

Estudio de la germinación y la conservación de semillas de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*)

Jorge Herrera¹
Kathya Lines²
William Vásquez³

*Semilla de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*) se recolectó en Volcán de Buenos Aires, Puntarenas, con el fin de determinar el punto de madurez fisiológica, las mejores técnicas de procesamiento, el efecto de la humedad de la semilla, el sustrato, el fotoperíodo y la temperatura sobre la germinación y su almacenamiento.*

Palabras clave

Calophyllum brasiliense; árboles forestales; semillas; germinación; almacenamiento de semillas; viabilidad de la semilla.

Resumen

Semilla de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*) se recolectó en Volcán de Buenos Aires, Puntarenas, con el fin de determinar el punto de madurez fisiológica, las mejores técnicas de procesamiento, el efecto de la humedad de la semilla, el sustrato, el fotoperíodo y la temperatura sobre la germinación y su almacenamiento. La madurez fisiológica se alcanzó 92 días después de la antesis. Se evaluaron cinco contenidos de humedad (4,8%, 10,5%, 21,3%, 26,3% y 40,3%). Se encontró que la semilla germina en menor tiempo

y mayor porcentaje con el contenido de humedad más elevado. De los sustratos de germinación evaluados (arena, vermiculita y suelo), el mejor fue arena. Con respecto a las temperaturas de germinación evaluadas (24, 28 y 32 °C), los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron a 28 °C. No se encontró efecto debido al fotoperíodo. La viabilidad de la semilla disminuyó rápidamente después de un mes de almacenamiento y esta disminución se intensificó conforme se redujo el contenido de humedad. La sensibilidad de semillas de *C. brasiliense* a las bajas temperaturas y contenidos de humedad, corroboraron su carácter recalcitrante.

Introducción

En Costa Rica hay pocos estudios sistemáticos sobre el uso de las especies

1. Máster en Ingeniería Forestal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Correo electrónico: wvasquez@catie.ac.cr. Tel: 558-2578
2. Autora de la tesis. Licenciada en Ingeniería Agronómica con énfasis en Fitotecnia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Correo electrónico: klines@catie.ac.cr. Tel: 558-2000, ext: 2732
3. Máster en Ingeniería Agronómica. Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), UCR, San José, Costa Rica. Correo electrónico: jherrera@cariari.ucr.ac.cr

Se recolectó semillas de cedro maría de árboles dispersos en la zona sur de Costa Rica, en Buenos Aires, Puntarenas. En total, se tomaron semillas de ocho árboles.

nativas y para la mayoría se desconoce su silvicultura. Mientras que en 1990 se utilizaban seis especies nativas, entre los pequeños y medianos reforestadores, en el año 2000 el número aumentó a más de 20 especies, lo cual refleja la necesidad de generar información para orientar el futuro desarrollo forestal de estas especies.

Una de las especies de interés es cedro maría (*Calophyllum brasiliense*), que se considera abundante en las zonas de Los Chiles, Upala, San Vito y la península de Osa, entre otras (González, 1985) y que es la madera comercial más importante de la familia Guttiferae, debido a que presenta características físicas que le confieren facilidad de manejo para la construcción (Sánchez, 1995). Para desarrollar el cultivo de esta especie, se precisa información en aspectos tales como condiciones adecuadas para su germinación, almacenamiento temporal, tolerancia a la reducción del contenido de humedad de las semillas y su posterior efecto sobre la viabilidad y el manejo de estas.

Las semillas de cedro maría se han clasificado como recalcitrantes, lo cual significa que tienen una vida corta y solo se pueden almacenar si tienen un contenido de humedad relativamente alto. Al momento de la cosecha, tienen un contenido de humedad más alto que el de las ortodoxas, entre 40% y 60% comparado con 9% a 25% de estas últimas. Además, mueren si su contenido de humedad es inferior al 20% aproximadamente (Jara, 1996).

Según Basra (1995), la mayoría de las semillas recalcitrantes se originan en el bosque tropical húmedo, el cual constituye su hábitat, precisamente porque reúne condiciones, como alta temperatura y alta humedad relativa, necesarias para el desarrollo y mantenimiento de dichas especies, por lo que no es sorprendente que no toleren bajas temperaturas.

Sánchez (1995) encontró que semillas de *C. brasiliense* recién cosechadas, con 44% de humedad, germinaron en un 100% y que

este porcentaje se redujo paulatinamente conforme descendió el contenido de humedad. Con 12,5% de contenido de humedad la germinación fue de 24%.

Un aspecto fundamental para la germinación de cualquier especie es la elección del sustrato por utilizar, básicamente porque se desea obtener plantas vigorosas. La Internacional Seed Testing Association o ISTA (1999) señala una serie de sustratos que se deben evaluar para estimar la idoneidad para cada especie, entre los más utilizados se encuentran el papel, la arena y el suelo.

Por otra parte, el tiempo transcurrido entre la cosecha y la siembra es un aspecto crítico, especialmente en la conservación de las semillas recalcitrantes. Según González (1991), la tasa de deterioro de la semilla en el almacenamiento depende de las condiciones en que este se realice. El almacenamiento adecuado tiene como fin mantener la viabilidad de la semilla al nivel más alto, por el mayor tiempo posible.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la fisiología de la germinación y el proceso de deterioro durante el almacenamiento de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*).

Materiales y métodos

Se recolectó semillas de cedro maría de árboles dispersos en la zona sur de Costa Rica, en Buenos Aires, Puntarenas. En total, se tomaron semillas de ocho árboles. La zona está clasificada como bosque húmedo tropical, con una precipitación de 2274 mm, con una altura media de 385 msnm y 27 °C de temperatura promedio. La cosecha de los frutos se realizó antes de completar su maduración total, ya que estos caen al suelo en forma súbita y sufren daño, especialmente por el ataque de insectos y algunos mamíferos.

El procesamiento se realizó en el Banco de Semillas Forestales (BSF) del Centro Agronómico Tropical de Investigación

y Enseñanza (CATIE). Los frutos se colocaron en cribas a la sombra durante 8 días como proceso de postmaduración y de presecado. La extracción de las semillas se realizó con la ayuda de tablas de madera en medio de las cuales se colocaron los frutos maduros y por medio de movimientos circulares se separó la semilla.

Los frutos de todos los árboles se mezclaron para homogeneizar la muestra y determinar el contenido de humedad inicial en una muestra representativa, para lo cual se colocaron cuatro submuestras de 5 g, en un horno a 103 °C por 16 horas.

Para determinar el intervalo (días) adecuado para efectuar los conteos durante los ensayos, así como las necesidades de esterilización de las semillas, se tomaron dos muestras de 120 semillas, 20 de cada grupo se separaron para determinar el contenido de humedad, la primera muestra se desinfectó con NaHClO (1%) por 10 minutos y se les aplicó carboxim y captan (0,03%). Al segundo grupo se le aplicó solamente el fungicida. La prueba de germinación se realizó utilizando 4 repeticiones de 25 semillas para cada tratamiento, que se colocaron en cajas plásticas transparentes con tapa. Se usó arena esterilizada con vapor como sustrato.

Para determinar la madurez fisiológica de las semillas, se efectuaron cuatro visitas a la zona de recolección (0, 50, 76 y 92 días después de la aparición de los frutos). En cada visita se estratificó la copa de cada árbol en tres partes (apical, media y basal) a cuatro de los ocho árboles seleccionados. Se tomaron 15 frutos por árbol (cinco de cada estrato), con el fin de averiguar si la maduración ocurría o no en forma estratificada.

En el laboratorio, se determinó: el peso fresco, el peso seco y el contenido de humedad. Esta información se utilizó para desarrollar una curva de madurez fisiológica que relacionara las variables

contenido de humedad y peso seco de las semillas en el tiempo (Morera, 1988).

El secamiento de las semillas se realizó mediante el protocolo de valoración de semillas forestales (DFSC / IPGRI, 1998). Cada tratamiento consistió de cuatro repeticiones de 25 semillas. Se determinó que el contenido de humedad inicial de la semilla fue 43,5%. La semilla se secó gradualmente y separó en cinco grupos con diferentes humedades, a saber: 4,8, 10,5, 21,3, 26,3 y 43,5%.

Se evaluó el efecto de los contenidos de humedad de la semilla sobre su germinación, para lo cual se utilizó una cámara a 32 °C. Las semillas se sembraron en cajas plásticas transparentes con tapa. Como sustrato se usó arena acondicionada, de acuerdo con las normas de ISTA (1999). En cada caja se colocaron cuatro repeticiones de 25 semillas en forma aleatoria.

Los conteos de germinación se realizaron cada cinco días (basados en los resultados obtenidos en la primera prueba de germinación) durante dos meses. Se utilizó un diseño irrestricto al azar y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

Para el ensayo de almacenamiento, se tomaron 120 semillas de cada uno los grupos con contenidos de humedad diferentes (4,8, 10,5, 21,3 y 26,3%) y se almacenaron en bolsas plásticas con agujeros, y estas, a su vez, en cajas plásticas de 38 * 31 * 20 cm con tapa, bajo tres condiciones de temperatura, a saber: 5 °C, 15 °C y temperatura ambiente (promedio 28 °C), durante 1, 3 y 6 meses.

Se utilizó un diseño irrestricto al azar en arreglo factorial (3 períodos de almacenamiento x 4 contenidos de humedad x 3 temperaturas) usando cuatro repeticiones de 25 semillas por tratamiento. También se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey.

Se realizó un ensayo adicional, con el fin de determinar las condiciones óptimas de

Para determinar la madurez fisiológica de las semillas, se efectuaron cuatro visitas a la zona de recolección (0, 50, 76 y 92 días después de la aparición de los frutos).

germinación, en el cual se utilizaron los sustratos: arena, tierra y vermiculita y se probaron las temperaturas 24, 28 y 32 °C. Estas pruebas se realizaron en oscuridad y con períodos de luz de: 0, 12 y 24 horas.

Las pruebas se realizaron en cámaras de crecimiento tipo Gram. No se utilizó ningún tratamiento pregerminativo. La arena y la tierra se esterilizaron previamente con vapor. El riego se aplicó periódicamente en forma manual, de manera que el sustrato estuviera siempre húmedo. Se puso especial cuidado de evitar excesos de agua. Los resultados se analizaron utilizando

un diseño irrestricto al azar en un arreglo factorial. Se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas. Se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey.

Resultados

Para determinar el punto de madurez fisiológico, a un total de 240 semillas (60/visita), se les determinó el peso fresco, el peso seco y el contenido de humedad (figura 1).

Se observó que el contenido de humedad de las semillas disminuyó durante la

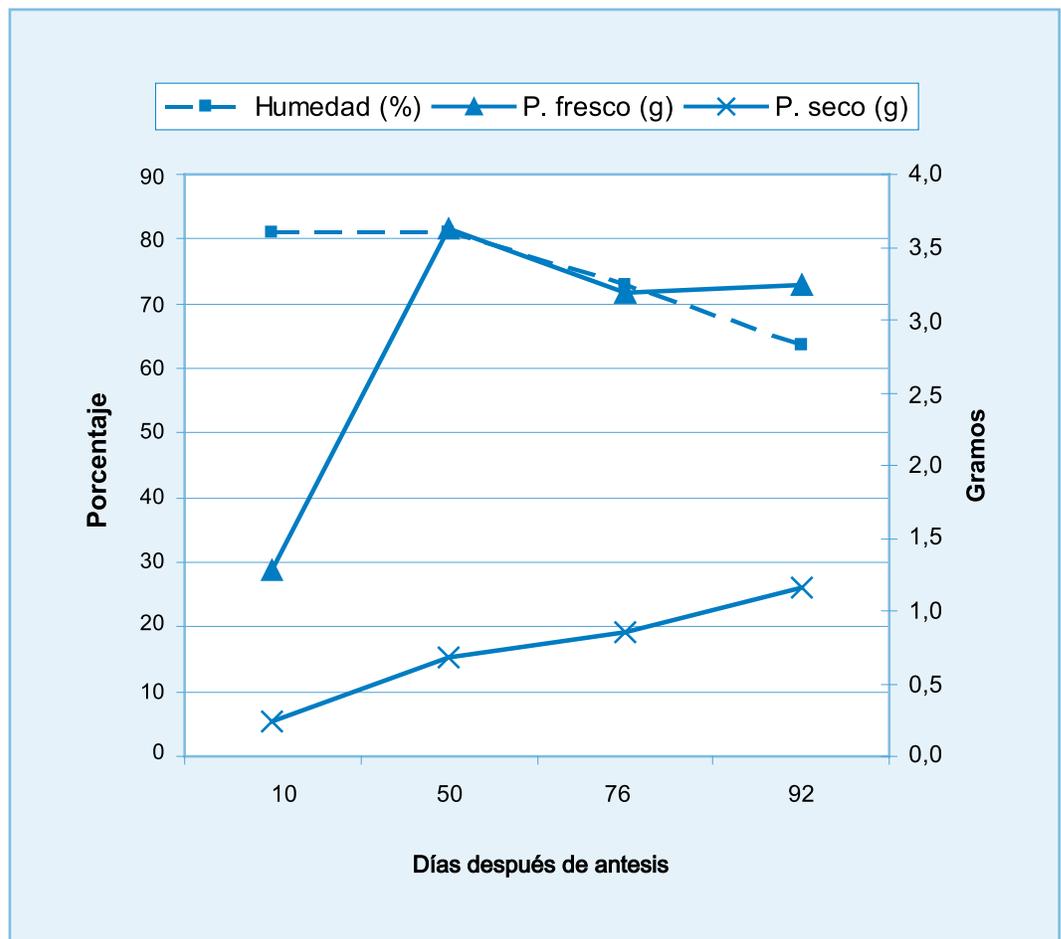


Figura 1. Relación entre el peso fresco, el peso seco y el contenido de humedad en semillas de *Calophyllum brasiliense*.

mayor parte del proceso de evaluación, mientras que el peso seco aumentó casi en forma constante durante el mismo período. Por su parte, el peso fresco mostró un aumento muy fuerte durante los primeros 50 días, después de lo cual se mantuvo relativamente estable, aunque con una tendencia a disminuir. No se pudo continuar las evaluaciones después de 92 días de la antesis, ya que en este momento se inició la caída de los frutos, por lo que se realizó la cosecha para los experimentos de germinación y conservación.

La germinación inicial de la semilla de cedro maría se evaluó durante 65 días, con el fin de tener un índice de la velocidad de germinación en relación con la humedad de almacenamiento de la semilla. Como se puede ver en la figura 2, la semilla con mayor humedad tuvo un índice de germinación mayor que las que tenían menor contenido de humedad.

La figura 3, de la página siguiente muestra los porcentajes de germinación

de la semilla utilizada en el ensayo de germinación, para cada uno de los cinco contenidos de humedad analizados (4,8, 10,5, 21,3, 26,3 y 40,3%). Se encontró que el promedio de germinación más alto se alcanzó con la humedad de 40,3%. Según la prueba de Tukey, hubo diferencias significativas entre todas las humedades evaluadas, excepto entre 10,5 y 21,3%. A su vez, se observó que la disminución en el porcentaje de germinación es proporcional a la disminución en el contenido de humedad.

El estudio del efecto de los tres sustratos (arena, suelo y vermiculita) sobre la germinación de semillas de *C. brasiliense* (figura 4) mostró que con el sustrato arena se logró el mayor porcentaje de germinación acumulada a través del período a partir de la emergencia de las plantas, hasta un máximo de 62,3% aproximadamente. Según la prueba de Tukey, la arena fue significativamente mejor que el suelo y la vermiculita, entre los cuales no hubo diferencias ($P \leq 0,05$).

El análisis de las temperaturas de germinación mostró que la mayor germinación se alcanzó a 28 °C (73,9%), 50 días después de la siembra de las semillas. Los resultados menores se obtuvieron con la temperatura de 32 °C, mientras que resultados intermedios se obtuvieron con 24 °C de temperatura. Según el análisis de varianza, hubo diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) entre las tres temperaturas evaluadas (figura 5).

El análisis de los períodos de iluminación mostró que no hubo diferencias entre los tres períodos evaluados. Sin embargo, las plantas germinadas se mostraron más vigorosas con luz alterna, ya que se observó un mayor desarrollo de hojas y un hipocótilo más fuerte.

Se encontró que la interacción entre el sustrato y la temperatura fue significativa ($P \leq 0,05$). Conforme la temperatura de germinación aumentó de 24 a 28 °C hubo

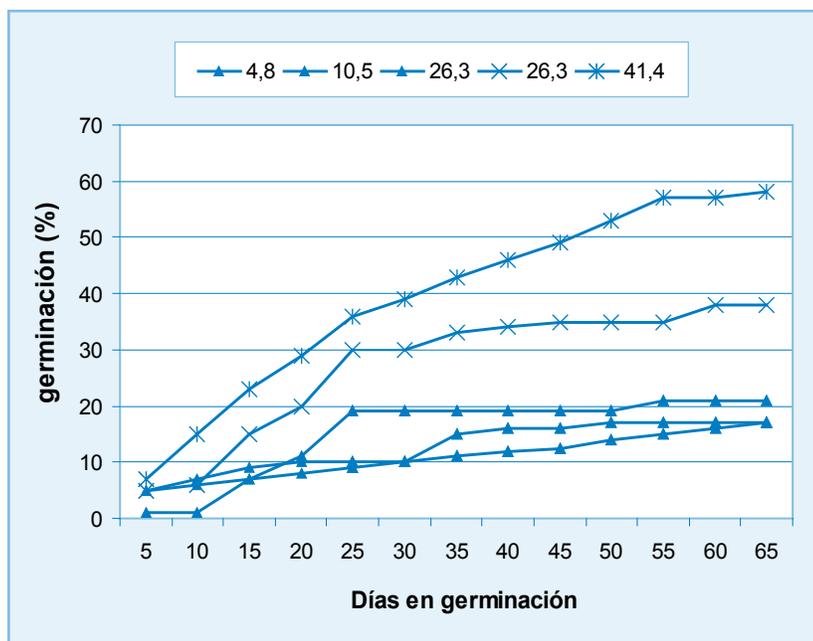


Figura 2. Índice de la velocidad de germinación en relación con la humedad de las semillas de *Calophyllum brasiliense*.

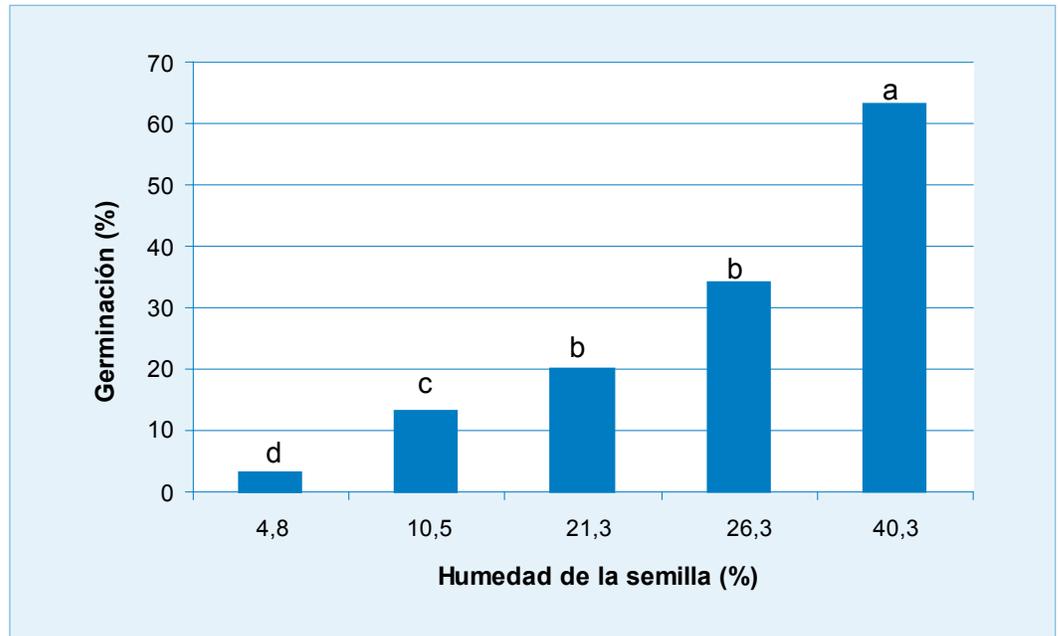


Figura 3. Efecto de contenidos decrecientes de humedad sobre el porcentaje de germinación en semillas de *Calophyllum brasiliense*.

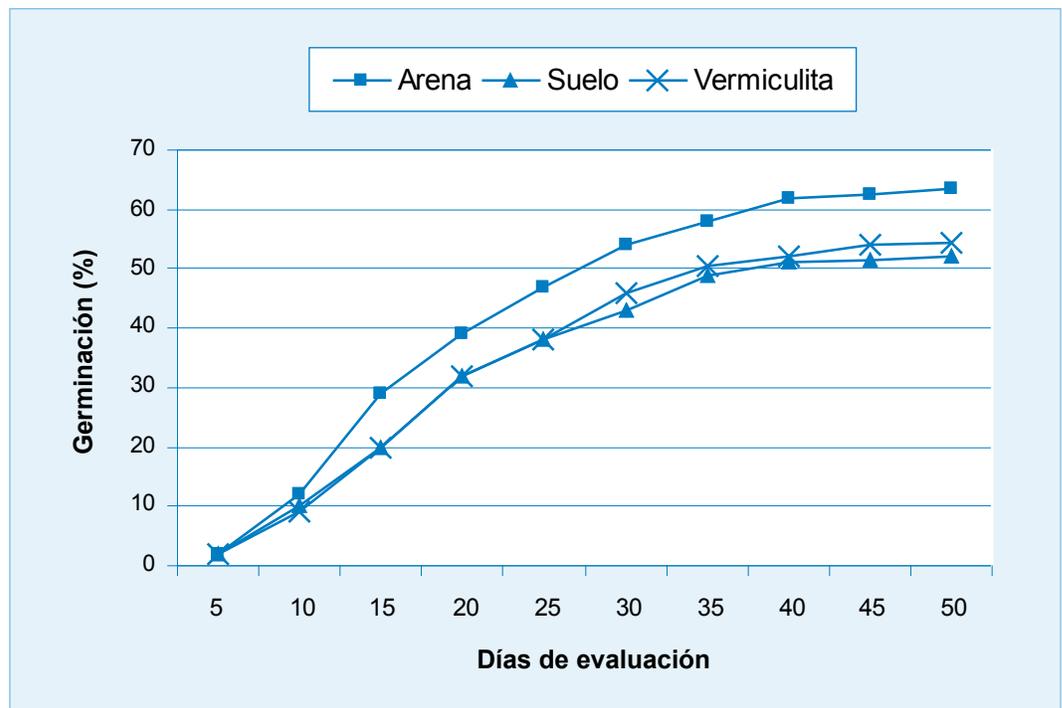


Figura 4. Efecto de los sustratos en la germinación de semillas de *Calophyllum brasiliense*.

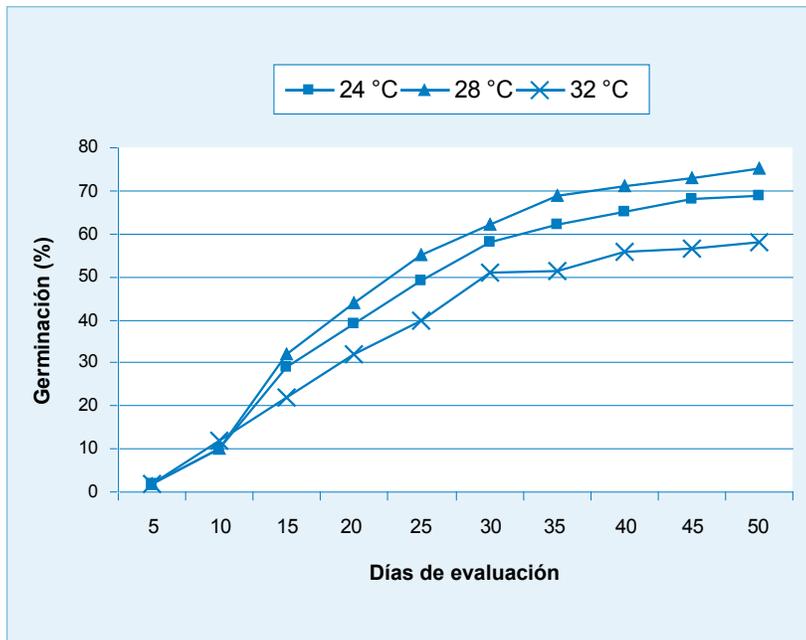


Figura 5. Efecto de la temperatura sobre la germinación de semillas de *Calophyllum brasiliense*.

un aumento general en los tres sustratos hasta alcanzar valores cercanos a 80% de germinación. Con la temperatura de 32 °C se observó que los sustratos arena y vermiculita mantuvieron valores de germinación relativamente altos (75,0 y 75,7% respectivamente), mientras que al utilizar suelo se produjo un descenso marcado en los valores hasta 52,7%.

Las pruebas de almacenamiento mostraron que al final del período se produjeron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la semilla conservada a 5 °C (2% de germinación) y las otras dos: 15 °C y temperatura ambiente (9,5 y 12,3% de germinación respectivamente).

En cuanto a los contenidos de humedad evaluados, se observaron diferencias estadísticas entre todos los tratamientos, resultando más adecuado el de 26,3%, pues presenta el promedio de germinación más alto (17,9%), mientras que semillas almacenadas con 4,8% de contenido de humedad no lograron germinar. Por su parte, semillas con 10,5% y 21,3% de

contenido de humedad se ubicaron como tratamientos intermedios (4,1 y 9,7% de germinación, respectivamente).

Al mismo tiempo, las pruebas mostraron que no existen diferencias altamente significativas entre los tiempos de almacenamiento: 1, 3 y 6 meses cuyos promedios de germinación fueron de 8,6, 8,6 y 7,6%, respectivamente.

En la figura 6 se observa que durante todo el período de almacenamiento la semilla conservó mejor su viabilidad a temperatura ambiente, que a 5 °C y 15 °C,

La interacción entre los distintos niveles de humedad de la semilla y el tiempo de almacenamiento (figura 7) mostró que en todos los tratamientos hubo una disminución considerable en la germinación después de un mes de almacenamiento, aunque menos pronunciado conforme disminuyó el contenido de humedad. Semillas con un contenido de humedad de 4,8% prácticamente no lograron germinar luego de un mes de permanecer almacenadas.

La interacción de tres temperaturas de almacenamiento (ambiente, 5 y 15 °C) y el contenido de humedad (4,8, 10,5, 21,3 y 26,3%) sobre la germinación mostró que la semilla no germinó cuando se almacenó con 4,8% de humedad y que los mayores valores se alcanzaron con 26,3% de humedad. Asimismo, señaló que las semillas no toleraron el almacenamiento a 5 °C, independientemente del contenido de humedad (figura 8). Los valores mayores se consiguieron con las humedades de 21,3% y 26,3% a 15 °C y a temperatura ambiente. Semillas con 4,8% de contenido de humedad no lograron germinar en ninguna de las tres temperaturas probadas.

Discusión

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo, se logró determinar que la semilla de cedro maría presenta características propias de las especies conocidas como recalcitrantes. Las

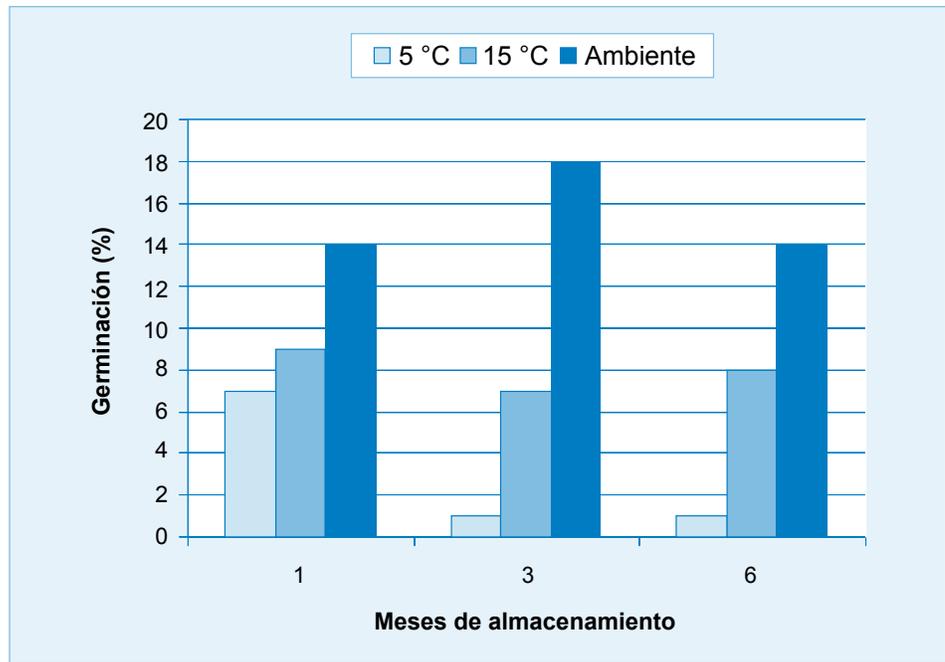


Figura 6. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la germinación de semillas de *Calophyllum brasiliense* almacenada por seis meses.

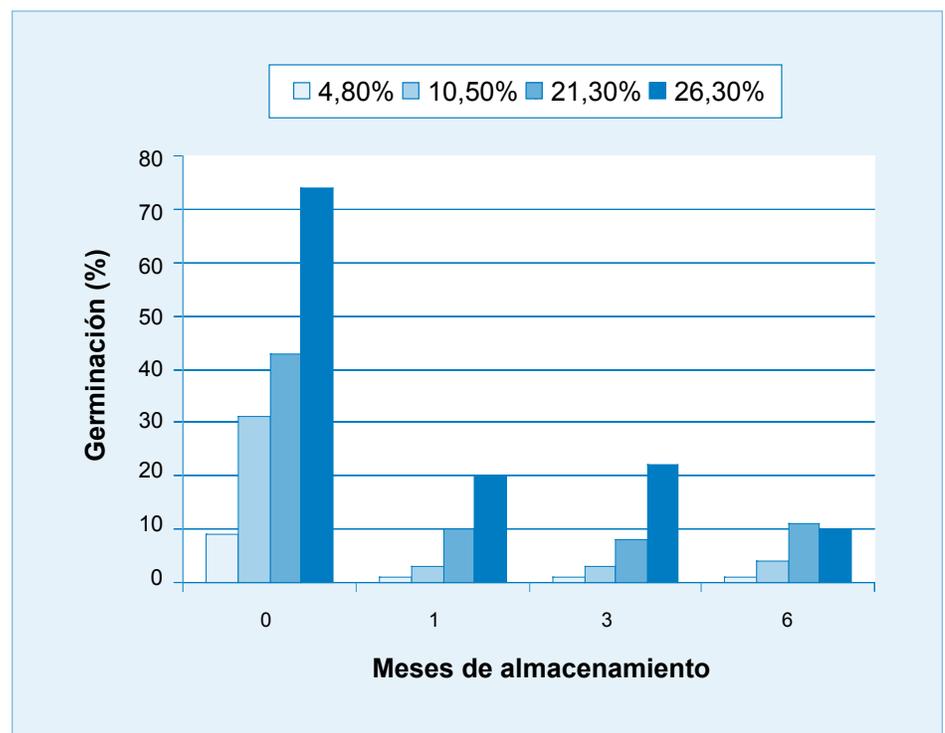


Figura 7. Efecto del contenido de humedad en la germinación de semillas de *C.brasiliense* en cada uno de los tiempos de almacenamiento.

Cuando las semillas recalcitrantes se someten a un proceso de secamiento, la viabilidad se ve en primera instancia reducida conforme se reduce el contenido de humedad, pero si este se lleva a niveles inferiores al mínimo seguro, la viabilidad se reduce eventualmente a cero (Bewley y Black, 1994).

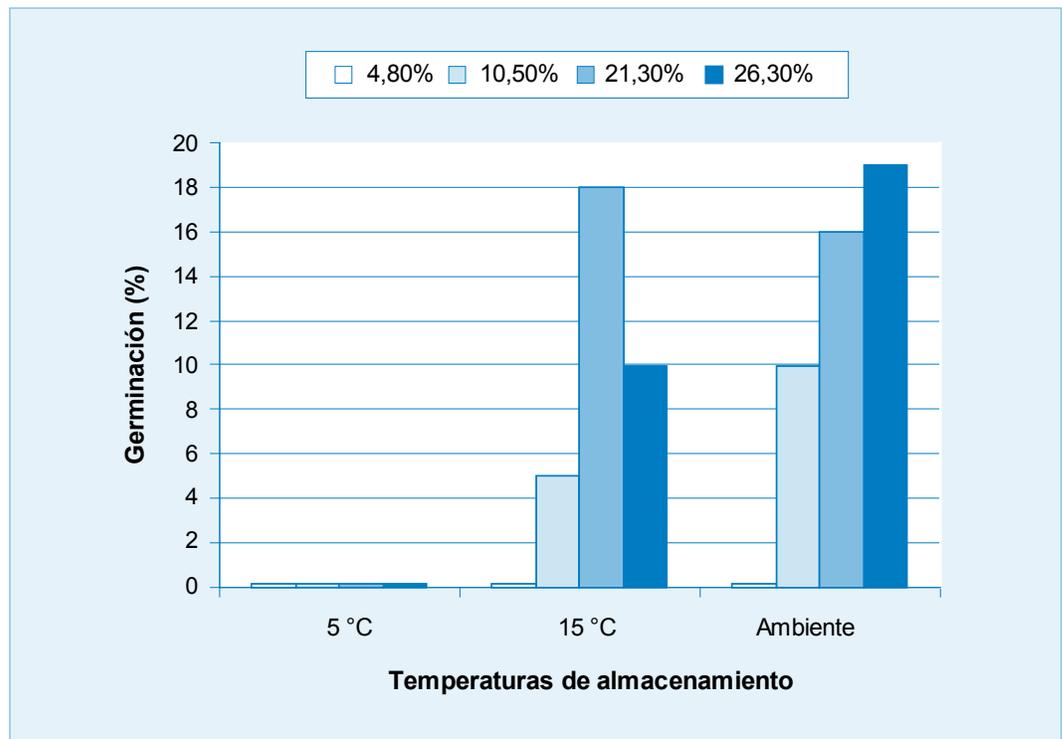


Figura 8. Efecto de la interacción temperatura vs. contenido de humedad en el almacenamiento por 6 meses de semillas de *C. brasiliense*.

semillas pertenecientes a este grupo presentan, entre sus características, un tamaño grande y sensibilidad a las bajas temperaturas; además, según los datos obtenidos en este experimento, no se pueden secar a un contenido de humedad entre 12 y 31% sin sufrir daño inmediato (Morera, 1988). Lo anterior coincide con condiciones ambientales que se encuentran con frecuencia en los trópicos húmedos, los cuales se caracterizan por ser zonas con abundante precipitación y altas temperaturas.

El estudio de la maduración de los frutos de cedro maría mostró que el mejor índice del estado de madurez fisiológica del fruto, es el peso máximo de la materia seca, lo cual coincide con la literatura (Bewley y Black, 1994; Morera, 1988). Se observó que el peso de la materia seca tendió a un máximo conforme el contenido de humedad descendió

hasta 60% aproximadamente (fecha del último muestreo). No se pudieron realizar evaluaciones posteriores debido a que a partir de este momento los frutos empezaron a desprenderse de los árboles, por lo que se cosecharon para evitar daños. Por esta misma razón, se puede concluir que coincide con el máximo peso seco, ya que se ha interrumpido el traslado de asimilados hasta la semilla.

Cuando las semillas recalcitrantes se someten a un proceso de secamiento, la viabilidad se ve en primera instancia reducida conforme se reduce el contenido de humedad, pero si este se lleva a niveles inferiores al mínimo seguro, la viabilidad se reduce eventualmente a cero (Bewley y Black, 1994). Al secar la semilla de *C. brasiliense*, se observó que el porcentaje de germinación más alto fue de 65,3% con el tratamiento testigo (40,3% de

contenido de humedad) y que el más bajo fue el tratamiento de 4,8% de contenido de humedad con el que se obtuvo 4% de germinación. Esto indica un serio deterioro por parte de la semilla al ser secada, reafirmando el carácter recalcitrante de la semilla (Sánchez, 1995).

El contenido de humedad crítico varía de especie en especie, pero este es un valor relativamente alto, el cual, usualmente, se ubica dentro de un ámbito de 12 a 31% (Roberts, 1973). El contenido de humedad crítico es probablemente el punto que mejor describe el contenido de humedad mínimo seguro. Resultados similares se han obtenido en otras especies, como, por ejemplo, en semillas de alcanfor (*Dryobalanops aromatica*) las cuales se dañan si se llevan a contenidos de humedad inferiores a 35% (Tamari, 1976); semillas de cacao (*Theobroma cacao*) se dañan bajo 27% de contenido de humedad (Hor, 1984); semillas de rambután (*Nephelium lappaceum*) sufren daño con menos de 20% de humedad (Chin, 1975).

La razón por la que la desecación causa la muerte de las semillas recalcitrantes todavía no es clara. Chin (1975) sugiere que una posible reducción en el contenido de humedad causa la pérdida de integridad de las membranas y una desintegración nuclear, tal como se mostró en semillas de caucho secadas al sol; además, sugiere que las semillas de plantas tropicales contienen altas concentraciones de compuestos fenólicos y enzimas fenoloxidasas, las cuales normalmente están localizadas en sitios específicos dentro de las células, pero que durante la desecación dichos compuestos son oxidados (Loomis y Battaile, 1966).

En términos generales, los tres factores que inciden sobre la germinación de las semillas son el sustrato, la temperatura y la iluminación. Los resultados mostraron mayores porcentajes de germinación con el sustrato arena, seguido de la vermiculita y en tercer lugar el suelo. La arena

resultó ser más adecuada, posiblemente porque es un medio que provee un mejor contacto con la semilla, por lo que el agua es más fácilmente cedida para la germinación. Por su parte, el suelo es un sustrato sujeto propiedades físicas y químicas particulares, a la presencia de hongos y otros microorganismos, lo que puede retrasar y disminuir la germinación. Según Willan (1991), el suelo se utiliza muy poco en los ensayos de germinación, debido a que puede presentar variaciones importantes en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, por lo que la falta de reproducibilidad y la dificultad a la hora de comparar ensayos de diferentes lotes de semilla desaconsejan la utilización de este sustrato.

Magini (1962) menciona que el sustrato arena resulta ser el más adecuado para especies arbóreas que tienen un período de germinación más largo, como por ejemplo: *Rosa spp.*, *Pinus caribaea*, *Pinus palustris*; o para semillas de mayor tamaño, como es el caso de *Pinus pinea* y *Quercus spp.*, características que comparte *C. brasiliense*.

La temperatura es uno de los factores más decisivos en la germinación de las semillas en laboratorio y por ello debe ser objeto de comprobaciones periódicas. En este trabajo se observó que las semillas de *C. brasiliense* alcanzaron mayores porcentajes de germinación cuando la temperatura fue intermedia (28 °C). Este comportamiento es particular de cada especie; otros forestales tropicales como *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* mostraron mayor germinación con temperaturas de 32 °C. Según Samaniego (1996), muchas especies cuando se exponen a temperaturas de alrededor de 32 °C (un tanto elevada), tienden a disminuir la germinación como consecuencia de una disminución de la solubilidad de oxígeno en el suelo. En el caso de las temperaturas frescas (en este caso 24 °C), también descendió el

porcentaje de germinación; esto, debido posiblemente a ineficiencia en la absorción y transporte de agua.

La cantidad de horas luz no ejerció influencia sobre la germinación de las semillas, aunque se observó una tendencia a presentar mayores porcentajes de germinación con períodos de luz alterna (12 horas), posiblemente porque representa una condición similar a la que se muestra en el bosque natural (Sedi y Humphreys, 1992). Es importante mencionar que algunas especies responden fuertemente a la luz como mecanismo de colonización que, en condiciones naturales, se produce cuando aparece un claro en el bosque; estas plantas se conocen como pioneras.

En general, se observó una influencia significativa de la temperatura, el contenido de humedad y el tiempo, sobre la viabilidad durante el almacenamiento de semillas de *Calophyllum brasiliense*. Básicamente, la viabilidad se incrementó conforme la temperatura y la humedad de almacenamiento aumentaron de 15 °C a ambiente y de 21,3 a 26,3%. Estas respuestas confirman que la semilla de *C. brasiliense* es recalcitrante.

En otras semillas recalcitrantes, como el cacao, se encontró que el ámbito para un mejor almacenamiento debe estar entre 33 y 35% de humedad y entre 17 y 30 °C de temperatura. Hor (1984) mostró que las semillas de cacao pierden su viabilidad rápidamente con 27% de contenido de humedad y 17 °C de temperatura. Chin (1988) encontró que semillas de hule (*Hevea brasiliensis*), cosechadas con 36% de humedad, tenían el ámbito crítico adecuado de humedad entre 15 y 20%, a una temperatura entre 22 y 23 °C. Además, se encontró que si estas semillas se almacenan a 35 °C, se da una pérdida total de la viabilidad.

Según Willan (1991), el almacenamiento debe efectuarse a valores muy próximos al contenido de humedad mínimo seguro,

pues cuanto más alto sea ese contenido de humedad, tanto más aumentará la tasa de respiración y tanto más se acelerará la pérdida de viabilidad y cuanto más alta sea la tasa de respiración, tanto mayor es la cantidad de energía que se libera con riesgo de recalentamiento y muerte de las semillas, a menos que se ponga especial cuidado en mantener una ventilación adecuada.

En cuanto al tiempo de almacenamiento, se observó que luego de un mes (menor tiempo de almacenamiento probado), los porcentajes de germinación disminuyeron de manera radical, independientemente del contenido de humedad y la temperatura, lo cual confirma aún más el carácter recalcitrante de esta semilla.

Al igual que el contenido de humedad, la temperatura presentó una correlación negativa con la longevidad de la semilla. Teóricamente, cuanto más baja es la temperatura, tanto menor es la tasa de respiración y, por ello, tanto más prologada la vida de la semilla almacenada. Esta situación resulta ser un poco relativa cuando se trata de especies recalcitrantes, pues estas requieren de una tasa de respiración “aceptable” para prolongar su viabilidad. Según Willan (1991), se deben evitar temperaturas menores de 20 °C o sobre 35 °C hasta que se establezca la temperatura límite o inferior para la especie. Para algunas especies, este límite podría ser ligeramente inferior a la temperatura más baja encontrada en el ambiente natural de la especie.

Cabe señalar que la semilla expuesta a una alta temperatura de almacenamiento tiende a sufrir recalentamiento como consecuencia precisamente de la alta actividad metabólica. En el presente caso, dicho aumento de la temperatura produce un aumento en la actividad de los microorganismos, más específicamente hongos, que conducen a un rápido y total deterioro de la semilla.

Cabe señalar que la semilla expuesta a una alta temperatura de almacenamiento tiende a sufrir recalentamiento como consecuencia precisamente de la alta actividad metabólica.

Es claro que la conservación de semillas recalcitrantes, con base en los métodos tradicionales de almacenamiento, no se vislumbra como una posibilidad práctica. El procedimiento tradicional de conservación ha sido el mantenimiento de germoplasma en colecciones vivas.

Bibliografía

- Basara. A. S. 1995. *Seed Quality: Basics Mechanisms and Agricultural Implications*. New York (EUA). 389 pp.
- Bewley. J., D.; Black, M. 1994. *Seeds. Physiology of Development and Germination*. Plenum press, New York. 2.nd. ed. 445 p.
- Chin. H., F. 1975. *Germination and Storage of Rambutan (Nephelium lappaceum) seeds*. Malaysia. Agric. Res; 4: 173-180.
- Chin. H., F. 1988. *Recalcitrant Seed - A Status Report*. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. 10: 3-13.
- DFSC/IPGRI. 1998. *Protocolo para la Valoración de Semillas Forestales*. Traducido de DFSC/IPGRI, 1995. Newsletter The Project on Handling and Storage of Recalcitrant and Intermediate Tropical Forest Seeds. pp. 4-16.
- González, M., R. 1985. *Maderas de Costa Rica. Informe Divulgativo*. Dirección General Forestal. N.º. 20. MAG. San José, Costa Rica. 31 pp.
- Hor, Y.L. 1984. *Storage of Cocoa Seeds and Changes Associated with Their Deterioration*. Ph.D. Thesis. University Pertanian, Malaysia.
- International Seed Testing Association, 1999. "International rules for seed testing". *Seed Science and Technology*. Vol. 21 (Suppl), 288 p.
- Jara, L. 1996. *Biología de semillas forestales*. CATIE. Profesor: Danida Forest Seed Centre. 32 p.
- Loomis, W. D. and Battaile, J. 1966. "Plant Phenolic Compounds and the Isolation of Plant Enzymes". *Phytochemistry*, 5: 423-438.
- Magini, E. 1962. "Aparatos y procedimientos para la manipulación de semillas forestales II: Tratamientos sanitarios, almacenamiento, ensayos de semillas y transporte". *UNASYLVA* 16 (1) 20-35.
- Morera, M. J. 1988. "Consideraciones sobre semillas recalcitrantes". *Boletín Técnico-Estación Experimental Fabio Baudrit (EEFB)*. Abril-Junio, 1988. Vol 21 (2) pp. 15-23. Costa Rica.
- Roberts, E. H. 1973. "Predicting the storage life of seeds". *Seed Science and Technology*. 1: 499-514.
- Samaniego, P. J. 1996. *Estandarización de técnicas para el manejo de semillas de Swietenia macrophylla y Cordia alliodora*. Tesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Sánchez, J. J. 1995. Memorias. "Aspectos de fisiología de la germinación y almacenamiento de semillas de importancia forestal. Proyecto de Semillas Forestales". *Simposio sobre Avances en Producción de Semillas Forestales en América Latina*. pp. 165-168.
- Sedi, Y. and Humphreys, L. R. 1992. "Temperature, Daylength, The Flowering and Seed Production of *Sesbania sesban* and *Sesbania cannabina*". Department of Agriculture, University of Queensland, Brisbane, Australia. *Tropical Grasslands*, Vol. 26, 100-110.
- Tamari, C. 1976. *Phenology and Seed Storage. Trials of Dipterocarps*. Research Pamphlet N.º 69, Forest Research Institute, Kepong, Malaysia. s.p.
- Willian, R. 1991. *Guía para la manipulación de semillas forestales*. Roma, Italia. FAO. 502 pp.