterior evidencia que *Lupinus bilineatus* puede alcanzar altos porcentajes de germinación también con condiciones menos frías que *Lupinus montanus*, lo cual se corrobora porque la localidad donde fue recolectada la semilla de *Lupinus montanus* es más fría, enclavada a 3,400 m. en el Ajusco, D. F., en tanto que el área de recolecta para *Lupinus bilineatus* del presente trabajo, se halla a 2,470 m. La importancia de considerar estos datos, garantiza mejores resultados en el manejo de estas especies. Aunque los métodos de escarificación se apliquen adecuadamente, si no se elige la especie o la procedencia adecuadas para cada lugar, los resultados pueden variar.

Aunque en este trabajo no hubo respuesta al humo, hay especies en las que los óxidos de nitrógeno contenidos en el humo actúan sobre la cubierta seminal, favoreciendo la germinación, como ocurre con la planta anual del matorral californiano *Emmenanthe penduliflora* y algunos arbustos, según señalan Keeley y Fotheringham (1997, 1998).

La diferencia de germinación entre semillas tratadas con fuego a 20/15 °C y su control es pequeña pero significativa; en el escenario natural tal diferencia representa una ventaja. Desde luego el fuego no es el único agente natural de escarificación en el ambiente natural de la especie en estudio. Acorde con Baskin y Baskin (1998), el paso por el tracto

digestivo de animales silvestres implica contacto de las semillas con jugos gástricos, que contienen ácido clorhídrico. Otros agentes de escarificación natural potenciales son el intemperismo y la acción microbiana sobre la testa.

El fuego puede estimular la germinación de semillas de distintas especies en diferentes formas: creando un ambiente donde penetra mayor radiación, libre de barreras físicas, donde se tiene mejores condiciones para la germinación, produciendo lixiviados de materiales chamuscados (Miller, 2000), pero probablemente el calor generado por el fuego es el mecanismo más común por el que muchas especies (con latencia física) ven estimulada su germinación (Whelan, 1997). Tal es el caso de muchas especies de familias como Leguminosae, Cannaceae, Malvaceae, Convolvulaceae, Sterculiaceae, y Anacardiaceae (Mirov, 1936; Bewley y Black, 1982; citados por Baskin y Baskin 1998).

En el Cuadro 3, se presenta la oscilación de temperaturas anualmente, en algunas zonas de distribución de *Lupinus bilineatus*; infiriendo una media aproximada de estos datos, se aprecia que estas zonas no superan los 30 °C como temperatura media anual; por lo tanto, la suma del calor del fuego con un alto régimen de temperatura (mayor o igual a 30/25 °C), puede producir un descenso considerable en el porcentaje de germinación, inclusive la temperatura es un factor que limita la distribución de cualquier especie. Esto indica un cierto límite de tolerancia al factor temperatura para su germinación. Por ejemplo, en semillas de *Lupinus varius* se requiere una temperatura máxima de 60 °C para permeabilizar su testa (Quinlivan, 1968; citado por Baskin y Baskin, 1998).

Por otro lado, en bajos regímenes de temperatura (menor o igual a 15/10 °C), es importante considerar otras intensidades y tiempo de exposición al fuego, no olvidando que esta especie es menos tolerante a temperaturas muy bajas, como a las que *Lupinus montanus* sí germina bien (Acosta y Rodríguez, 2005).

El control, en todas las condiciones de temperatura y luz, mostró valores sin diferencias significativas, a excepción del régimen 15/10, la condición más fría, donde en presencia de luz germinó mejor (42 %) que a las demás temperaturas. En bajas temperaturas, aparentemente la germinación se ve beneficiada por la luz. Es importante destacar que aunque diversos porcentajes de semillas germinaron, existe latencia física en la especie, pero algunas semillas la presentan y otras no, dentro del mismo lote. Lo anterior ha sido referido por Christensen y Muller (1975), para *Adenostoma fasciculatum* y *Ceanothus crassifolius* en los Estados Unidos, especies que producen una proporción de semillas dormantes y una proporción no dormante. En la naturaleza, estos son mecanismos de control de la germinación que existe como una adaptación para la supervivencia de las especies ante variadas condiciones ambientales (Hartman y Kester, 1988; Willan, 1991).

CUADRO 3. Temperatura media anual o intervalo de temperaturas en zonas de distribución de *Lupinus bilineatus*.

Localidad	Temperatura (°C)
Amecameca, Edo. Méx.	14.1
Pátzcuaro, Mich.	9.2 a 23.2
Uruapan, Mich.	18.8 a 23.4
Morelia, Mich.	14 a 18
Anganguao, Mich.	6.3 a 24.3
Zinapécuaro, Mich.	3 a 34
Cherán, Mich	4.1 a 25.1
Zamora, Mich.	1.2 a 39.2
Durango, Dgo.	16

Otro ejemplo de especies que presentan este mecanismo de control de la germinación es el de *Chamaecrista chamaescritoides*, un arbusto endémico de las dunas costeras de México. La mayor parte de la población de las semillas de esta leguminosa (80 %) tiene una testa impermeable que requiere escarificarse para que las semillas se puedan hidratar y germinar. El 20 % restante tiene una testa permeable, por lo que las semillas se pueden embeber de agua y germinar inmediatamente (Moreno, 1996).

CONCLUSIONES

Se comprobó la existencia de latencia física en las semillas de la especie estudiada, si bien la intensidad de la misma fue variable en el mismo lote. Por lo anterior, es necesario someterlas a tratamientos escarificatorios para estimular su germinación.

La interacción de los tratamientos de escarificación con temperatura y luz afectaron la germinación de *Lupinus bilineatus*.

El mejor tratamiento para obtener la mayor germinación de *Lupinus bilineatus*, fue la inmersión de las semillas en H₂SO₄ (ácido sulfúrico) por 30 o 40 minutos, con un régimen de temperatura día/noche 25/20, con luz, alcanzando el 82.5 %.

En la interacción de los factores naturales de escarificación, luz y temperatura, el fuego presentó diferencias significativas con respecto al control en el régimen de temperatura 20/15, con luz, favoreciendo una mayor germinación.

Las mejores condiciones de energía germinativa se presentaron en el régimen 20/15, con 20 y 30 minutos de inmersión en ausencia de luz para ambas (1.5 y 1.7 días respectivamente), aunque no corresponden con las germinaciones máximas obtenidas en el presente estudio.

Finalmente, es recomendable realizar más estudios de escarificación con fuego, con mayor control de su intensidad y tiempo de exposición, para comprender mejor sus efectos en las semillas de la especie estudiada.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT (Proyecto de instalación I35626-B, del cual este trabajo forma parte) y a la Universidad Autónoma Chapingo.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA P., J.; RODRÍGUEZ T., D. A. 2005. Ecología de la semilla de *Lupinus montanus* H. B. K. Factors affecting germination and pregerminative treatments of *Lupinus montanus* seeds. *Interciencia* 30(9): 576-579.
- BASKIN C., C.; BASKIN, J. M. 1998. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press. San Diego, U.S.A. 666 p.
- BELLO G., M. A. 1993. Plantas útiles no maderables de la Sierra Purépecha, Michoacán, México. *Bol. Téc. Inst. Nal. Invest. For.* 10. México, D. F. 115 p.
- BONNER, F. T. 1974. Seed testing. pp. 136-152. *In: Seeds of woody plants in the United State*. Schopmeyer C. S. (Tech coord). Agriculture Handbook Núm. 450. USDA Forest Service. Washington, D. C.
- CHRISTENSEN, N. L.; MULLER, C. H. 1975. Relative importance of factors controlling germination and seedling survival in *Adenostoma* chaparral. *American Midland Naturalist* 93(1): 71-81.
- DUNN, D. B. 2001. *Lupinus* L. pp. 290-300. *In: Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª ed. RZEDOWSKI, G. C.; J. RZEDOWSKI (Coords.). Instituto de Ecología y CONABIO. Pátzcuaro, Mich.
- GROSS, R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Serie: Producción y protección vegetal 36. FAO. Roma. 236 p.
- FARIÑAS M., J.; SANABRIA V. D.; SILVA, A. R. 1997. Escarificación química de tres especies de *Centrosema* para sabanas bien drenadas. <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/ztl502/texto/escarificación.htm>.
- GONZÁLEZ E., M.; GONZÁLEZ E., S.; HERRERA A., Y. 1991. Listados florísticos de México. IX. Flora de Durango. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 167 p.
- HARTMANN, H.; KESTER, D. 1988. Propagación de Plantas. C.E.C.S.A., México, D. F. 760 p.
- KEELEY, J. E.; FOTHERINGHAM, C. J. 1997. Trace gas and smoke-induced seed germination. *Science* 276: 1248-1259.
- KEELEY, J. E.; FOTHERINGHAM, C. J. 1998. Mechanism of smoke-induced seed germination in a post-fire chaparral annual. *Journal of Ecology* 86: 27-36.
- MILLER, M. 2000. Fire autoecology. *In: Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on flora*. pp. 9-51. BROWN, J. K.; SMITH, J. K. (eds.). Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.2. Ogden, UT. USDA, Forest Service. Rocky Mountain Research Station.
- MORENO, C. P. 1996. Historia Natural de las semillas. <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3146/htm/sec.3.htm>
- NIEMBRO R., A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Limusa. México, D. F. 285 p.
- PERDOMO M., A. C. 1996. El papel de los Chochos (*Lupinus* spp.) en el agrosistema ganadero de los Rodeos (Tenerife-Islands Canarias). <http://www.agroecologia.net/./congresos/pamplona/45.pdf>
- SHEPHERD, K. R. 1986. Plantation silviculture. Martinus Nijhoff Pub. Dordrecht. 322 p.
- WHELAN, R. J. 1997. The ecology of fire. Cambridge University Press. Cambridge. 2 346 p.
- WILLAN, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO Montes 20/2. Roma. 502 p.