

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2008

GERMINACIÓN Y VIGOR DE SEMILLAS EN *Pseudotsuga menziesii* DE MÉXICO

Manuel Mápula Larreta, Javier López Upton, J. Jesús Vargas Hernández y Adrián Hernández
Livera

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol.4, Número 1
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 119-134

GERMINACIÓN Y VIGOR DE SEMILLAS EN *Pseudotsuga menziesii* DE MÉXICO

GERMINATION AND VIGOUR OF SEEDS IN *Pseudotsuga menziesii* OF MEXICO

Manuel Mápula – Larreta¹, Javier López –Upton¹, J. Jesús Vargas – Hernández¹ y Adrián Hernández – Livera²

¹Postgrado Forestal, IRENAT Colegio de Postgraduados, 56230, Montecillo, Estado de México. Correos electrónicos: vargashj@colpos.mx; uptonj@colpos.mx. ²Postgrado de Semillas, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, km. 36.5 Carr Méx.-Texcoco. 56230.

RESUMEN

Se evaluaron algunos parámetros para determinar la calidad de semilla de poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga menziesii*. También se evaluó el efecto de la imbibición en H₂O₂ a 1% y de diferentes periodos de estratificación de la semilla a 0-2°C para promover la germinación. Se encontró amplia variación en la viabilidad de la semilla con valores de 2 a 87 % y en el porcentaje de embriones inmaduros, especialmente en poblaciones del centro del país, lo que probablemente se deba a niveles altos de autofecundación, cruzamiento de individuos relacionados genéticamente, o el secado de conos en condiciones no propicias. El embrión ocupa más de 90% de la cavidad embrionaria entre 12 y 94 % de las semillas en los lotes evaluados. La semilla requiere de un periodo de imbibición de 17 horas con semillas cuyo porcentaje de humedad es de 8.4 %, este último valor es el recomendado para almacenar la semilla de esta especie. La imbibición en H₂O₂ a 1% ayudó a lotes con buena viabilidad, pero sus valores mejoran si se estratifica la semilla en frío durante 31 días. Se requiere mayor investigación sobre el periodo de estratificación.

Palabras clave: *Pseudotsuga*, semillas, contenido de humedad, imbibición, viabilidad, latencia, estratificación.

SUMMARY

Were evaluated some seed quality parameters of Mexican populations of *Pseudotsuga menziesii*. Also the effect of 1% H₂O₂ imbibition and different periods of seed stratification at 0-2°C to promote germination were evaluated. Huge variability in seed viability was found with values of 2 to 87% and in the percentage of immature embryos, particularly in the populations of central Mexico, which probably is due to a high level of self pollination, crosses with genetically related individuals, or drying cones in improper conditions. Seventeen hours was determined as the minimum period for imbibitions when seed moisture was of 8.4%, last value is inside the value recommended for long term storage for the species. Imbibition in H₂O₂ at 1% improved seed lots with good viability, but germination increase if cold stratification is used for 31 days. Further studies on seed stratification of *Pseudotsuga* are needed.

Key words: *Pseudotsuga*, seeds, moisture content, imbibition, viability, pregermination treatment, germination.

INTRODUCCIÓN

En México *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco se localiza esporádicamente en las sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur y en el este del Eje Volcánico Transversal (Debreczy y Rácz, 1995). La mayoría de las poblaciones se encuentran fragmentadas y aisladas entre sí, por lo que están sujetas a protección especial bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 (Diario Oficial de la Federación, 1994). Recientemente se determinó que la única especie del género *Pseudotsuga* que crece naturalmente en México es *P. menziesii* (Reyes *et al.*, 2006).

Las poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* son relictos que durante las glaciaciones emigraron hacia el sur y posteriormente se contrajeron hacia el Norte, debido a los cambios de temperatura (Hermann, 1985). El calentamiento global ocasionará una migración al Norte; sin embargo, la velocidad del cambio climático será probablemente rápida, por lo que la presión sobre las poblaciones sureñas de *Pseudotsuga* será alta, provocando la desaparición de algunas de ellas. La permanencia de las poblaciones depende de la capacidad de repoblación y de adaptación a las nuevas condiciones ambientales; para ello se requiere que las poblaciones tengan suficiente producción de semilla con la capacidad de germinar, que presente variación genética y sin depresión endogámica.

La autopolinización en las especies alógamas genera homocigosis de genes recesivos, lo que provoca semillas vanas o embriones mal formados, albinismo y depresión en el crecimiento de las plántulas (Sorensen y Cress, 1994; Mosseler *et al.*, 2000). Yáñez (1991) encontró un elevado porcentaje de óvulos abortivos y semillas vanas en una población de *P. menziesii* en el estado de Hidalgo. Mápula *et al.*, (2007) confirmaron esta situación en nueve poblaciones mexicanas de la misma especie. Juárez *et al.*, (2006) informan una baja germinación en algunos lotes de semilla y mortandad en plántulas de algunas de sus poblaciones.

La producción de semilla llena de *Pseudotsuga* es sumamente escasa en todas las poblaciones estudiadas de México (Mápula *et al.*, 2007). La baja densidad de árboles adultos y aislados en algunas de las poblaciones hace suponer que el éxito reproductivo y la germinación de la semilla son relativamente bajos, como lo muestran los pocos estudios de producción y

germinación de semillas (Yáñez, 1991; Mápula *et al.*, 1996; Juárez *et al.*, 2006). En años con reducida producción de semilla es común que disminuya la viabilidad de ésta, porque el escaso número de individuos que participan en la reproducción favorece altos niveles de autopolinización (Hermann y Lavender, 1990).

Como tratamiento pregerminativo se recomienda embeber la semilla de *Pseudotsuga menziesii* (Bewley y Black, 1994); sin embargo, si el periodo de imbibición se prolonga demasiado se afecta la germinación. Así, se requiere establecer el tiempo óptimo de imbibición en cada tipo de semilla. Por otro lado, la latencia, la viabilidad y el tamaño del embrión influyen directamente en la germinación de la semilla (Ching y Ching, 1962; Bonner *et al.*, 1994; Kolotelo *et al.*, 2001). La latencia es común en las plantas de zonas templado-frías, en el caso de *Pseudotsuga menziesii* en Estados Unidos y Canadá la semilla requiere de seis o más semanas de estratificación a baja temperatura para obtener la máxima germinación (Edwards y El-Kassaby, 1995; Jarvis *et al.*, 1997). En esta especie también se recomiendan tratamientos pregerminativos como imbibición de la semilla en soluciones de H₂O₂ con diferente concentración (1-30%), durante periodos de algunos minutos hasta 48 h, antes o después de la estratificación, o la imbibición de la semilla durante 24 h en agua (Kolotelo *et al.*, 2001).

Salvo el trabajo de Mápula *et al.* (1996), donde obtuvieron escasa germinación usando semilla de una localidad de Hidalgo, no han habido pruebas adecuadas para la semilla de poblaciones en México, que muy probablemente pueden ser diferentes debido a las diferencias geográficas, ya que se han detectado variaciones en algunos parámetros de la germinación de semilla y otros relacionados con las plántulas, conos y hojas (Acevedo *et al.*, 2006; Juárez *et al.*, 2006).

El objetivo es determinar el contenido de humedad inicial, el tiempo apropiado de imbibición de las semillas en función del contenido de humedad inicial, la viabilidad y la capacidad germinativa en diferentes lotes de semilla de *Pseudotsuga menziesii* de México. Además, evaluar diferentes tratamientos pregerminativos con peróxido de hidrógeno y periodos de estratificación para promover y uniformizar la germinación en la semilla de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las pruebas a la semilla de *Pseudotsuga menziesii* se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Semillas del postgrado de Semillas del Colegio de Postgraduados. Debido a las limitaciones de semilla disponible de cada lote, en las pruebas se utilizaron muestras de menor tamaño que el especificado en las reglas de la Asociación Internacional de Prueba de Semillas (International Seed Testing Association, 1999). Los lotes utilizados fueron en disposición a las semillas, provenientes de poblaciones del norte y sur de México y con diferentes condiciones ecológica para fines de comparación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos de ubicación de las poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* utilizadas para determinar la viabilidad de la semilla.

Población	Latitud N	Longitud W	Elevación (msnm)
Jamé, Arteaga, Coah.	25° 20' 42''	100° 33' 58''	2550
Puerto Palomo, Galeana, N.L.	24° 56' 42''	100° 16' 11''	2645
El Carbonero, Huayacocotla, Ver.	20° 23' 24''	98° 28' 31''	2485
La Caldera, Ixtacamaxtitlán, Pue.	19° 30' 23''	97° 52' 11''	2950
Presa Jaramillo, Mineral El Chico, Hgo.	20° 10' 44''	98° 43' 56''	2850
San José Capulines, Mineral El Chico, Hgo.	19° 30' 23''	97° 52' 10''	2950

Datos obtenidos en el centro de la población con un geoposicionador Garmin IVS.

Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad se seleccionó un lote de la población de Puerto El Palomo, N.L. del cual se tiene suficiente semilla; con el auxilio de radiografías se determinó que la semilla estuviese completamente llena y bien desarrollada. Se emplearon tres muestras de 40 semillas en cajas de aluminio para determinar el contenido de humedad, obteniendo el peso seco de la semilla en una estufa de secado a una temperatura de 130 °C por una hora (ISTA, 1999). El peso de la semilla se determinó en una balanza analítica marca AND. El contenido de humedad (CH) con base en el peso seco de cada muestra se determinó con la siguiente fórmula:

$$((P_{\text{fresco}} - P_{\text{seco}}) / P_{\text{seco}}) * 100 \quad (1)$$

Imbibición de la semilla

Para determinar el tiempo apropiado de imbibición de la semilla en agua se obtuvo la curva de imbibición. Se tomaron tres muestras de 100 semillas del lote uno de la población Puerto El Palomo, N.L. (Cuadro 1), a las que se les determinó el peso inicial. Después, cada muestra se colocó en un vaso de precipitado con capacidad de 500 mL con 400 mL de agua destilada a una temperatura de 22-23 °C. El peso de la semilla se determinó al inicio y después de cada hora durante las primeras 18, y posteriormente cada dos horas hasta las 24; la medición final se efectuó a las 31 horas de iniciado el proceso. El peso se determinó con la balanza analítica. Durante el periodo de imbibición de la semilla, el agua se oxigenó con una bomba para acuario de dos salidas. Se determinó gráficamente el punto máximo de imbibición de la semilla.

Viabilidad de la semilla

Para esta prueba se seleccionaron poblaciones de *Pseudotsuga* que presentaran árboles con alta eficiencia en la producción de semilla llena y árboles con baja eficiencia de semilla (proporción de semillas llenas / potencial de semillas, Cuadro 1), y comparar si hay diferencias en viabilidad entre estos lotes.

De acuerdo con la disponibilidad de semilla, de cada lote se utilizaron muestras de 20 a 25 semillas con cuatro repeticiones. Para determinar la viabilidad se utilizó cloruro de tetrazolio a uno por ciento (10 g de 2,3,5, cloruro de trifenil tetrazolio por litro de agua destilada) (Bonner *et al.*, 1994). De acuerdo con la curva de imbibición elaborada previamente, la semilla se remojó durante 17 horas en agua destilada a temperatura ambiente y después se cortó longitudinalmente. En cada semilla se determinó el porcentaje de la cavidad embrionaria que ocupaba el embrión con ayuda de un microscopio. Se consideraron tres categorías: a) de 90 a 100% de la cavidad ocupada por el embrión; b) de 75 a 90% de la cavidad ocupada por el embrión; y c) menos de 75% (Kolotelo *et al.*, 2001). Después, el gametofito y el embrión se colocaron en la solución de cloruro de tetrazolio y se dejaron 24 horas a 25 °C en completa oscuridad. Se consideraron como semillas viables aquellas en las que se tiñeron todas las partes esenciales del embrión y el gametofito (Kolotelo *et al.*, 2001).

Tratamientos pregerminativos

Se realizaron ensayos previos para definir el tratamiento pregerminativo más apropiado. Los ensayos se realizaron con lotes de semilla de las poblaciones de Jamé, Puerto El Palomo y Presa Jaramillo. Como tratamientos pregerminativos se comparó: a) imbibición en H₂O₂ a 1% durante 24 horas; b) imbibición en H₂O₂ a 1% durante 24 horas, seguido de estratificación a 2 °C por una semana; c) imbibición en H₂O₂ a 1% durante 24 horas, seguido de estratificación a 2 °C por dos semanas; y d) imbibición en H₂O₂ a 1% durante 17 horas, seguido de 10 días de estratificación. Se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento, con 20 o 25 semillas cada una; los ensayos se establecieron en una cámara germinadora con fotoperiodos de 8 horas luz a 30 °C y 16 horas de oscuridad a 20 °C.

Después de los ensayos descritos con anterioridad, se realizó una prueba final de germinación con semilla de las poblaciones de Jamé y La Caldera. La semilla se estratificó durante 31 días, sin imbibición previa, para apresurar y homogeneizar la germinación. La estratificación consistió en mantener la semilla con humedad a una temperatura entre 0-2°C en cajas cubiertas con plástico adherible. En cada lote se utilizaron tres repeticiones de 50 semillas. Las muestras de 50 semillas se colocaron en cajas Petri entre dos círculos de papel filtro superpuestos. Concluida la estratificación, se puso a germinar la semilla a una temperatura de 25 °C en oscuridad. La prueba de germinación se mantuvo en observación por 21 días (Kolotelo *et al.*, 2001) y el conteo fue diario. Las variables evaluadas fueron capacidad de germinación y vigor germinativo. La capacidad de germinación se obtuvo como el porcentaje de la semilla que germinó; el vigor germinativo se consideró como el tiempo requerido para alcanzar la máxima tasa de germinación diaria a partir del inicio de la evaluación (Bonner *et al.*, 1994). Se consideró como semilla germinada cuando la radícula alcanzó el largo de la semilla, menor de cinco milímetros (Bonner *et al.*, 1994).

Análisis estadístico

Las características en las que hubo repeticiones se evaluaron estadísticamente para determinar diferencias entre tratamientos. En el caso de los porcentajes se realizó una transformación con el arcoseno de la raíz cuadrada de los datos originales divididos entre 100. Esta transformación

fue la que dio un mayor ajuste de acuerdo a la prueba de Shapiro-Wilk. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SAS (SAS Institute, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad

El contenido de humedad con base en el peso seco, lote de semilla fue de 8.4 %. Bonner *et al.*, (1994) recomiendan almacenar semillas ortodoxas con un contenido de humedad de 5 a 8%; las semillas con menos de 5% pueden tener problemas por desecación, y con más de 9% hay problemas debido a insectos y hongos; un contenido elevado de humedad puede ocasionar un exceso de temperatura en el almacenamiento debido a la respiración o que las semillas germinen. Algunos autores (Owston y Stein, 1974; Young y Young, 1992) señalan que las semillas de *Pseudotsuga menziesii* se pueden almacenar con una humedad de 6 a 9%. Sorensen (1999) menciona que un contenido de humedad de 8.5% es suficientemente bajo para mantener la viabilidad de la semilla de *Pseudotsuga* en almacenamiento.

Imbibición de la semilla

Se determinó que a las nueve horas flotaba 11% de las semillas y a las 12 flotaba menos de 2% (Figura 1). La semilla absorbió la mayor cantidad de agua durante las primeras 14 horas, alcanzando más de 57% de agua absorbida con respecto al peso inicial de la semilla; entre 14 y 17 horas se estabilizó el peso de las semillas, y después de 18 la semilla reinició lentamente la absorción de agua. Con 24 horas la mayoría de las semillas mostraban rompimiento longitudinal en la cara cóncava de la cubierta debido a la turgencia ocasionada por la absorción de agua. El periodo de imbibición de la semilla depende del contenido inicial de humedad, en este caso el lote tuvo 8.4% (base peso seco) y se determinó un tiempo adecuado de imbibición de 17 horas. La imbibición de las semillas empieza con la absorción de agua, reiniciando rápidamente el metabolismo de la semilla viable y sin latencia (Bewley y Black, 1994).

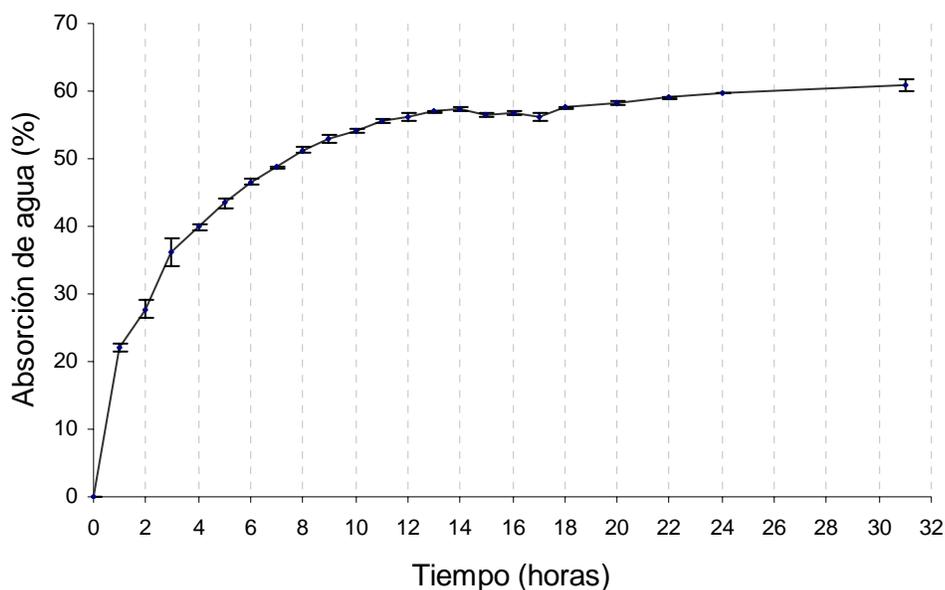


Figura 1. Dinámica de la absorción de agua destilada en un lote de semillas de *Pseudotsuga menziesii* durante el proceso de imbibición.

Viabilidad de la semilla

La viabilidad de la semilla fue igual o mayor a 75 % en la mayoría de lotes analizados, excepto el lote tres en El Carbonero y lote masal de Presa Jaramillo, donde la viabilidad fue de 46 y 2%, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Proporción de la cavidad embrionaria de la semilla ocupada por el embrión y viabilidad de la semilla en diferentes lotes de *Pseudotsuga menziesii*.

Población	Lote	Eficiencia de semilla (%) [†]	Cavidad embrionaria llena (%)			Semilla viable (%)
			> 90	90-75	< 75	
Jamé	7	52.7	81.0	17.0	2.0	87.0 a
Jamé	19	24.1	61.0	24.7	14.3	77.6 a
El Carbonero	3	42.0	94.0	2.0	4.0	46.0 b
El Carbonero	2	13.2	76.2	18.7	5.1	82.9 a
La Caldera	4	47.1	70.0	30.0	0.0	81.3 a
La Caldera	11	26.3	21.0	61.0	18.0	75.0 a
Presa Jaramillo	Masal	20.0	12.0	22.0	66.0	2.0 c
San José Capulines	Masal	30.5	90.0	10.0	0.0	86.0 a

[†] Proporción de semillas llenas / óvulos fértiles. Lotes con número son de árboles individuales, los masales son mezclas de 10 árboles. Letras diferentes indican diferencias con $P < 0.05$.

Se determinaron lotes con una gran cantidad de semillas donde el embrión no ocupa completamente la cavidad embrionaria. En el lote 11 de La Caldera y en el masal de la Presa Jaramillo sólo 21 y 12% de los embriones, respectivamente, ocuparon más del 90% de la cavidad embrionaria. De acuerdo con Ching y Ching (1962) y Kolotelo *et al.*, (2001), cuando el embrión ocupa menos del 90% de la cavidad embrionaria en especies de coníferas, la semilla generalmente es inmadura y presenta menor capacidad y velocidad germinativa. Sin embargo, este fenómeno también se debe a la endogamia (Sorensen, 1997; Woods y Heaman, 1989).

La colecta de semilla en la población de Presa Jaramillo (en el parque nacional El Chico, Hgo.) se realizó 15 días antes de que las escamas de los conos presentaran una coloración café, que se ha considerado un indicador externo de madurez completa de la semilla en coníferas como los pinos. Sin embargo, Ching y Ching (1962) y Owens *et al.*, (1991) señalan que el embrión en la semilla de *Pseudotsuga menziesii* está plenamente desarrollado dos semanas antes de la dispersión natural de la semilla; en las poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* la dispersión natural de la semilla ocurre de fines de septiembre a mediados de Octubre (Velasco *et al.*, 2007). Martínez *et al.*, (2007) determinó que la semilla está suficientemente madura hasta tres semanas antes de su dispersión. El secado de los conos de la Presa Jaramillo para la extracción de la semilla se realizó en invernadero (7-35°C), lo que influyó la germinación si se dañó el embrión. Juárez *et al.*, (2006) determinaron para esta población 7.7% de germinación y una energía germinativa menor en comparación a otras poblaciones. Por otro lado, debido al tamaño reducido de la población y a los pocos individuos que generalmente participan en la reproducción, es posible que el desarrollo incompleto del embrión esté asociado a problemas de autofecundación o de cruzamiento entre individuos relacionados genéticamente. En las coníferas es conocido el efecto negativo de la endogamia sobre el desarrollo y vigor del embrión (Woods y Heaman, 1989; Webber y Painter, 1996). Juárez *et al.*, (2006) encontraron en su estudio de progenies-procedencias que las plántulas de la Presa Jaramillo tuvieron 47% de mortalidad a los nueve meses de la siembra, hecho que se ha adjudicado principalmente a efectos de endogamia (Sorensen y Cress, 1994). Esta situación enfatiza la necesidad de hacer estudios adicionales para determinar los posibles factores que inciden sobre las diferencias en

el grado de desarrollo del embrión encontradas entre los lotes de semilla de *Pseudotsuga menziesii* en las poblaciones del centro de México.

Efecto de tratamientos pregerminativos

Utilizando la imbibición en H₂O₂ al 1% durante 24 h, sin o con estratificación posterior de una a dos semanas, la semilla del Puerto El Palomo germinó entre 50 y 56 % (Cuadro 3). Sin embargo, el uso de estos tratamientos no tuvo efecto en el lote masal procedente de Presa Jaramillo con 0% de germinación, resultado esperado debido a la baja viabilidad de la semilla determinada anteriormente, lo que se debió al desarrollo incompleto del embrión. Esto implica que los tratamientos pregerminativos no estimularon al embrión para completar su desarrollo, como generalmente ocurre en otros casos de embriones inmaduros (Sorensen, 1997). Por otra parte, el lote 7 de Jamé no respondió al tratamiento de imbibición en H₂O₂ seguido de estratificación por 10 días, pero sí germinó por arriba del 70 % cuando la estratificación se prolongó hasta 31 días, a pesar de no embeberse previamente las semillas en H₂O₂; el lote tres de La Caldera también respondió de manera similar a la prolongación del periodo de estratificación.

Cuadro 3. Efecto de la imbibición en H₂O₂ y estratificación sobre la capacidad germinativa en diferentes lotes de semilla de *Pseudotsuga menziesii*.

Lote de semilla	Tratamiento pregerminativo	Germinación (%)
Puerto El Palomo	H ₂ O ₂ al 1% (24 horas)	50.0 b
Puerto El Palomo	H ₂ O ₂ al 1% (24 horas) y estratificación (una semana)	50.0 b
Puerto El Palomo	H ₂ O ₂ al 1% (24 horas) y estratificación (dos semanas)	56.3 b
Presa Jaramillo	H ₂ O ₂ al 1% (24 horas)	0.0 c
Presa Jaramillo	H ₂ O ₂ al 1% (24 horas) y estratificación (una semana)	0.0 c
Presa Jaramillo	H ₂ O ₂ al 1% (24 horas) y estratificación (dos semanas)	0.0 c
Jamé (lote 7)	H ₂ O ₂ al 1% (17 horas) y estratificación (10 días)	0.0 c
Jamé (lote 7)	Estratificación (31 días)	73.3 a
La Caldera (lote 3)	Estratificación (31 días)	86.0 a

Letras diferentes indican diferencias con P < 0.05.

Estudios de germinación con semilla de *Pseudotsuga menziesii* de EE.UU. y Canadá recomiendan estratificación de 2 a 5 °C por periodos de tres a seis semanas para eliminar la latencia (Ching y Ching, 1962; Young y Young, 1992; El-Kassaby *et al.*, 1993; Jarvis *et al.*,

1997 y Kolotelo *et al.*, 2001). La imbibición de semilla en H₂O₂ a 1% por 12-24 horas se ha utilizado para incrementar la germinación, y en concentraciones mayores y periodos más cortos para reducir la presencia de hongos (Kolotelo *et al.*, 2001).

La curva de germinación de los dos lotes de semilla estratificados durante 31 días es similar, aunque el lote de Jamé fue ligeramente más rápido y uniforme que el de La Caldera (Figura 2). Las primeras semillas germinaron a los seis días, y las últimas a los 16 días. La capacidad germinativa fue 75 y 86%, respectivamente, para estos lotes (Cuadro 4). La máxima tasa de germinación diaria fue 7.5 y 6.3%, (vigor germinativo) y se presentó a los ocho y 13 días, respectivamente. Igualmente Juárez *et al.*, (2006) indican una velocidad de germinación menor en las poblaciones del centro de México comparado a las del norte. El-Kassaby *et al.*, (1993) registraron una amplia variación en la capacidad germinativa en semilla de 19 familias de *Pseudotsuga menziesii* de Canadá (26 a 97 %), previo remojo de 24 h en agua y estratificación a 2 °C por 21 días. En cambio, Sorensen (1980) obtuvo un 98% de germinación en semilla de poblaciones de Oregon, previo remojo en agua durante 24 horas y estratificación a 3-4 °C durante 32 días. Juárez *et al.*, (2006) reporta de entre 85% y 7.7% la germinación de lotes masales de 11 procedencias de México usando remojo en agua por 20 h y estratificación en frío por siete semanas.

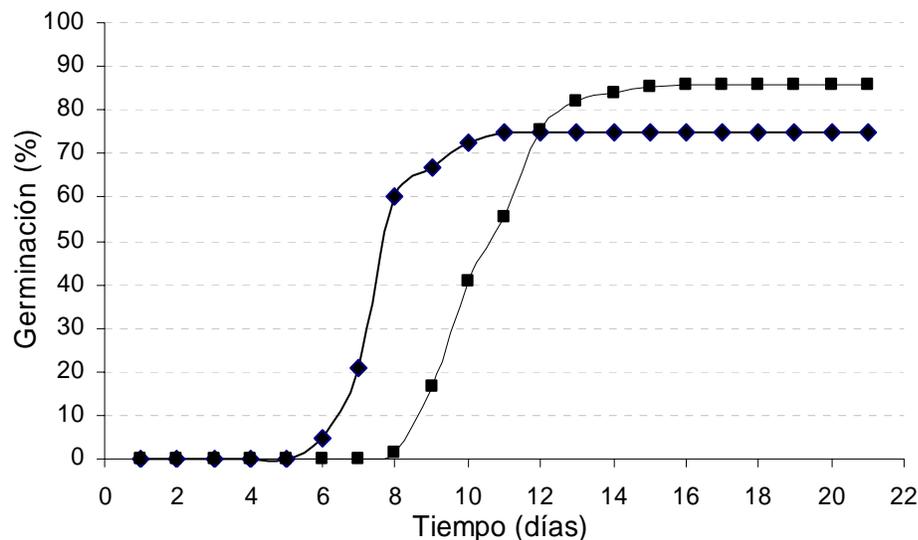


Figura 2. Curva de la germinación acumulada en dos lotes de semilla de *Pseudotsuga menziesii* de México (Lote la caldera■ y lote Jame◆).

Cuadro 4. Capacidad y vigor germinativo en dos lotes de semilla de *Pseudotsuga menziesii* de México.

Lote	Capacidad de germinación (%)	Vigor germinativo (días)	Tasa máxima de germinación diaria (%)
Jamé 7	75.0 a	8 a	7.5 a
La Caldera 3	86.0 a	13 b	6.7 a

Letras diferentes indican diferencias con $P < 0.05$.

El-Kassaby *et al.*, (1993) mencionan que dentro de una especie es común encontrar diferencias entre árboles en el periodo de estratificación óptimo para eliminar la latencia de la semilla. Sin embargo, aun cuando se ha determinado que la estratificación promueve la capacidad germinativa de la semilla de *Pseudotsuga menziesii*, los procesos fisiológicos y eventos moleculares que ocurren en este proceso son poco entendidos (Forward *et al.*, 2001).

La capacidad de germinación del lote de semilla de La Caldera fue mayor en 11% que el lote de semilla de Jamé; no obstante, la velocidad de germinación fue mayor en éste último. Los resultados de esta última prueba de germinación superaron los obtenidos en los ensayos previos. En futuras pruebas de germinación con semilla de *Pseudotsuga* se recomienda aplicar tratamientos pregerminativos en lotes con suficiente semilla; embeber la semilla en H_2O_2 a 1 % antes de estratificar, y evaluar periodos de estratificación mayores a los utilizados en este trabajo. Los valores germinativos son menores a los reportados en Canadá y EE.UU., se considera que esto se debe al hecho de que las poblaciones mexicanas están asociadas a menores tamaños y densidades, esto se atribuye a la repoblación natural de esta conífera en el país, particularmente en la zona centro.

CONCLUSIONES

El contenido de humedad de la semilla de *Pseudotsuga menziesii*, con base en el peso seco, presentó valores dentro de lo establecido en la literatura para el almacenamiento de la semilla. El tiempo apropiado de imbibición de la semilla es entre 17 y 24 horas. Se encontró una amplia variación en la viabilidad de la semilla, pero en ningún caso fue superior a 87%. En la población de Presa Jaramillo la viabilidad de la semilla fue de 2%, detectándose problemas de desarrollo de embriones de la semilla debido probablemente al manejo postcosecha y/o a efectos de endogamia. La capacidad de germinación y la germinación media diaria de la

semilla de las poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* probadas se incrementaron con la estratificación de la semilla por un periodo de 31 días en temperatura de 0-2 °C; sin embargo se requiere mayor investigación al respecto.

RECONOCIMIENTOS

Al financiamiento del proyecto CONACYT clave 33617-B, “Diversidad Genética y Conservación de *Pseudotsuga* en México”.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, R., R., J. J. Vargas H., J. López U. y J. Velázquez M. 2006. **Efecto de la procedencia geográfica y de la fertilización en la fenología del brote terminal en plántulas de *Pseudotsuga* sp.** *Agrociencia* 40:125-137.
- Bewley, J. D. y M. Black. 1994. **Seeds Physiology of Development and Germination.** 2nd ed. Plenum Press, New York. 445 p.
- Bonner, F. T., J. A. Vozzo, W. W. Elam y S.B. Land, Jr. 1994. **Tree Seed Technology Training Course. Instructor’s Manual.** USDA, Forest Service. New Orleans, Louisiana. 160 p.
- Ching, T. M. y K. K. Ching. 1962. **Physical and physiological changes in maturing Douglas-fir cones and seed.** *Forest Science* 8(1):21-31.
- Debreczy, Z. y I. Rácz. 1995. **New species and varieties of conifers from Mexico.** *Phytologia* 78:217-243.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. **Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción y que establece especificaciones para su protección.** Mayo de 1994. 54 p.
- Edwards, D. G. W. y Y. A. El-Kassaby. 1995. **Douglas-fir genotypic response to seed stratification.** *Seed Science & Technology* 23: 771-778.
- El-Kassaby, Y. A., K. Chaisurisri, D. G. W. Edwards y D.W. Taylor. 1993. **Genetic control of germination parameters of Douglas-fir, Sitka spruce, western redcedar and yellow-cedar and its impact on container nursery production.** In: *Dormancy and barriers to germination.* D.G.W. Edwards (Ed.). Proc. of an International Symposium of

- IUFRO Project Group P2.04-00 (Seed problems). Victoria, B.C. Canada. April 23-26, 1991. Pacific Forestry Center, Forestry Canada. pp: 37-42.
- Forward, B. S., T. J. Tranbarger y S. Misra. 2001. **Characterization of proteinase activity in stratified Douglas-fir seeds.** *Tree Physiology* 21:625-629.
- Hermann, R. K. 1985. **The Genus *Pseudotsuga*: Ancestral history and past distribution.** Special Publication 2b. Forest Research Laboratory, School of Forestry, Oregon State University. Corvallis, Or. 32 p.
- Hermann, R. K. y D. P. Lavender. 1990. ***Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.** In: R. Burns and B.H. Honkala, eds. *Silvics of North America. Vol. 1 Conifers.* USDA, Forest Service. Washington, D.C. pp: 527-540.
- International Seed Testing Association. 1999. **International Rules for Seed Testing.** *Seed Science & Technology* 27, Supplement. Zurich, Switzerland. 333 p.
- Jarvis, S. B., M. A. Taylor, J. Bianco, F. Corbineau y H. V. Davies. 1997. **Dormancy-breakage in seeds of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) support for the hypothesis that LEA gene expression is essential for this process.** *Journal of Plant Physiology* 151: 457-464.
- Juárez A., A., J. López U., J. J. Vargas H. y C. Sáenz R. 2006. **Variación geográfica en la inicial de plántulas de *Pseudotsuga menziesii* de México.** *Agrociencia* 40:783-792.
- Kolotelo, D., E. V. Steenis, M. Peterson, R. Bennett, D. Trotter y J. Dennis. 2001. **Seed Handling Guidebook.** Ministry of Forests. British Columbia. Canada. 106 p.
- Mápula, L., M., R. Bonilla B. y D.A. Rodríguez T. 1996. **Germinación y crecimiento inicial de *Pseudotsuga macrolepis* Flous, en Chapingo, México.** *Revista Chapingo, Ciencias Forestales* 2(1):111-117.
- Mápula, L., M., J. López U., J. J. Vargas H. y A. Hernández L. 2007. **Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in Mexico.** *Biodiversity & Conservation* 16(3):727-742.
- Martínez, C., G., J. López U., J. J. Vargas H, J. Jasso M. y V. Guerra de la C. 2007. **Indicadores de maduración en conos de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.** *Revista Fitotecnia Mexicana.* 30 (2):191-200.

- Mosseler, A., J. E. Major, J. D. Simpson, B. Daigle, K. Lange, Y.S. Park, K.H. Johnsen y O. P. Rajora. 2000. **Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity.** Canadian Journal of Botany 78:928-940.
- Owens, J. N., A. M. Colangeli y S. J. Morris. 1991. **Factors affecting seed set in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*).** Canadian Journal of Botany 69:229-238.
- Owston, P. W. y W. I. Stein. 1974. ***Pseudotsuga* Carr. Douglas-fir.** In: C.S. Schopmeyer, ed. Seeds of Woody Plants in the United States. Agriculture Handbook 450. USDA, Forest Service. Washington, D.C. pp: 674-683.
- Reyes, H., V. J., J. J. Vargas, H., J. López, U. y H. Vaquera, H. 2006. **Similitud fenotípica de poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* Carr.** Agrociencia 40:545-556.
- SAS Institute. 1988. **SAS User's Guide: Statistics.** Release 6.03 Ed. SAS Institute, Inc. Cary, N.C. USA. 1028 p.
- Sorensen, F. C. 1980. **Effect of date of cone collection and stratification period on germination and growth of Douglas-fir seeds and seedlings.** Pacific Northwest Forest & Range Experimental Station. USDA, Forest Service. 12 p.
- Sorensen, F. C. 1997. **Effects of sib mating and wind pollination on nursery seedling size, growth components, and phenology of Douglas-fir seed orchard progenies.** Canadian Journal of Forest Research 27: 557-566.
- Sorensen, F. C. 1999. **Effect of dry storage on germination rate of seed of coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*).** Seed Science and Technology 27:91-99.
- Sorensen, F. C. y D. W. Cress. 1994. **Effect of sib mating on cone and seed traits in Coastal Douglas-fir.** Silvae Genetica 43: 338-345.
- Velasco, G., M.V., J. López U., G. Ángeles P., J.J. Vargas H. y V. Guerra de la C. 2007. **Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* en poblaciones del centro del México.** Agrociencia 41:121-131.
- Webber, J. E. y R. A. Painter. 1996. **Douglas-fir Pollen Management Manual.** 2nd ed. Research Branch, Ministry of Forestry. Victoria, B.C. 91 p.
- Woods, J. H. y J. C. Heaman. 1989. **Effect of different inbreeding levels on filled seed production in Douglas-fir.** Canadian Journal of Forest Research 19:54-59.

- Yáñez, E. L. 1991. **Análisis de la producción de semilla de *Pseudotsuga macrolepis* Flous en una población natural de la Sierra de Pachuca, Hidalgo.** Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 116 p.
- Young, J. M. y Ch. G. Young. 1992. **Seeds of Woody Plants in North America.** Dioscorides Press. Portland, Oregon. 407 p.

Manuel Mápula Larreta

Ingeniero Forestal por la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, México. Maestro en Ciencias por Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México.

Javier López Upton

Ph. D. University of Florida, EUA. Maestro en Ciencias por Colegio de Postgraduados, México. Ing. Agr. Especialista en Bosques por la Universidad Autónoma Chapingo, México. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, CONACyT – México.**

J. Jesús Vargas Hernández

Doctor en Ciencias Forestales por la Universidad Estatal de Oregon. Maestro en Ciencias Forestales por el Colegio de Postgraduados. Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques por la Universidad Autónoma Chapingo. **Miembro del Sistemas Nacional de Investigadores, CONACyT – México.**

Adrián Hernández Livera

Ingeniero Fitotecnista por la Universidad Autónoma Chapingo. Maestro en Ciencias por el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Estado de México. Correo electrónico: helasamy@colpos.colpos.mx