

TRATAMIENTOS PARA ESTIMULAR Y HOMOGENEIZAR LA GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE *Gmelina arborea* Roxb.

R. Galán-Larrea¹; J. Vargas-Hernández²; R. Rodríguez-Laguna²

¹División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. C.P. 56230.

² Programa Forestal del Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. C. P. 56230.

RESUMEN

Con el propósito de aumentar la capacidad germinativa de la semilla de *Gmelina arborea*, se efectuaron dos ensayos independientes. En el primero se evaluó el efecto del tamaño de semilla (chico, mediano y grande) y de 2 periodos de remojo (1 y 6 días) en la velocidad y porcentaje de germinación de la semilla. En el segundo ensayo se evaluó el efecto de diferentes tratamientos pre-germinativos (remojo en diferentes soluciones durante un periodo de 12 horas) sobre las mismas características de germinación. En ambos ensayos las semillas se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de 30 °C durante 30 días. El análisis de varianza mostró que el periodo de remojo no afectó de manera significativa ($P \leq 0.05$) el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas; sin embargo, el tamaño de semilla sí afectó de manera significativa ($P \leq 0.05$) estas características. Las semillas de tamaño grande tuvieron un mayor porcentaje y velocidad de germinación que los otros dos tamaños.

Los tratamientos pre-germinativos utilizados no afectaron de manera significativa ($P \leq 0.05$) el porcentaje y velocidad de germinación de la semilla de esta especie pero sí modificaron la velocidad y cantidad total de plantas emergidas en el ensayo, así como el número promedio de plantas por semilla, el tiempo de inicio de la germinación (T_{10}) y el vigor germinativo (T_{50}). El uso de agua oxigenada al 3 % aceleró el inicio de la germinación y aumentó el vigor germinativo de la semilla.

PALABRAS CLAVE: Tamaño de semilla, porcentaje de germinación, velocidad de germinación, vigor germinativo.

TREATMENTS TO STIMULATE AND HOMOGENIZE GERMINATION IN SEEDS OF *Gmelina arborea* Roxb.

SUMMARY

Two independent trials were established to increase germination capacity of *Gmelina arborea* seeds. In the first trial, the effect of seed size (small, medium, and large) and two periods of seed imbibition (1 and 6 days) on seed germination were evaluated. In the second trial, several pre-germination treatments (imbibition in different water solutions during a 12-hours period, were also evaluated. In both trials, seeds were placed in a germination chamber at 30 °C during a 30-day period. Analysis of variance showed that the imbibition period did not affect ($P < 0.05$) the rate and percentage of seed germination; however, seed size had a significant effect ($P < 0.05$) on these variables. Large seeds had higher rate and percentage of seed germination than the two other seed sizes.

In the second trial, pre-germination treatments did not affect the rate and percentage of seed germination, but they had a significant effect on the rate and total amount of seedlings emerged. Pre-germination treatments also affected the number of plants per seed, the time required to start germination (T_{10}), and germination vigor (T_{50}). Use of a solution with 3 % hydrogen peroxide accelerated seed germination and increased germination vigor of seed.

KEY WORDS: Seed size, germination percentage, germination rate, seed vigor.

INTRODUCCIÓN

A escala mundial, *Gmelina arborea* Roxb. ha demostrado un gran potencial en plantaciones forestales por su rápido crecimiento y potencial maderable. Se trata de un árbol cultivado en plantaciones forestales en diferentes regiones tropicales del planeta, lo cual indica la bondad de su comportamiento y la adaptabilidad que tiene

a condiciones ambientales muy diversas. Esta especie actualmente se empieza a plantar en gran escala en regiones tropicales de México. Se pronostica que a mediano plazo, la madera será un recurso que diferenciará a los países que la posean de aquellos que carecen de ella, haciendo que la economía de estos últimos sea dependiente de los primeros, propiciando una situación semejante a la actual economía del petróleo (Sánchez,

1989). En la actualidad la industria forestal mundial depende cada día más de plantaciones forestales comerciales. Dada esta situación, *Gmelina arborea* podría abastecer una gran parte de los productos celulósicos para papel, madera aserrada, leña y otros, requeridos en México.

A pesar de que existe información disponible sobre el manejo silvícola de esta especie, en cuanto a sus cualidades de crecimiento en plantaciones forestales, no existe suficiente información básica sobre el manejo y control del germoplasma para la producción de plantas de calidad en vivero. La semilla de esta especie, al igual que muchas otras especies tropicales, presenta una amplia variación en el porcentaje y velocidad de germinación, ocasionando grandes diferencias en el desarrollo inicial de las plantas, lo que genera una fuerte heterogeneidad en el tamaño inicial de los individuos dentro del mismo lote de plantas durante la etapa de vivero.

Es posible que la variabilidad en la energía germinativa de un lote de semillas esté asociada con las diferencias en el tamaño de la semilla o con algún mecanismo de control interno de la germinación que podría manipularse con la aplicación de tratamientos pre-germinativos a la semilla. Por ejemplo, en trabajos realizados por Bonfil (1998) con *Quercus rugosa* y *Q. laurina* se ha encontrado que el tamaño de semilla afecta en gran medida el porcentaje de germinación; las semillas de mayor tamaño presentan un porcentaje mayor de germinación. Por otro lado, en especies leñosas tropicales, como *Hardwickia binata* Roxb, se ha demostrado que soluciones de 200 ppm de ethrel tienen un efecto positivo sobre la germinación de la semilla (Masilamani y Vadivelu, 1997). Con base en lo anterior, en este proyecto de investigación se evaluó el efecto del tamaño de la semilla y de la aplicación de diferentes tratamientos pre-germinativos sobre el porcentaje, velocidad y homogeneidad de la germinación en lotes de semillas de *Gmelina arborea*.

Los objetivos específicos del estudio fueron: (1) Establecer la curva de germinación y determinar la velocidad y el porcentaje de germinación de semillas de *Gmelina arborea*, de diferentes tamaños; y, (2) evaluar el efecto de diferentes tratamientos pre-germinativos sobre el porcentaje, velocidad y homogeneidad de la germinación en estas semillas.

REVISIÓN DE LITERATURA

En las condiciones actuales las plantaciones comerciales, con especies de rápido crecimiento, constituyen la mejor alternativa de solución para abastecer a la industria forestal. México, como país en desarrollo tiene una gran necesidad de productos forestales de diversos tipos, por lo cual debe aprovechar todas las oportunidades de que disponga. A través de las plantaciones forestales se podría reducir considerablemente el déficit que existe

en productos celulósicos, así como abastecer los mercados de madera aserrada, postes, leña, forrajes, árboles de Navidad, tutores y otros.

En México, *Gmelina arborea* Roxb. se adapta fácilmente a las condiciones tropicales donde ha prosperado bien, tanto en condiciones de trópico húmedo (Campeche, Tabasco, Veracruz, Quintana Roo, Chiapas y Oaxaca), como en el trópico seco (Nayarit, Colima, Guerrero y Yucatán). Se ha desarrollado adecuadamente en condiciones diversas de suelo, temperatura y precipitación. Esta especie fue introducida a México en 1971, al campo experimental "El Tormento" (ahora "Eduardo Sangri Serrano") del actual Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Escárcega, Campeche. La introducción original se hizo en semilla procedente de poblaciones naturales de India y de plantaciones de Sierra Leona, Nigeria y Sudáfrica y también de casas comerciales de Holanda (Patiño *et al.*, 1982).

Lauridsen y Keiding (1978) comentan que en su hábitat natural los tipos de vegetación en los que se presenta *Gmelina arborea* son el bosque subperennifolio, bosque húmedo deciduo, bosque subhúmedo deciduo y bosque seco deciduo. En Birmania, Lamb (1968) menciona que se asocia con las especies de *Tectona grandes*, *Terminalia tomentosa*, *T. belerica*, *Lagerstroemia parviflora*, *Ougenia dulbergioides*, *Angeissus latifolia*, *Pterocarpus marsupium*, *Acacia catechun*, *Dalbergia sissoo*, *D. paniculata*, *Soymida febrifuga*, *Bridelia retusa*, *Phyllanthus emblica*, *Cassia fistula*, *Odina wodier*, *Stephegine parvifolia*, *Butea frondosa*, *Bassia latifolia* y *Xilia xilocarpa*. Asimismo, predomina la especie de bambú *Dendrocalamus strictus* y ocasionalmente aparece *Bambusa aradince*.

El porcentaje de germinación de la semilla fresca de *Gmelina arborea* es elevado; sin embargo, después de estar almacenada por un año pierde un alto porcentaje de su viabilidad original. En la India, Troup (1921) observó que el porcentaje de germinación de la semilla fresca fue de 90 %, pero después de un año descendió hasta 30 %. Ng y Hellum (1988) realizaron un ensayo de germinación con semillas de *Gmelina arborea* procedentes de plantaciones de Malasia. Ellos encontraron que en temperaturas inferiores a 17 °C, o superiores a 40.5 °C, no se presentaba germinación. La máxima capacidad germinativa observada fue de 77.5 % a una temperatura de 28.7 °C. El tiempo mínimo de germinación fue de 2.4 días a 32 °C.

Woessner y McNabb (1979) recomiendan que cuando se desea almacenar la semilla de *Gmelina arborea* durante periodos largos, se debe desprender el pericarpio del fruto, ya que observaron que cuando no se desprende la germinación de la semilla desciende hasta 22 % después de un día de colectados los frutos, y casi a cero después de una semana. Esto es debido a los procesos de

descomposición de los frutos, ya que en los procesos de putrefacción se pierde la viabilidad de la semilla. Aminuddin y Ng (1982) realizaron un ensayo con semilla fresca de plantaciones de Malasia para determinar la influencia de la iluminación en la germinación y desarrollo inicial de la planta. Estos autores evaluaron tres tratamientos: germinación en iluminación total (es decir, en el exterior y sin cubiertas), germinación en condiciones de sombra moderada (lograda con sombra de palmeras), y germinación bajo una cubierta densa de las copas de los árboles. Después de dos y seis meses, respectivamente, se eliminó la sombra en estos dos tratamientos. En el tratamiento de iluminación total hubo una germinación superior al 70 %; en el tratamiento de sombra moderada hubo una germinación de 35 % y el resto de las semillas permaneció en quiescencia, mientras que en el tratamiento de sombra densa la germinación se inhibió por completo. Cuando las semillas de los dos tratamientos con sombra se expusieron a iluminación total, la germinación se comportó normalmente aún después de seis meses.

Perry (1978) considera que el vigor de las semillas es la suma total de aquellas propiedades de la misma que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla durante la germinación y emergencia de la planta. Las semillas con un buen comportamiento se denominan de alto vigor y aquellas de pobre comportamiento se consideran de bajo vigor. Existen diversas pruebas para evaluar el vigor germinativo; lo ideal es que la prueba sea rápida, fácil de ejecutar (es decir, sin necesidad de un equipo complejo), igualmente útil para evaluar semillas individuales y poblaciones, y capaz de detectar diferencias mínimas. Copeland (1976) describe siete procedimientos posibles para evaluar vigor: (1) velocidad de germinación; (2) uniformidad de germinación y desarrollo de plantas bajo condiciones adversas; (3) habilidad para emerger a través de una costra de suelo; (4) germinación y emergencia de plántulas en suelos fríos, húmedos y compactos; (5) anomalías morfológicas de la plántula; (6) rendimiento del cultivo; y (7) almacenamiento bajo condiciones adversas.

Además de las anteriores, existen otras pruebas rápidas para evaluar viabilidad de semillas. Estas pruebas generalmente se efectúan cuando no se tiene facilidad para ejecutar pruebas de germinación adecuadas. Aunque se han desarrollado muchos métodos sobre el particular, tres de ellos son reconocidos como procedimientos oficiales de análisis por ISTA: (1) escisión del embrión; (2) teñido con solución de cloruro de tetrazolio; y (3) exposición controlada a rayos X. La escisión del embrión consiste en cortar y abrir las semillas; se consideran viables aquellas con tejidos bien desarrollados, firmes, sin daños, de apariencia saludable y coloración adecuada; por el contrario, se consideran no viables las semillas que tengan tejidos lechosos, enmohecidos, podridos, de olor rancio y semilla sin embrión. Esta prueba es adecuada durante el periodo de colecta de la semilla (Bonner, 1993). Los

ensayos bioquímicos de viabilidad consisten en lograr la tinción de los embriones, aprovechando sus características bioquímicas. El teñido de las semillas con cloruro de tetrazolio es la más usada; el teñido está en función de la actividad enzimática de los tejidos cuando están en contacto con el cloruro 2,3,5-trifenil- tetrazolio (Hartmann y Kester, 1990). Durante el proceso de respiración del tejido se libera hidrógeno, el cual combinado con la solución incolora de tetrazolio tiñe las partes vivas de un color rojo al entrar en contacto con las enzimas, asociado a un proceso de oxidoreducción (Patiño *et al.*, 1993). Los resultados de esta prueba pueden obtenerse en un plazo de 24 horas, y a veces tan sólo en dos o tres horas (Hartmann y Kester, 1990). La principal ventaja de este método es que se realiza en corto tiempo; sin embargo, presenta algunas desventajas entre las que se incluyen la falta de uniformidad en el teñido, la dificultad de interpretar diferentes grados de tinción, la imposibilidad de detectar semillas con germinación anormal, y la dificultad para aplicar estándares similares en todas las especies. Otra prueba que se realiza es la de análisis con rayos X, que nos indica el potencial estructural de viabilidad mediante una imagen interna de la semilla.

METODOLOGÍA

Material Biológico

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Estado de México. El germoplasma de *Gmelina arborea* utilizado en el estudio fue proporcionado por la empresa Smurfit, Cartón y Papel de México. A lo largo del estudio se contó con dos lotes de semillas, uno procedente de Portuguesa, Venezuela, colectado de un Huerto semillero clonal establecido en la finca "El Hierro" (Lote "Portuguesa"); y el otro procedente de Yumbo, Colombia, colectado de un rodal semillero, en diciembre de 1998 (Lote "Yumbo").

El estudio incluyó dos ensayos de germinación independientes. En el primero se evaluó la germinación de diferentes tamaños de semilla y en el segundo se evaluaron diferentes tratamientos pre-germinativos sobre la velocidad y porcentaje de germinación de la semilla. Previo al establecimiento de los ensayos de germinación, y con el propósito de evaluar el nivel de viabilidad de la semilla en los dos lotes de germoplasma ("Portuguesa" y "Yumbo"), se llevó a cabo una prueba de viabilidad empleando cloruro de tetrazolio al 0.1 %.

Dado que el primer ensayo de germinación consideró la comparación de diferentes tamaños de semillas, antes de iniciar el estudio fue necesario clasificar la semilla de cada lote en tres tamaños diferentes (chico, mediano y grande). Para ello se utilizaron cribadoras mecánicas con mallas de alambre con perforaciones de 7 a 12 mm de diámetro. Los tres tamaños de semilla considerados fueron:

(1) semilla que pasó en diámetros de cribas menores a 9 mm (tamaño “chico”); (2) semilla que pasó a través de una criba de 9 mm de diámetro (tamaño “mediano”); y (3) semilla que no pasó a través de la criba de 9 mm de diámetro, pero sí pasó por cribas de 10-12 mm de diámetro (tamaño “grande”).

Efecto del tamaño de semilla

Con el propósito de determinar el efecto del tamaño de la semilla sobre la velocidad y porcentaje de germinación en esta especie, en el primer ensayo se compararon los tres tamaños de semilla (chico, mediano y grande) del lote «Yumbo». Además, dado que Rodríguez (1986) señala que un remojo previo de la semilla durante 5-6 días en agua corriente acelera la germinación de la semilla de esta especie, para cada uno de los tamaños de semilla, se consideraron dos tratamientos de remojo antes de la siembra (esto es, durante 1 ó 6 días).

Al terminar cada periodo de remojo, las semillas se sembraron en un sustrato de vermiculita previamente esterilizado y humedecido, en charolas de plástico a una profundidad de 1.5 cm, colocando las semillas en líneas a una distancia 2 cm entre semillas y de 3 cm entre líneas. Cada unidad experimental incluyó 25 semillas. Una vez sembradas las semillas en las charolas, éstas se mantuvieron durante 1 mes en una cámara de germinación a una temperatura de 30 °C, y una intensidad luminosa de 34 Watts de luz incandescente, con un fotoperiodo de 24 horas. Se utilizó un diseño factorial (3 x 2) en bloques completos al azar (charolas) con cuatro repeticiones. Después de los 30 días, las charolas de germinación se transfirieron a condiciones ambientales de vivero.

Con los datos de semillas germinadas diariamente se obtuvo la curva de germinación acumulada, el porcentaje final de germinación, y el número de plantas emergidas por semilla. Además, se determinó el intervalo del periodo de germinación en cada unidad experimental. La velocidad de germinación (VG) se obtuvo mediante la fórmula sugerida por Copeland (1976), que incluye las siguientes variables:

$$VG = \sum_{i=1}^n \frac{Xi}{Ni} = \frac{X1}{1} + \frac{X2}{2} + \frac{X3}{3} \dots\dots\dots + \frac{Xn}{n}$$

donde, Xi = Número de semillas germinadas en la i -ésima fecha de medición; y
 Ni = Número de días a partir de la siembra en la i -ésima fecha de medición.

Los valores estimados de velocidad (VG), porcentaje, número de plantas emergidas por semilla e intervalo del periodo de germinación se analizaron utilizando el Paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). Los valores en porcentaje fueron transformados con la función “arco seno” antes de efectuar el análisis de varianza.

Efecto de los tratamientos pre-germinativos

Antes de llevar a cabo el segundo ensayo de germinación se estableció la curva de imbibición de la semilla para determinar el tiempo óptimo de remojo a temperaturas de 4, 25 y 45 °C, utilizando agua destilada. Los tratamientos pre-germinativos evaluados en esta etapa fueron: (1) remojo en agua a temperatura ambiente (25 °C); (2) remojo en agua a 4 °C; (3) remojo en solución de 200 ppm de ethrel a 4 °C; (4) remojo en agua a 45 °C; (5) remojo en solución de 200 ppm de ethrel a 45 °C; (6) remojo en solución al 3 % de agua oxigenada a 25 °C; (7) remojo en solución de 100 ppm de ácido giberélico a 25 °C; y (8) inmersión en agua a punto de ebullición. Todos los tratamientos de remojo se aplicaron durante un periodo de 12 horas (excepto el tratamiento 8, que se aplicó únicamente durante 3 minutos), utilizando 4 L de la solución respectiva. Para mantener la temperatura requerida en los tratamientos 2, 3, 4 y 5, las semillas se pusieron a remojar dentro de un refrigerador (tratamientos 2 y 3) o dentro de una estufa con temperatura controlada a 45 °C (tratamientos 4 y 5).

Al terminar el periodo de remojo, las semillas se sembraron en un sustrato de vermiculita esterilizada, previamente humedecido, en charolas de unicel (60 x 45 x 10 cm) con 200 cavidades, sembrando una semilla en cada cavidad a una profundidad de 1.5 cm. En el ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada repetición estuvo constituida por 25 semillas. Los bloques estuvieron constituidos por la colocación de las charolas dentro de la cámara de germinación. Las condiciones de germinación fueron similares a las utilizadas en el primer ensayo.

Cada 24 horas, a partir del establecimiento del ensayo, se contó el número de semillas germinadas y las plantas emergidas por semilla, en cada unidad experimental. Con los datos de semillas germinadas en cada día se obtuvo la curva de germinación acumulada, así como la velocidad de germinación, el porcentaje final de germinación y la energía germinativa en cada parcela experimental. Al final del periodo de evaluación se determinó el número promedio de plantas emergidas por semilla en cada tratamiento. Además, se determinó el número de días entre las fechas en que alcanzó el 10 (T_{10}) y el 90 % (T_{90}) del total de semillas germinadas en cada parcela experimental. La energía germinativa se evaluó con base en el número de días requerido para alcanzar el 50 % de la germinación final (T_{50}).

La velocidad de germinación se obtuvo mediante la fórmula descrita para el primer ensayo. Con base en esa fórmula, el lote que obtenga un mayor valor de VG tendrá una mayor velocidad de germinación, por lo que se considera como el más vigoroso. Los valores estimados de velocidad de germinación (VG), porcentaje de germinación, energía germinativa y número promedio de

plantas por semilla se analizaron mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clasificación de la semilla en diferentes tamaños

En los dos lotes de semilla se encontró un mayor porcentaje de semillas de tamaño mediano, con un valor cercano al 40 % en ambos (Cuadro 1). Sin embargo, los otros tamaños de semilla no tuvieron una representación similar en los dos lotes. El lote "Portuguesa" tuvo un mayor porcentaje de semillas grandes (30 %) que el lote "Yumbo" (20 %), lo cual podría estar relacionado con el hecho de que el primer lote fue colectado en un huerto semillero mientras que el segundo se obtuvo de un rodal semillero.

CUADRO 1. Separación por tamaño en dos lotes de semilla de *Gmelina arborea*.

Tamaño	Diámetro criba (mm)	Yumbo		Portuguesa	
		Semillas (No.)	%	Semillas (No.)	%
Chico	< 9	685	39.31	484	29.56
Mediano	9	714	40.96	661	40.38
Grande	> 9	344	19.73	492	30.06
Total		1743	100.00	1637	100.00

Efecto del tamaño de semilla y del periodo de remojo

El análisis de varianza mostró que el periodo de remojo no afectó de manera significativa el porcentaje ni la velocidad de germinación de las semillas. Sin embargo, el tamaño de semilla sí afectó de manera significativa estas variables (Cuadro 2). Por otro lado, la interacción tratamiento de remojo por tamaño de semilla no fue

significativa en ninguna de las variables de germinación, indicando que el efecto del tamaño de la semilla fue independiente del periodo de remojo utilizado (Cuadro 2).

El porcentaje y velocidad de germinación de las semillas fue muy parecido en los dos periodos de remojo, con valores promedio entre 23 y 28 % al final del ensayo (Cuadro 3). Es importante hacer notar que en los dos tratamientos de remojo germinó menos del 30 % de las semillas sembradas, a pesar de que la prueba de viabilidad con tetrazolio al 0.1 % mostró que más del 90 % de las semillas estaban vivas y con potencial de germinar.

Las diferencias entre los resultados de germinación y viabilidad de la semilla podrían estar asociadas a los periodos de remojo empleados; a que la semilla de *Gmelina arborea* requiere de tratamientos pre-germinativos o de condiciones específicas de germinación; a que el tiempo requerido para la germinación es mayor al utilizado; o a otros factores no considerados en el ensayo. En lo que respecta a las diferencias entre tamaños de semillas, la semilla grande tuvo un mayor porcentaje y velocidad de germinación que la semilla chica y mediana (Cuadro 3); las semillas grandes alcanzaron el 40.5 % de germinación, con una velocidad de germinación de 0.99, mientras que las semillas de menor tamaño germinaron menos del 20 %, con una velocidad de germinación cercana a la mitad (entre 0.45 y 0.52) de la observada en las semillas grandes. Estas diferencias sugieren la necesidad de separar los lotes de semilla por tamaño antes de la siembra, para que los lotes de plantas sean más homogéneos y se facilite su manejo durante la etapa de vivero. A pesar de que no se encontró una interacción significativa de los periodos de remojo y el tamaño de semilla, los valores promedio para cada una de las combinaciones de tratamientos muestran que la semilla de tamaño grande remojada durante 24 horas obtuvo el mayor porcentaje de germinación mientras que la semilla grande remojada durante 6 días presentó el mayor valor promedio de velocidad de germinación (Cuadro 3).

CUADRO 2. Cuadrados medios obtenidos en el análisis de varianza del efecto del tamaño de semilla sobre la germinación de semillas de *Gmelina arborea*.

F.V.	g. l.	Cuadrados medios y significancia estadística				
		Porcentaje de germinación			Velocidad de germinación	Plantas semilla
		Lab.	Vivero	Final	(Lab.)	
Periodo de remojo (PR)	1	0.0038 ns	0.0855 ns	0.0166 ns	0.2598 ns	0.0686 ns
Tamaño de Semilla (TS)	2	0.0761 ns	0.0773 ns	0.1685 **	0.6768 *	0.1457 ns
PR*TS	2	0.0227 ns	0.0072 ns	0.0346 ns	0.0568 ns	0.0522 ns
Error	18	0.0308	0.0351	0.0185	0.1684	0.0865

ns = no significativo con $P \leq 0.05$; *significativo con $P \leq 0.05$; **significativo con $P \leq 0.01$.

CUADRO 3. Valores promedio del porcentaje de germinación, velocidad de germinación y número de plantas por semilla de *Gmelina arborea* de acuerdo a los tamaños de semilla y tratamientos de remojo.

Tamaño de semilla	Germinación final (%)			Velocidad de germinación (VG)			No. de plantas por semilla		
	1 día	6 días	Promedio	1 día	6 días	Promedio	1 día	6 días	Promedio
Chico	17	20	18.5 b	0.325	0.716	0.520 ab	0.25	0.33	0.28 a
Mediano	18	19	18.5 b	0.365	0.538	0.452 b	0.19	0.28	0.22 a
Grande	50	31	40.5 a	0.956	1.016	0.986 a	0.29	0.37	0.31 a
Promedio	28	23	_____	0.549	0.757	_____	0.20	0.29	_____

Valores promedio en una columna seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $P=0.05$.

Como se observa en la Figura 1, la semilla grande remojada durante 6 días fue la que inició más rápidamente la germinación, aunque posteriormente fue alcanzada y rebasada por la semilla grande remojada durante 1 día. En promedio, las semillas remojadas durante un periodo de 6 días requirieron casi tres días menos para iniciar la germinación, aunque el periodo de germinación (IG) también se prolongó en más de dos días, con respecto a las semillas que sólo se remojaron durante un día. El tamaño de semilla en cambio, no influyó de manera significativa sobre el número promedio de días para iniciar la germinación ni sobre la longitud total del periodo de germinación (IG) de las semillas como se muestra en los datos presentados por Galán (1999).

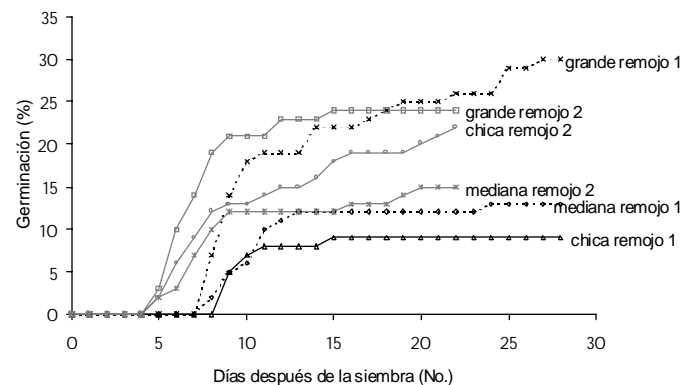


Figura 1. Curva de germinación acumulada de semillas de *Gmelina arborea*, de diferentes tamaños (grande, mediana y chica) sometidas a 2 periodos de remojo (1 y 6 días).

Efecto de tratamientos pre-germinativos

El ensayo de imbibición mostró que el tiempo óptimo de remojo de la semilla de *Gmelina arborea* es de 12 horas, ya que entre las 8 y las 24 horas se alcanzó más del 90 % de aumento en peso fresco en los dos tamaños de semillas que se incluyeron (Figura 2). La temperatura del agua

influyó ligeramente sobre la velocidad de imbibición, ya que en los dos tamaños de semilla se observa que a 4 °C la absorción es más lenta en las primeras 24 horas y las semillas absorben un poco más de agua después de 48 horas de remojo. A pesar de lo anterior, en todos los casos después de 24 horas de remojo los aumentos en peso son mínimos si se comparan con los cambios ocurridos las primeras 24 horas.

Aunque en este ensayo se incluyeron 8 tratamientos pre-germinativos, sólo se consideraron 7 de ellos en el análisis estadístico; el tratamiento 8 (imbibición en agua a punto de ebullición por 3 minutos) se eliminó del análisis debido a que todas las semillas fueron dañadas por el tratamiento. En los 7 tratamientos restantes, el análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ellos con respecto a las variables velocidad y porcentaje de germinación (Cuadro 4). Sin embargo, en los tratamientos de imbibición en 200 ppm de ethrel a 45 °C (tratamiento 5), en 3 % de agua oxigenada (tratamiento 6) y en agua pura a 4 °C (tratamiento 2) se observa un aumento marginal en la germinación de la semilla, con respecto al valor promedio observado en el testigo (Cuadro 4).

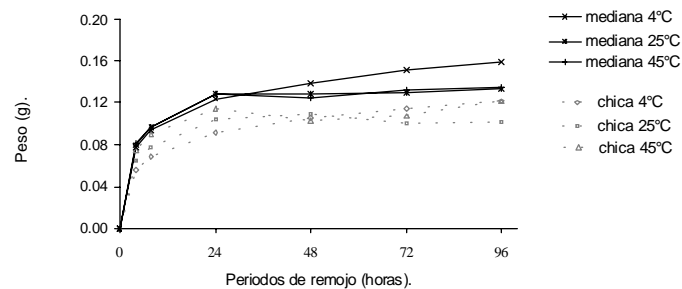


Figura 2. Curvas de aumento en peso fresco de la semilla de *Gmelina arborea* en diferentes condiciones, y periodos de imbibición.

CUADRO 4. Valores promedio del porcentaje y velocidad de germinación de semillas de *Gmelina arborea* sometidas a diferentes tratamientos pre-germinativos.

Tratamiento	Germinación (%)	Velocidad de germinación (VG)
1. Agua, temperatura ambiente.	51.00 a	1.3309 a
2. Agua, 4 °C	58.00 a	1.2853 a
3. Ethrel (200 ppm), 4 °C	54.00 a	1.3235 a
4. Agua, 45 °C	45.00 a	1.2041 a
5. Ethrel (200 ppm), 45 °C	63.00 a	1.5594 a
6. H ₂ O ₂ (3 %), temperatura ambiente	55.00 a	1.3284 a
7. AG ₃ (100 ppm), temperatura ambiente	54.00 a	1.3284 a

Valores en una columna seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $P=0.05$.

La curva de germinación acumulada de las semillas confirma los resultados anteriores y muestra que los

tratamientos 5 y 6 también adelantaron ligeramente el proceso de germinación (Figura 3). Es importante hacer notar que el uso de agua a 45 °C sin la aplicación de ethrel, produjo el menor porcentaje y velocidad de germinación de la semilla (casi 20 % menos que el tratamiento que recibió la aplicación de ethrel, a esa misma temperatura).

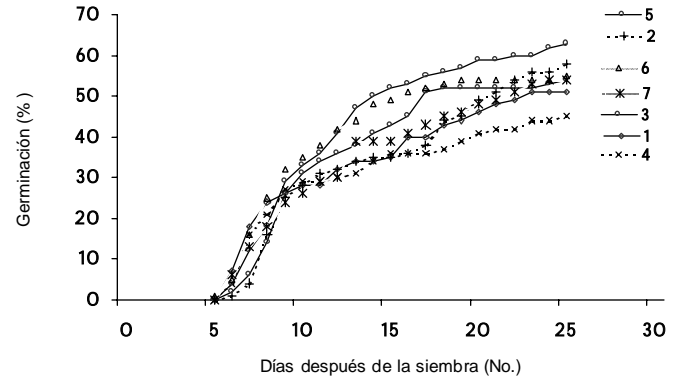


Figura 3. Curvas de germinación acumulada de semilla de *Gmelina arborea* al ser sometida a diferentes tratamientos pre-germinativos.

CUADRO 5. Cuadrados medios obtenidos en el análisis de varianza del número (%) y velocidad de plantas emergidas, número de plantas por semilla, así como del tiempo de inicio y término (T_{10} y T_{90}), vigor germinativo (T_{50}) y homogeneidad de la germinación (IG) de *Gmelina arborea* sometida a diferentes tratamientos pre-germinativos.

F. V.	g. l.	Plantas emergidas		Plantas-semilla (No.)	Periodo de germinación			
		%	Velocidad		T_{10}	T_{50}	T_{90}	IG
Tratamiento pregerminativo	6	0.1362 *	0.5111 **	0.1939 *	2.059**	7.00 *	13.64 ns	10.33 ns
Error	21	0.0505	0.1339	0.0699	0.309	2.82	6.95	7.57

ns = no significativo con $P=0.05$; *significativo con $P\leq 0.05$; **significativo con $P\leq 0.01$.

CUADRO 6. Valores promedio del número y velocidad de plantas emergidas, número de plantas por semilla, así como del tiempo inicio y término (T_{10} y T_{90}), vigor germinativo (T_{50}) y homogeneidad de la germinación (IG) por tratamiento pre-germinativo.

Tratamiento	Plantas emergidas		Plantas-semilla (No.)	Periodo de germinación			
	Número	Velocidad (VG)		T_{10}	T_{50}	T_{90}	IG
1. Agua, amb.	18.50 ba	1.7873 ba	1.455 ba	.00 b	8.75 b	19.50 a	13.50 a
2. Agua, 4°C	21.00 ba	1.7347 ba	1.476 ba	7.75 a	12.00 a	21.25 a	13.50 a
3. Ethrel, 4°C	27.50 a	2.1617 ba	1.876 a	7.00 ba	9.50 ba	16.25 a	9.25 a
4. Agua, 45°C	14.25 b	1.3990 b	1.267 b	6.00 b	8.50 b	18.00 a	12.00 a
5. Ethrel, 45°C	20.75 ba	1.9314 ba	1.308 ba	6.50 ba	10.25 ba	17.25 a	10.75 a
6. H ₂ O ₂ , amb.	23.75 ba	2.4988 a	1.726 ba	5.75 b	8.50 b	16.00 a	10.25 a
7. AG ₃ , amb.	19.00 ba	1.6781 ba	1.430 ba	7.00 ba	10.75 ba	18.25 a	11.25 a

Valores promedios en una columna seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $P=0.05$.

En este ensayo el porcentaje de germinación promedio fue superior al 50 % y la velocidad de germinación promedio fue mayor de 1.35. Las diferencias entre los dos ensayos pueden deberse a los lotes de semillas utilizados (por limitaciones en el número de semillas existentes en cada lote, en el ensayo 1 se utilizó el lote "Yumbo", mientras que en el segundo ensayo se utilizó el lote "Portuguesa"), o al efecto de haber reducido el periodo de imbibición a su valor óptimo con respecto a los periodos de imbibición utilizados en el primer ensayo.

A pesar de que los tratamientos pre-germinativos no afectaron de manera significativa el porcentaje y velocidad de germinación de la semilla de *Gmelina arborea*, sí influyeron de manera significativa ($P \leq 0.05$) sobre la velocidad y cantidad de plantas emergidas en el ensayo, así como sobre el número promedio de plantas obtenidas por semilla, el tiempo de inicio de la germinación (T_{10}) y el vigor germinativo (T_{50}), pero no sobre la homogeneidad o duración total del intervalo de germinación (Cuadro 5). Los tratamientos de remojo en agua a 4 °C + 200 ppm de ethrel (tratamiento 3), en agua oxigenada al 3 % (tratamiento 6) y en agua a 4 °C (tratamiento 2) proporcionaron un mayor número de plantas emergidas que el tratamiento testigo, con 9, 5.25 y 2.5 plantas más, respectivamente (Cuadro 6). El agua oxigenada al 3% aceleró el inicio de la germinación y aumentó el vigor germinativo de la semilla, con diferencias significativas con respecto al uso de agua fría (tratamiento 2); pero no con respecto al tratamiento testigo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El periodo de remojo no afectó de manera significativa el porcentaje, ni la velocidad de germinación de las semillas de *Gmelina arborea*. Sin embargo, el tamaño de semilla sí afectó de manera significativa estas variables; la semilla grande tuvo un mayor porcentaje y velocidad de germinación que las semillas medianas y pequeñas, por lo que es recomendable sembrarlos en lotes separados para reducir la variabilidad en el lote de plantas. El ensayo de imbibición determinó que el tiempo óptimo de remojo de la semilla de *Gmelina arborea* es de 12 horas, ya que entre las 8 y las 24 horas se alcanzó más del 90 % de aumento en peso fresco de las semillas.

2. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos pre-germinativos con respecto a la velocidad y porcentaje de germinación. Sin embargo, los tratamientos pre-germinativos afectaron la cantidad total de plantas emergidas en el ensayo, así como el número promedio de plantas por semilla, el tiempo de inicio de la germinación (T_{10}) y el vigor germinativo (T_{50}). En particular, el uso de agua oxigenada al 3 % aceleró el inicio de la germinación y aumentó el vigor germinativo de la semilla.

3. Es necesario efectuar ensayos adicionales modificando la concentración de ethrel en la solución solo o en combinación con H_2O_2 para determinar si con otras dosis se obtiene un mayor estímulo de la germinación hasta niveles óptimos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Smurfit Cartón y Papel de México S. A. y en especial al Ing. Luis Sánchez Rejón por el apoyo otorgado para la realización de este estudio el proporcionar el germoplasma de *Gmelina arborea*, así como al M. C. Adrián Hernández Livera, Investigador de la Especialidad de Semillas del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, en el Colegio de Postgraduados, por facilitarnos el uso del laboratorio de Análisis de Semillas para la realización de los ensayos de germinación.

LITERATURA CITADA

- BONFIL, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory of seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina*. American Journal of Botany. 85 (1): 79 - 87.
- BONNER, F. T. 1993. Análisis de semillas forestales. Traducido por Dante A. Rodríguez T. Serie de Apoyo Académico No. 47. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 73 p.
- GALÁN L., R. 1999. Tratamientos para estimular y homogeneizar la germinación en semillas de *Gmelina arborea* Linn. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 62 p.
- HARTMANN, T. H.; KESTER, E. D. 1990. Propagación de plantas: Principios y Prácticas, Ed. CECSA. México, D. F. 760 p.
- LAMB, A. F. A. 1968. *Gmelina arborea* In: Fast growing timber trees of the lowland tropics. No. 1. University of Oxford, Department of Forestry. Comm. For. Inst. 34 p.
- LAURIDSEN, E. B.; KEIDING, H. 1978. Progress report on provance trials of *Gmelina arborea*. DANIDA Forest Seed Centre. Circular Letter No. 9 Humlebaek, Dinamarca. 17 p. (mimeo).
- MASILAMANI, P.; VADIVELU, K.K. 1997. Effect of Growth regulator and vigour of preconditioned seed of anjan. (*Hardwickia binata* Roxb). Indian Journal Forestry. 20 (3): 223 - 226.
- PATIÑO V., F.; JUAREZ G., V. M.; CEDEÑO S., O. 1982. *Gmelina arborea* Roxb., una especie promisoría en el Trópico Mexicano. Boletín Técnico No. 3 CIFTROH. Campeche, México. 22-24 pp.
- PATIÑO V., F.; RODRÍGUEZ P., A.; MARÍN C., J.; DÍAZ M., E. 1993. *Gmelina arborea* Roxb., Producción de Planta, Establecimiento y Manejo de Plantaciones. Centro de Investigación del Sureste del INIFAP. Yucatán, México. 167 p.
- RODRÍGUEZ P., E., 1986. Guía para el establecimiento de almacigos de *Gmelina arborea*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Centro de información Tecnológica, Unidad de Tecnología Apropriada. Cartago, Costa Rica. 25p.
- SÁNCHEZ M., A. 1989. Monografía de *Gmelina arborea* Roxb., y su situación en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 130 p.