

ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRES ÁRBOLES TROPICALES

L. Quinto¹; P.A. Martínez-Hernández²;
L. Pimentel-Bribiesca³; D.A. Rodríguez-Trejo³

¹Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: lquinto_29@yahoo.es (¹Autor responsable).

²Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.

³División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

El presente estudio se condujo para determinar la germinación de semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* King), cedro rojo (*Cedrela odorata* L) y roble (*Tabebuia rosea* (Bertol) DC) al usar de agua de coco (*Cocos nucifera* L) en tres fases de maduración, y la germinación de semillas de estas tres especies al ser sometidas a una temperatura ambiental alta. Se realizaron dos ensayos, uno con cinco tratamientos: agua de coco tierno, socato y seco, agua destilada y testigo sin inmersión; en el otro ensayo se comparó la germinación de las semillas de las tres especies a 28/24 °C y 12 h luz. La germinación en las tres especies mejoró ($P<0.05$) de 2 y hasta 10 veces en comparación al testigo pero se mantuvo similar ($P>0.05$) a la encontrada con agua destilada. La mejoría en germinación sólo se dio con agua de coco tierna. A 28/24 °C y 12 h luz caoba mostró 1.4 y 2 veces mayor ($P<0.05$) germinación que cedro y roble, respectivamente. En general la germinación en el ensayo a temperatura alta fue mayor que en el de agua de coco que se llevó a temperatura ambiente. Se concluyó que el agua de coco puede ser un promotor de la germinación en caoba, cedro rojo y roble si el fruto es tierno y que la semilla de caoba muestra alta respuesta en germinación a la temperatura ambiental alta.

PALABRAS CLAVE: agua de coco, tratamientos pregerminativos, caoba, roble, cedro rojo.

ALTERNATIVES TO IMPROVE SEED GERMINATION IN THREE TROPICAL TREES

SUMMARY

The present study was conducted to determine seed germination in mahogany (*Swietenia macrophylla* King), Mexican or Spanish cedar (*Cedrela odorata* L.) and rosy trumpet tree (*Tabebuia rosea* (Bertol) DC.) with the use coconut (*Cocos nucifera* L) water and when seed is exposed to high temperature. Two trials were done, one with five treatments: coconut water from young, mature and dry coconut, distilled water and control; in the other seed germination was compared among trees when environmental temperature was 28/24 °C (day/night) and 12 h light. Seed germination in all three species improved ($P<0.05$) from two to 10 times in relation to control but it was similar ($P>0.05$) to the one found with distilled water. Seed germination was improved only with coconut water from young coconut. At 28/24 °C (day/night) and 12 h light, mahogany, showed seed germination 1.4 and 2 times higher ($P<0.05$) than cedar and rosy trumpet tree, respectively. Seed germination tended to be higher in the trial at higher environmental temperature than at room temperature (coconut water trial). It was concluded that coconut water might improve seed germination in mahogany, cedar and rosy trumpet tree if coconut is young and that mahogany seed shows high germination at high environmental temperature.

KEY WORDS: coconut water, pregerminatives treatments, mahogany, rosy trumpet tree, Mexican or Spanish cedar.

INTRODUCCIÓN

Caoba (*Swietenia macrophylla* King), cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y roble o maculís (*Tabebuia rosea* (Bertol) DC) son árboles de las áreas tropicales de México recomendados para reforestación y los dos primeros son también señalados como especies de gran importancia en la industria maderera nacional e internacional (SAGARPA-PROGAN, 2009; CONAFOR, 2009). La demanda de plantas de estas especies para reforestación y establecimiento de plantaciones forestales puede incrementarse ante el éxito de sistemas silvopastoriles, agroforestales y agrosilvopastoriles en terrenos con pendiente. Aumentar la germinación o reducir el tiempo para la germinación de las semillas son factores determinantes para poder obtener un mayor número de plantas.

La germinación de las semillas de estas tres especies es muy variable desde 10 hasta más del 70 % (CONABIO, 2001) aun con semilla expuesta a nivel externo de hidratación adecuado. Esta variación en la germinación puede ser consecuencia de capas impermeables, inhibidores químicos y temperaturas ambientales desfavorables.

En caoba también es un factor determinante el contenido de humedad de la semilla, al reducirse ésta se reduce la posibilidad de germinación por causar alteraciones en la estructura subcelular (Alarcón-Segura *et al.*, 2003), (Gómez-Tejero *et al.*, 2006).

Ovalles *et al.* (2002) señalan que el agua de coco (*Cocos nucifera* L) es rica en nutrientes y su composición específica depende de la madurez del fruto, a menor madurez mayor concentración de nutrientes (Munro-Olmos *et al.*, 2005). El agua de coco contiene citoquinina que es una fitohormona que entre otras funciones promueve la ruptura de la dormancia y la germinación de semillas al estimular la elongación de las células de los cotiledones en respuesta a la luz (Taiz y Zeiger, 1998). Otro factor es la temperatura ambiental, en especies tropicales es común que la germinación se favorezca conforme la temperatura ambiental es mayor.

El objetivo del estudio fue cuantificar la mejoría en la germinación de la semilla de caoba, cedro rojo y roble al aplicar agua de coco con diferente nivel de maduración y exposición a una alta temperatura ambiental dentro de una cámara de ambiente controlado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y caracterización de las semillas

Las semillas utilizadas en el estudio se colectaron en Santiago de Tuxtla, Veracruz. La caracterización se realizó en el laboratorio de semillas de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Las

características físicas determinadas fueron siguiendo lo indicado por ISTA (1996): pureza, peso, contenido de humedad y viabilidad.

Para determinar pureza se tomaron tres muestras al azar de aproximadamente 50 g cada una, esta muestra se separó en semilla y todo lo distinto a semilla, la separación fue manual y ambos componentes se pesaron para determinar la pureza con base en peso. El peso de las semillas se determinó por 10 muestras de 100 semillas puras cada una, pesando cada muestra en una balanza analítica.

El contenido de humedad de las semillas se midió por el pesado de dos muestras de semilla de 1 g cada una antes del secado en estufa a 80 °C hasta peso constante. Previo a la determinación de viabilidad las semillas fueron inmersas por 24 horas en agua destilada, posteriormente, se usó el método de tinción con tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5 trifeniltetrazolio al 1 %, C19H15N4Cl) sobre 100 semillas puras por especie, con exposición de 24 horas en cajas de petri, envueltas en papel aluminio e introducidas en una cámara de ambiente controlado y temperatura constante de 30 °C.

Evaluación del agua de coco para promover germinación

Para la evaluación del agua de coco como promotor de la germinación se hicieron cinco tratamientos, tres de ellos consistieron en la inmersión de las semillas en agua de coco teniendo el fruto tres estados de madurez: tierno, socato y seco; otro tratamiento fue inmersión de las semillas en agua destilada y el quinto fue un tratamiento testigo sin inmersión de las semillas.

Las semillas fueron seleccionadas para quitar todo tipo de impurezas o semillas mal formadas, las semillas seleccionadas se desinfectaron por inmersión de 30 minutos en una solución con 1 g·litro⁻¹ de clorotalonil usando agua destilada. Posterior a la desinfección, la inmersión de las semillas según el tratamiento fue por 24 h usando vasos de precipitado envueltos en papel aluminio.

La siembra de las semillas se hizo sobre charolas (20.5 x 15 cm) conteniendo una capa de 6 cm de tezontle tamizado y esterilizado en autoclave vertical a una presión de 15 lb durante 2 h, la profundidad de siembra fue igual a una y medio veces el tamaño de la semilla. Por charola se sembraron 48 semillas de caoba y 100 semillas de cedro rojo y roble. Las charolas se mantuvieron en el laboratorio a temperatura ambiente (aproximadamente 21 °C) y con riego diario para mantener el sustrato húmedo pero sin anegamiento. Para el riego se usó agua destilada conteniendo 3 g·litro⁻¹ de captán como preventivo de infecciones fungosas.

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental fue una charola

con sus respectivas semillas. La variable medida fue porcentaje de germinación logrado a 45 días luego de la siembra. Para determinar la germinación se contó el número de plántulas emergidas y a los 45 días también se descubrieron las semillas que no produjeron plántulas, si mostraban emergencia de raídula se les contabilizó como semilla germinada.

Evaluación de la germinación en ambiente controlado

Para la evaluación de la germinación en cámara de ambiente controlado a un régimen de temperatura 28/24 °C (día/noche) y fotoperiodo de 12 h se consideró como tratamiento a cada una de las especies: caoba, cedro rojo y roble. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones.

Al igual que en el experimento con agua de coco las semillas fueron seleccionadas y desinfectadas. La siembra se hizo en cajas de Petri conteniendo papel filtro como sustrato. Debido a los diferentes tamaños de las semillas, en caoba se colocaron 25 semillas por caja de Petri y una repetición se conformó de dos cajas de Petri, en cedro rojo se colocaron 100 semillas por caja de Petri y en roble 50 semillas por caja de Petri conformando dos cajas una repetición.

Las cajas conteniendo las semillas se les agregó agua destilada para humedecer el papel filtro, se taparon y se introdujeron a la cámara de ambiente controlado marca Conviron. Diariamente se revisó cada caja para asegurar que se mantenía la humedad, caso contrario se agregaba agua destilada para mantener húmedo el papel filtro pero sin anegamiento. Las cajas se mantuvieron dentro de la cámara de ambiente controlado durante 30 días.

La variable medida fue semillas germinadas, considerando como semilla germinada aquella que mostrara emergencia de la radícula, la determinación de semillas germinadas se hizo todos los días y hasta los 30 días en que se mantuvieron las cajas dentro de la cámara de ambiente controlado. Toda semilla calificada como germinada era retirada de la caja de Petri. Con base en el número de semillas germinadas se calculó el porcentaje de germinación acumulado durante el periodo de 30 días.

Análisis de datos

El análisis estadístico del porcentaje de germinación se hizo por análisis de varianza y comparación de medias por Tukey con $P= 0.05$ (Infante-Gil y Zárata de Lara, 2007) los cálculos respectivos se hicieron con el programa SAS® (SAS Institute, 1989). En el ensayo con agua de coco los análisis de varianza se hicieron en forma independiente para cada una de las especies. El modelo utilizado para los análisis de varianza fue el siguiente (Infante-Gil y Zárata de Lara, 2007):

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Respuesta en la j -ésima unidad experimental con el i -ésimo tratamiento.

μ : Media general, común a todas las unidades, antes de aplicar los tratamientos.

α_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j : Efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} : Error en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas de las semillas

Las semillas de los árboles en estudio tuvieron mayores diferencias en tamaño y un tanto en pureza, siendo similares en contenido de humedad y en viabilidad (Cuadro 1). La semilla de cedro resultó ser la más pequeña lo que podría darle una mayor capacidad de traslado en el ambiente mientras que la de caoba fue la más grande, lo que a su vez podrá conferirle una mayor capacidad de arraigarse en un punto determinado.

Entre las impurezas encontradas en las semillas estuvieron trozos de ramitas, hojas, semillas de otras

CUADRO 1. Características de las semillas de las tres especies de árboles tropicales en estudio

Especie	Número de semillas·kg ⁻¹	Pureza	Contenido de humedad		Viabilidad
			%		
Caoba	2,922	70.37	10.80		94
Cedro	94,697	96.81	8.30		96
Roble	40,209	81.14	8.74		99

especies, residuos de tejidos vegetales y aún trozos de semillas. Aun cuando el nivel de pureza en cedro fue alto, al coleccionar semilla en campo debe tenerse en cuenta ese nivel para asegurarse que se cuenta con semilla para siembra.

El contenido de humedad de las semillas fue en general bajo y la viabilidad muy alta en las tres especies, lo que indica que se contó con semilla viva.

Impacto del agua de coco como promotor de la germinación

En los Cuadros 2 al 4 se muestran los resultados en germinación de las semillas de los tres árboles en estudio, el patrón de respuesta al tratamiento con agua de coco fue similar en las tres especies. Conforme el grado de madurez del coco fue mayor (de tierno a seco) la germinación fue menor ($P < 0.05$) indicando que el agua de coco perdió efectividad en promover mayor germinación, así en los tres árboles la máxima ($P < 0.05$) germinación se encontró en semillas con inmersión en agua de coco tierno, la mejoría en germinación fue de 10, 7 y 2 veces con respecto a la encontrada con agua de coco, seco en caoba, cedro y roble, respectivamente.

Posiblemente los cambios en la concentración de los componentes del agua de coco conforme el fruto madura (Ovalles *et al.*, 2002; Munro-Olmos *et al.*, 2005) como lo es el aumento de aceite, explique esta menor efectividad en promover la germinación de semillas a mayor madurez del

CUADRO 2. Germinación de semillas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) sometidas a inmersión en agua de coco de diferente maduración.

Tratamiento	Germinación (%)
Sin inmersión	13.2 ab [†]
Coco tierno	40.3 a
Coco socato	18.1 ab
Coco seco	4.2 b
Agua destilada	28.5 ab

[†]a, b, ... Medias con al menos una literal en común no son diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

CUADRO 3. Germinación de semillas de cedro (*Cedrela odorata* L.) sometidas a inmersión en agua de coco de diferente maduración.

Tratamiento	Germinación (%)
Sin inmersión	21.7 b [†]
Coco tierno	30.7 a
Coco socato	17.7 b
Coco seco	4.7 c
Agua destilada	32.0 a

[†]a, b, ... Medias con al menos una literal en común no son diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

Alternativas para mejorar...

CUADRO 4. Germinación de semillas de roble (*Tabebuia rosea* (Bertol) DC) sometidas a inmersión en agua de coco de diferente maduración.

Tratamiento	Germinación (%)
Sin inmersión	12.2 b [†]
Coco tierno	31.7 a
Coco socato	17.7 b
Coco seco	15.5 b
Agua destilada	31.7 a

[†]a, b, ... Medias con al menos una literal en común no son diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

fruto. Por otro lado, es posible que el agua de coco tierno tenga una alta concentración de citoquininas, y sean las responsables del efecto encontrado en promover la germinación (Taiz y Zeiger, 1998).

En cedro y roble la germinación de las semillas inmersas en agua de coco tierno fue 1.5 y 2.6 veces superior ($P < 0.05$) a la encontrada en las semillas sin inmersión (testigo), respectivamente. En caoba aun cuando la germinación de las semillas inmersas en agua de coco tierno fue tres veces mayor a la de las semillas sin inmersión, esta diferencia no fue significativa ($P > 0.05$), indicando que en caoba fue mayor la variabilidad en el comportamiento de las semillas. Esta mayor variabilidad es difícil de explicar desde el momento en que la viabilidad de las semillas fue muy similar en las tres especies (Cuadro 1).

En las tres especies la inmersión en agua destilada promovió una germinación de similar magnitud a la encontrada con agua de coco tierno y superior a la inmersión en agua de coco seco. Esto permite suponer que la inmersión en agua de coco tierno pudo promover mayor germinación tanto por su composición como por una capacidad de remojo y ablandamiento físico igual a la de agua destilada y que no se pudo obtener con el agua de coco seco. De nuevo en caoba se dan diferencias numéricas mayores en la germinación de semillas en agua destilada y en agua de coco seco pero sin llegar a tener diferencia significativa ($P > 0.05$).

La germinación, en todos los casos, puede considerarse baja; y esto a su vez, pudo ser consecuencia de que la temperatura de 21 °C a la que se sometieron las semillas durante el proceso de germinación fue baja en comparación a la temperatura ambiental en la que normalmente se desarrollan estas especies arbóreas tropicales.

Germinación en cámara de ambiente controlado.

Al someter las semillas a una temperatura ambiental alta, la germinación de las especies mostró dispersión, la germinación de las semillas de caoba fue 1.4 y 2.0 veces mayor ($P < 0.05$) a la observada en cedro y roble,

respectivamente, y la de cedro fue 43.5 superior ($P < 0.05$) a lo registrado en roble (Cuadro 5). El menor porcentaje de germinación en cedro y roble en comparación al de caoba puede atribuirse al bajo contenido de humedad de las semillas de aquellas dos especies (Cuadro 1).

Para las tres especies la germinación tendió a ser mayor en este estudio con temperatura ambiental alta en comparación al efectuado a temperatura ambiental, lo que refuerza que en estas tres especies la temperatura ambiental es importante en el proceso de germinación y que esta temperatura debe ser lo más cercano a lo registrado en un ambiente tropical.

En la Figura 1 se muestra la germinación acumulada hasta el día 29 en la cámara de ambiente controlado. Cedro y roble mostraron semillas germinadas desde los siete días de estar en la cámara mientras que caoba lo hizo a partir del día 15. Sin embargo, la germinación en caoba fue ascendente hasta el día 29, mientras que en roble la tendencia ascendente sólo se mantuvo en los primeros 12 días, posterior a ello el aumento en semillas germinadas fue mínimo.

El cedro mostró un perfil de semillas germinadas intermedio entre lo observado en roble y caoba, la tendencia

CUADRO 5. Germinación en tres especies arbóreas tropicales al exponer las semillas a un régimen de temperatura 28/24 °C (día/noche) y 12 h de luz.

Especie	Germinación (%)
Caoba	76.0 a [†]
Cedro	54.0 b
Roble	37.7 c

[†]a, b, ... Medias con al menos una literal en común no son diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

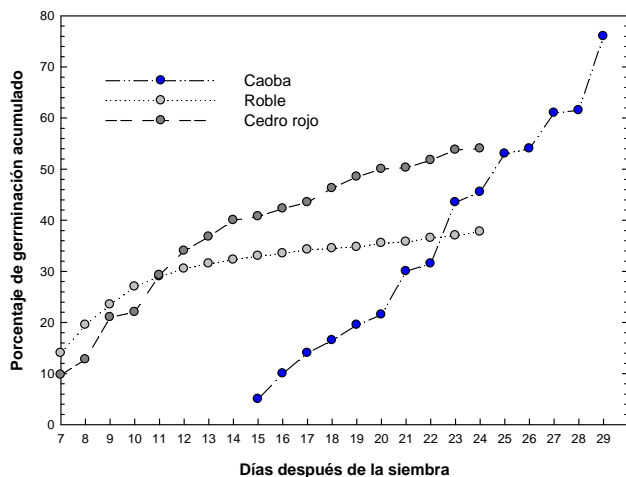


FIGURA 1. Germinación acumulada de las especies arbóreas en cámara de ambiente controlado con régimen de temperatura de 28/24 °C día/noche y fotoperiodo de 12 h.

ascendente en el número de semillas germinadas tendió a disminuir en forma más paulatina. Estos patrones en el número de semillas germinadas es indicativo de que el tiempo que debe dejarse transcurrir para evaluar el porcentaje de germinación de semillas debe ser distinto, en general caoba requiere de un tiempo mayor y roble de un tiempo menor.

CONCLUSIONES

Las semillas de las especies usadas en este estudio fueron de buena calidad. El agua de coco puede servir para promover una mayor germinación de las semillas de caoba, cedro rojo y roble siempre que el fruto sea tierno. La inmersión de las semillas en agua destilada puede mostrar un impacto en la germinación similar al agua de coco tierno.

Exponer las semillas de caoba, cedro rojo y roble a temperaturas ambientales altas permite una mayor germinación y discriminación en el comportamiento de germinación de las semillas de estas especies.

AGRADECIMIENTO

A la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) – Instituto para la Formación y Aprovechamiento de Recursos Humanos (IFARHU), por el financiamiento otorgado para la realización del presente trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

- ALARCÓN-SEGURA, J.; MARTÍNEZ-SERNA, L.; CASTRO-ZAVALA, S. 2003. Notas técnicas de tratamiento pregerminativo para la siembra de semilla de *Abies religiosa* (H.B.K) Schl. Et Cham y *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. Dirección de Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Vivero San Luis Tlaxiatalmalco. México, D. F. 5 p.
- CONABIO. 2001. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 263 p.
- CONAFOR, 2009. Fichas técnicas. Consulta en www.conafor.gob.mx
- GÓMEZ-TEJERO, J.; JASSO-MATA, J.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J. J.; SOTO-HERNÁNDEZ, M. R. 2006. Deterioro de semillas de dos procedencias de *Swietenia macrophylla* King bajo distintos métodos de almacenamiento. Ra Ximhai. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma Indígena de México, Mochicahui. El Fuerte, Sinaloa. 2(1): 223-239.
- INFANTE-GIL, G.; ZARATE DE LARA G. P. 2007. Métodos estadísticos, un enfoque interdisciplinario. Trillas. México. 426-448 p.
- ISTA. 1996. International rules for seed testing. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION Supplement Rules. Seed Science and Technology. Vol. 24. 335 p.
- MUNRO-OLMOS, D.; RAMOS-SERRANO, J.; ROMERO-CADENA, A.; FIGUEROA-VIERA, J. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo del cocotero en el estado de Colima. Gobierno del estado de Colima, Secretaría de Desarrollo Rural. Estado de Colima. 50 pp.

- OVALLES, J. F.; LEÓN, L. A.; VIELMA, R. A.; MEDINA, A. 2002. Determinación del contenido de aminoácidos libres del agua de coco tierno por HPLC y revisión electrónica sobre la nueva tecnología para el envasado del agua de coco. Revista de la Facultad de Farmacia, Universidad de los Andes. Mérida, R. B. de Venezuela. 44: 70-78.
- SAGARPA-PROGAN, 2009. Compromisos del beneficiario de PROGAN. Consulta en www.sagarpa.gob.mx/progan
- SAS INSTITUTE INC. 1989. SAS/STAT® User's Guide. Version 6, Cary, NC:SAS Institute Inc., pp. 209-243.
- TAIZ, L.; ZEIGER E. 1998. Plant physiology. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers. 792 p.