

CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DE SEMILLAS FORESTALES NATIVAS EN ALMACENAMIENTO¹

Álvaro Javier Ceballos-Freire*; José Arthemo López-Ríos**

RESUMEN

CEBALLOS F., A.J.; LÓPEZ R., J.A. Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento. Cenicafé 58(4): 265-292.2007.

En semillas de *Alnus acuminata* (aliso), *Guarea guidonia* (cedrillo), *Juglans neotropica* (cedro negro), *Retrophyllum rospigliosii* (chaquiro) y *Cordia gerascanthus* (solera) se evaluó la calidad bajo tres temperaturas de almacenamiento (4°C, 12°C y ambiente), durante seis meses. Las semillas se recolectaron en fuentes previamente identificadas, y se les determinó la pureza, el peso y el contenido de humedad (CH). Para establecer los diferentes tratamientos de almacenamiento, se agruparon en rangos de CH preestablecidos, y se almacenaron en distintos empaques herméticos, de acuerdo con el rango de humedad. Finalmente, se ubicaron en los cuartos fríos y en una bodega para evaluarlas en distintas temperaturas. Antes de realizar las pruebas de germinación, en cada período de evaluación, se aplicaron por cada especie dos tratamientos pregerminativos. Al inicio, al tercero y al sexto mes se evaluaron: porcentaje de germinación, vigor germinativo, número de días en lograr la germinación total y viabilidad de la semilla. Se observó que hasta los seis meses de almacenamiento las semillas de aliso, solera y cedrillo mantuvieron constante el porcentaje de germinación cuando se conservaron a 12°C, y además, el tratamiento pregerminativo aplicado incidió en el vigor germinativo. Las semillas de cedro negro conservaron los porcentajes de germinación cuando se almacenaron a 4°C, y aumentaron su velocidad de germinación cuando se escarificaron antes de la siembra. Las semillas de chaquiro se conservaron adecuadamente a 12°C.

Palabras clave: Temperatura, contenido de humedad, tratamiento pregerminativo, porcentaje de germinación, vigor germinativo.

ABSTRACT

The quality in native seeds of *Alnus acuminata*, *Guarea guidonia*, *Juglans neotropica*, *Retrophyllum rospigliosii* and *Cordia gerascanthus* was evaluated under three storage temperatures (4°C, 12°C and room temperature) for a period of six months. The seeds were collected in sources previously identified. Characteristics such as purity, weight and moisture were also established. In order to determine the different storage treatments, the seeds were grouped in pre-established ranks of CH, and then they were stored in different hermetic packings according to their moisture rank. Finally, they were located in cold rooms and in a warehouse to evaluate them at different temperatures. Before carrying out the germination tests in each evaluation period, two pre-germination treatments were conducted in each species. At the beginning, after the third and the sixth month the germination percentage, the germination vigor, the number of days to obtain total germination and the seed viability were evaluated. It was observed that until the six months after storage the aliso, solera and cedrillo seeds maintained a constant germination percentage when they were kept at a temperature of 12°C and that the pre-germination treatment affected the germination vigor. The black cedar seeds kept the germination percentages when stored at a temperature of 4°C and they increased their germination speed when they were scarified before seedtime. The chaquiro seeds were suitably kept at a temperature of 12°C.

Keywords: Temperature, moisture content, pre-germination treatment, germination percentage, germination vigor.

¹ Fragmento de la tesis presentada a la Universidad de Nariño para optar al título de Ingeniero Forestal.

* Estudiante Facultad de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Nariño.

** Investigador Científico III. Programa ETIA, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia

En Colombia es limitado el aprovechamiento de las especies forestales nativas, debido a las pocas investigaciones realizadas sobre fuentes de semillas, calendarios fenológicos, biología floral y sobre la recolección y beneficio (limpieza, secado, contenido de humedad y almacenamiento) de semillas. Además de estos inconvenientes cabe anotar que no existe un sistema de clasificación de semillas, con normas respaldadas por resultados de experimentación, lo cual ha permitido la aparición de una oferta que, en muchos casos, no garantiza la identificación de las especies ni la calidad genética y física de las semillas ofrecidas (20).

El país no cuenta con información confiable de la dinámica del mercado nacional de semillas de especies forestales. Algunas referencias citan que la oferta de semillas forestales es de 4.730kg anuales, de los cuales la mayor disponibilidad corresponde a las especies introducidas (*Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., *Cupressus lusitanica* y *Gmelina arborea*) que a su vez constituyen el mayor porcentaje de la demanda de semillas para proyectos forestales (2). El predominio y la mayor oferta de las especies introducidas con respecto a las nativas, se debe a las ventajas comparativas que éstas presentan, como son: conocimiento silvicultural, mayor productividad de madera, existencia de una industria que las requiere como materia prima. Así mismo, debido a la poca tecnología para el desarrollo de plantaciones con especies forestales nativas, éstas han sido estigmatizadas como especies de crecimiento lento (18).

Al tener en cuenta la demanda de madera dura y que dicha demanda es suplida por la extracción del bosque tropical, hay potencial para el establecimiento de plantaciones con especies forestales nativas, pero para ello se requiere investigación para la generación de tecnología que garantice el adecuado manejo

silvicultural, así como de disponibilidad de semillas de buena calidad.

Por tal motivo, algunas instituciones como Conif, Corporaciones Regionales y Universidades han emprendido investigaciones con especies forestales nativas en cuanto a la recolección, la propagación, el manejo en plantaciones y la conservación de semillas en almacenamiento, con el fin de fomentar su uso intensivo, con resultados claros y confiables, que respalden y den credibilidad al sector forestal. Sin embargo, sobre las especies objeto de esta investigación, es muy poco el conocimiento que se ha generado.

Algunos estudios realizados sobre almacenamiento de semillas de especies forestales nativas se han orientado a investigar los requerimientos más críticos para la conservación, entre los cuales se encuentran: el contenido de humedad de la semilla, la temperatura y los empaques de almacenamiento. Por tanto, conocer los rangos óptimos para el almacenamiento de semillas forestales se ha convertido en una prioridad en las investigaciones, si se tienen en cuenta los requerimientos específicos de ciertos géneros de semillas que no toleran la desecación, con una demanda de altos contenidos de humedad, superiores al 20% (recalcitrantes), lo que causa una mayor susceptibilidad para el ataque de ciertos patógenos (hongos y bacterias). Sin embargo, otras semillas son tolerantes a la desecación para su almacenamiento, las cuales necesitan contenidos de humedad entre el 5 y el 10% (ortodoxas) (23). En general, la heterogeneidad de las semillas forestales no permite homologar una misma técnica de almacenamiento, ya que muchas demuestran buen comportamiento en el almacenamiento, mientras que otras por el contrario se deterioran rápidamente bajo las mismas condiciones (4). Por tal motivo se planteó el presente estudio, con el objetivo

de evaluar la calidad de semillas de especies forestales nativas, durante seis meses, bajo tres temperaturas de almacenamiento (4°C, 12°C y temperatura ambiente).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se realizó en el vivero y en el laboratorio, en las instalaciones del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Tabla 1).

Semillas evaluadas. Se utilizaron semillas de *Alnus acuminata* H.B.K spp. *acuminata* (aliso), *Guarea guidonia*. Jacq. P. Willson

(cedrillo), *Juglans neotropica*. Diels (cedro negro), *Retrophyllum rospigliosii*. Pilg C.N Page (chaquiro) y *Cordia gerascanthus* L. Moldenke (solera).

Sitios de recolección de las semillas. La recolección de los frutos se realizó en cuatro localidades, identificadas como fuentes de semillas (Tabla 2). Para la recolección de los frutos se tuvo en cuenta el estado de madurez para cada especie y la condición fitosanitaria del árbol.

Extracción y secado de las semillas. Para la extracción de las semillas, los frutos se clasificaron en tres categorías:

Tabla 1. Ubicación y condiciones climáticas del sitio de evaluación.

Localización	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Brillo solar (horas)	Humedad relativa (%)
Vivero La Coca	5°00'	76°36'	1.310	2.510	20,2 – 21,5	1.842	77
Laboratorio	4°59'	75°35'	1.425	2.510	20,1 – 20,8	1.842	79,8

Tabla 2. Procedencia de las semillas forestales.

Especie	Procedencia	Localización	Indicador de madurez de los frutos
<i>A. acuminata</i>	Manizales - Caldas	Finca “La Fe” empresa “Aguas de Manizales”	Coloración inicial de los frutos verde amarillento y luego marrón.
<i>C. gerascanthus</i>	Zambrano - Bolívar	Monterrey forestal	Cambio de tonalidad de blanco a café oscuro.
<i>G. guidonia</i>	Chinchiná - Caldas	La Granja, Cenicafé	Florece irregularmente durante todo el año. La recolección se hace cuando los frutos tienen un color café rojizo.
<i>J. neotropica</i>	Manizales - Caldas	Predios aledaños a las instalaciones del Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, en Manizales	Aumento en el tamaño del fruto, con una coloración oscura del pericarpio y finalmente la caída de éstos.
<i>R. rospigliosii</i>	Támesis - Antioquia	Parque principal del municipio	Cuando los frutos se tornan amarillos, se recolectan directamente del árbol o recién caídos.

Frutos carnosos: Los frutos de las especies *J. neotropica* y *R. rospigliosii*, se colocaron en agua durante 72 horas, tiempo en el cual la pulpa se ablandó y permitió liberar la semilla fácilmente.

Frutos secos dehiscentes: Para la extracción de las semillas de *A. acuminata* y *G. guidonia* los frutos se colocaron sobre papel periódico durante un día, con suministro de ventilación forzada, mediante ventiladores, para redireccionar el aire húmedo circundante en el ambiente. Posteriormente, los frutos se expusieron directamente al sol, durante dos días, hasta que se observó la liberación de la semilla. Las semillas de *G. guidonia* después de ser liberadas, se sumergieron en agua durante 24 horas, para retirar el arilo de color rojo que las recubre, el cual es muy apetecido por las hormigas de género *Acromyrmex*.

Frutos secos indehiscentes: Los frutos de *C. gerascanthus* se presecaron a la sombra, con ventiladores convencionales, durante 5 días, y se eliminaron los restos de inflorescencia (pétalos y estigma) que aún conservaban.

Después de la extracción de la semilla, se realizaron los análisis de pureza, peso y contenido de humedad (CH), con el fin de garantizar la calidad del material para el inicio de las pruebas de almacenamiento y germinación.

Pureza: Se evaluó para determinar el porcentaje correspondiente a material inerte y restos de frutos dentro de un lote de semilla. Para las semillas pequeñas como *A. acuminata*, *C. gerascanthus* y *G. guidonia* se tomaron dos submuestras de 2.500 semillas. Para las semillas de tamaño grande como *R. rospigliosii* y *J. neotropica* se utilizaron dos submuestras de 500 semillas.

El porcentaje de pureza se determinó mediante la fórmula:

$$P = \frac{PSP}{PTM} * 100$$

P= Pureza (%)

PSP= Peso de la semilla pura

PTM= Peso del tamaño de la muestra

Peso: Se determinó el peso de las semillas con el objetivo de conocer la cantidad existente en un kilogramo. Para el caso de las especies de tamaño pequeño como *A. acuminata*, *C. gerascanthus* y *G. guidonia*, se tomaron ocho submuestras de 100 semillas para cada una. Para las especies *J. neotropica* y *R. rospigliosii*, por tener una semilla de mayor tamaño, se tomaron dos submuestras de 100 semillas. Cada submuestra se pesó para obtener el peso total y estimar el promedio del peso de las semillas. La variabilidad (medida a través del coeficiente de variación), no debía exceder de 4,0 (11).

El número de semillas por kilogramo se determinó con la fórmula:

$$PS = \frac{NSM}{PM} * 1.000$$

PS= Peso de las semillas (semillas por kilogramo)

NSM= Número de semillas de la muestra

PM= Peso de la muestra

Contenido de humedad (CH): Para determinar el contenido de humedad y lograr los rangos establecidos en el presente estudio, se colocaron las semillas en papel periódico sobre mallas metálicas, en un cuarto con circulación de aire suministrado por un ventilador. Sólo se realizó este procedimiento para las semillas clasificadas como ortodoxas (aliso, solera,

cedrillo y cedro negro). A partir de este momento se realizaron diariamente las pruebas de CH hasta el momento en que se determinó el porcentaje apropiado (según la especie) para su almacenamiento (Tabla 3).

Las semillas de *A. acuminata*, *G. guidonia*, *C. gerascanthus* y *R. rospigliosii* se llevaron a la estufa a una temperatura constante de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 17 ± 1 horas. Se utilizaron dos submuestras de 5g de semilla por cada especie; con los valores obtenidos se estimaron los promedios.

Las semillas de *J. neotropica* se trituraron y tamizaron en una malla de 2mm. De éstas se tomaron dos submuestras de 5g de semilla triturada, y posteriormente se llevaron a una estufa a 130°C durante 60 minutos.

La fórmula para determinar el contenido de humedad fue:

$$CH = \frac{PHM - PSM}{PHM} * 100$$

CH= Contenido de humedad (%)

PHM= Peso de la submuestra en húmedo

PSM= Peso de la submuestra en seco

Para aquellas semillas que permitieron la deshidratación como *A. acuminata*, *C.*

gerascanthus, *G. guidonia* y *J. neotropica* (clasificadas como ortodoxas), se determinó diariamente el contenido de humedad (%CH), hasta que se registraron valores constantes, y se garantizó que en condiciones normales la semilla no ganara ni perdiera humedad, para obtener así el contenido de humedad deseado para el almacenamiento.

Para las semillas recalcitrantes, como *R. rospigliosii*, en las cuales no puede haber un descenso marcado en el CH, independientemente de haber logrado o no el rango de humedad óptimo, la semilla fue almacenada al segundo día de haber llegado a Cenicafé.

El contenido de humedad se evaluó al inicio, a los tres y seis meses de almacenamiento (tiempos de muestreo), con el objetivo de determinar las fluctuaciones de la humedad de la semilla almacenada durante el tiempo de conservación. Para la evaluación se tomaron dos muestras de 5g de cada semilla, luego se dispusieron en una cámara de sílica gel para evitar la ganancia de humedad del ambiente y se determinó el porcentaje de humedad.

Almacenamiento de la semilla. Antes del almacenamiento, las semillas se clasificaron por grupos y, de acuerdo con los tres rangos de contenido de humedad, se empacaron de manera diferente.

Tabla 3. Rangos de contenido de humedad para el almacenamiento de la semilla.

Especie	Rango de contenido de humedad (%)
<i>A. acuminata</i> (aliso)	6 – 8
<i>C. gerascanthus</i> (solera)	
<i>G. guidonia</i> (cedrillo)	
<i>J. neotropica</i> (cedro negro)	12 – 25
<i>R. rospigliosii</i> (chaquiro)	Contenido de humedad al segundo día de haber llegado a Cenicafé (aproximadamente 35-45)

En el primer grupo (6 - 8% CH), las semillas de *A. acuminata*, *C. gerascanthus* y *G. guidonia* se empacaron en bolsas plásticas (calibre 2), dentro de frascos de vidrio con tapa hermética.

En el segundo grupo (12 - 25%CH), las semillas de *J. neotropica* se empacaron en bolsas de polipropileno bioorientado metalizado.

Las semillas de *R. rospigliosii* (35 - 45%CH) se empacaron en bolsas plásticas (calibre 2) con aserrín, el cual se desinfectó con Vitavax (carboxin - tiran) y se humedeció con agua hasta alcanzar entre un 35 y un 45% de humedad, similar al contenido de humedad con que fue almacenada la semilla, con el fin de mantener el equilibrio de la humedad semilla-aserrín dentro del empaque. Posteriormente, se extrajo el aire del interior de la bolsa por medio de un extractor, con el propósito de lograr un empacado al vacío.

Tratamientos y análisis de la información

Una vez empacadas las semillas, se aplicaron los tratamientos a cada una de las especies forestales, los cuales consistieron en almacenar las semillas a tres temperaturas (Tabla 4):

Cada tratamiento tuvo 30 unidades experimentales (UE), y cada unidad estuvo conformada por 30 semillas, las cuales fueron distribuidas al azar en cada cuarto de almacenamiento, de acuerdo al orden de llegada de cada semilla.

Es preciso aclarar que en este estudio, con el fin de no ocasionar confusión entre los conceptos tratamiento de almacenamiento y tratamiento pregerminativo, este último se nombrará como "manejo pregerminativo".

El almacenamiento duró seis meses. Para el tiempo de muestreo, al momento de empezar

Tabla 4. Descripción de los tratamientos.

Contenido de humedad (%)	Empaque para almacenamiento	Especie	Tratamientos (temperatura °C)
6 a 8	Bolsa plástica calibre 2, dentro de frascos de vidrio herméticamente sellados	<i>A. acuminata</i>	4
		<i>A. acuminata</i>	12
		<i>A. acuminata</i>	Ambiente
		<i>C. gerascanthus</i>	4
		<i>C. gerascanthus</i>	12
		<i>C. gerascanthus</i>	Ambiente
		<i>G. guidonia</i>	4
		<i>G. guidonia</i>	12
		<i>G. guidonia</i>	Ambiente
12 a 25	Bolsas de polipropileno bioorientado metalizado (flexvac) con cierre hermético (tipo zipper)	<i>J. neotropica</i>	4
		<i>J. neotropica</i>	12
		<i>J. neotropica</i>	Ambiente
35 a 45	Bolsa plástica (calibre 2), con aserrín, empacado al vacío.	<i>R. rospigliosii</i>	4
		<i>R. rospigliosii</i>	12
		<i>R. rospigliosii</i>	Ambiente

la evaluación se tomó en forma aleatoria una muestra de diez unidades experimentales por especie y manejo pregerminativo; luego, a los tres y a los seis meses de almacenamiento se tomaron muestras de igual tamaño.

A las muestras de las diez unidades experimentales por tiempo de muestreo, se les realizó el siguiente proceso:

- Por cada unidad experimental se tomaron 20 semillas para aplicar dos manejos pregerminativos antes de realizar las pruebas de germinación (en cada período de evaluación), es decir, diez semillas por cada manejo y por cada especie como se describe en la Tabla 5.

- Para cada uno de los tres períodos de evaluación y por cada especie, se tomaron cinco semillas de cada unidad experimental y se conformó una muestra compuesta con todas las semillas (50 en total), para determinar la viabilidad. Las cinco semillas restantes en cada unidad experimental, se dejaron almacenadas para futuros estudios.

- En las unidades experimentales por cada especie, según la temperatura de almacenamiento y el tiempo de muestreo se midieron: el número de semillas germinadas (PG), el número de días en alcanzar el máximo de

germinación total (NDM), el vigor (VG) y la viabilidad.

Variables de respuesta

- **Porcentaje de germinación (PG).** Las semillas se sembraron en un sustrato de arena + tierra en relación 3:1. Para determinar el porcentaje de germinación de cada manejo pregerminativo se registró diariamente el número de semillas que germinaron y se tomaron los datos de referencia como especie, fecha de siembra y número de submuestra.

El riego se hizo periódicamente teniendo en cuenta la humedad del sustrato en las horas de la mañana, y en algunos casos, dos veces en el día (mañana y tarde) según la temperatura del ambiente.

Se consideró como germinación, la aparición de la radícula y la plúmula a partir del embrión, y el desarrollo de la plántula. El porcentaje de germinación se determinó como la relación entre el número de semillas germinadas y el número de semillas de las muestras.

Para la evaluación de esta prueba se utilizaron diez lotes de 100 semillas cada uno, para cada tratamiento.

Tabla 5. Manejo pregerminativo.

Especie	Manejo pregerminativo
<i>A. acuminata</i>	Tp1 - Inmersión en agua a temperatura ambiente durante 4 horas.
<i>C. gerascanthus</i>	Tp2- Siembra directa en los germinadores.
<i>G. guidonia</i>	Tp3- Escarificación mecánica: despunte de las semillas con esmeril (2mm).
<i>J. neotropica</i>	Tp4 - Escarificación mediante temperatura: exposición de la semilla en agua caliente (ebullición), por 2 minutos y en reposo por 48 horas en agua (ambiente).
<i>R. rospigliosii</i>	Tp5 - Inmersión en agua a temperatura ambiente durante 72 horas.
	Tp6 - Exposición directa de las semillas al sol durante 24 horas.

- **Vigor de la semilla (VG).** Se determinó a través de la fórmula propuesta por Czabator (8), donde se evalúa la rapidez y la uniformidad con que germinaron las semillas. Además de la prueba de germinación, se evaluó el vigor germinativo a través de los registros diarios de emergencia.

El vigor germinativo se obtuvo con la fórmula:

$$VG = VM * GDM$$

Donde **VM** (valor máximo) corresponde al valor máximo o pico que se presenta al dividir el porcentaje acumulado de germinación y la cantidad de días que tardó en obtenerse.

GDM es la germinación media diaria, calculada como la razón entre el porcentaje final de emergencia y el número de días transcurridos hasta llegar a ese valor.

- **Número de días en alcanzar la germinación (ND).** Se evaluó el número de días en que la semilla de cada especie se tardó en alcanzar la germinación máxima, después de la siembra en los germinadores, con el fin de conocer la pérdida de velocidad y de energía germinativa, en cada período de evaluación. De acuerdo con Czabator (8), la importancia radica en que al conocer el valor absoluto de la germinación total, este valor no es significativo ya que un lote de semilla que obtuvo un 95% de germinación en 15 días, va a tener un componente más alto de semillas vigorosas, que un lote que requirió 45 días para lograr el mismo porcentaje de germinación.

Variable complementaria

- **Viabilidad de la semilla.** La prueba de viabilidad es una determinación que permite calificar de manera relativamente rápida el potencial de germinación que puede contener un lote de semillas.

La viabilidad se evaluó por medio de la prueba de tetrazolio, para lo cual se partieron las semillas longitudinalmente en dos partes, con un bisturí, sin dañar las estructuras esenciales del embrión. La semilla de cedro negro se partió con una sierra sinfin, debido a la dureza de su testa. Para la prueba solo se utilizó una mitad de cada semilla, para lo cual las mitades seleccionadas se sumergieron en agua destilada durante 24 horas y después de este tiempo se sacaron y se sumergieron en una solución de sales de tetrazolio al 0,5%, durante 24 horas. Al cabo de este período se observó la tinción de los tejidos vitales en cada mitad, y se determinaron:

Semillas vivas. Teñidas de rojo carmín en todas sus estructuras.

Semillas dudosas. Teñidas parcialmente, en más del 75%.

Semillas infértiles o inviables. Aquellas que presentaron los embriones blancos o teñidas en menos del 75%, o las que presentaron su radícula o plúmula blanca.

El porcentaje de viabilidad se obtuvo como la relación entre el número semillas vivas (tejidos teñidos en su totalidad) y el número total de semillas de la muestra.

Análisis de la información

Por cada especie, temperatura de almacenamiento y manejo pregerminativo, se estimó el promedio y la variación de las variables de respuesta.

Por cada especie, temperatura de almacenamiento y manejo pregerminativo, se realizó un análisis de varianza de un solo factor, para determinar diferencias estadísticas para los promedios de las variables PG, VG y ND, en cada tiempo de muestreo (0, 3, 6 meses).

Por cada especie y manejo pregerminativo se compararon las temperaturas de almacenamiento con los promedios de las variables de respuesta utilizando la prueba Duncan al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas de laboratorio (pureza, peso y contenido de humedad (CH)). Los resultados de las pruebas físicas se presentan en la Tabla 6. Los rangos preestablecidos de humedad para el almacenamiento de las semillas de aliso, solera y cedrillo fueron del 6 al 8% de contenido de humedad; sin embargo, bajo las condiciones de alta humedad relativa (75 a 90%) de Chinchiná, Caldas, no fue posible que se cumpliera esta condición, aunque los resultados obtenidos en estas especies no sobrepasaron el 11% de CH. De acuerdo con Harrington (11), por encima del 11% de CH, se puede producir la proliferación de hongos e insectos y la aplicación de fungicidas puede disminuir la calidad de la semilla.

Alnus acuminata H.B.K. spp. *acuminata*

Viabilidad de la semilla de aliso (%). La viabilidad de las semillas en los tratamientos a los 4°C y 12°C disminuyó a partir del tercer mes, en comparación con los resultados iniciales; al sexto mes de conservación no se presentaron cambios severos en los valores (Tabla 7). Las semillas almacenadas en el

tratamiento a temperatura ambiente presentaron una alta disminución en la viabilidad hasta los seis meses de almacenamiento. La viabilidad disminuyó a medida que la temperatura de almacenamiento se incrementó.

Los resultados de viabilidad no concordaron con la prueba de germinación realizada, al parecer porque las semillas de aliso están condicionadas a una latencia secundaria cuando son dispuestas para germinar en los germinadores. Correa (7) menciona que estas condiciones se presentan por la presencia de un factor externo que es desfavorable para la germinación. Una de las causas más importantes es la alta temperatura. En este estudio, el promedio de la temperatura en el vivero de Cenicafé fue de 20,2°C, lo cual pudo originar esta restricción en las semillas. De acuerdo con Rodríguez y Nieto (22), las semillas de clima frío, como el aliso, presentan una mayor capacidad de germinación en temperaturas bajas.

Evaluación de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el valor máximo de germinación (ND) y vigor germinativo (VG), en relación con los manejos pregerminativos empleados.

Semillas inmersas en agua a temperatura ambiente, durante cuatro horas (manejo pregerminativo). La prueba de Duncan mostró diferencias estadísticamente significativas

Tabla 6. Resultados de las pruebas de laboratorio.

Especie	Pureza (%)	Peso (número de semillas por kilogramo)	Contenido de humedad de almacenamiento (%)
<i>A. acuminata</i> (aliso)	70	3.617.796	8,6
<i>C. gerascanthus</i> (solera)	77	53.408	9,9
<i>G. guidonia</i> (cedrillo)	94	2.963	9,4
<i>J. neotropica</i> (cedro negro)	98	30	15,2
<i>R. rospigliosii</i> (chaquiro)	98	699	30,4

en las variables PG, ND y VG en cada tiempo de evaluación y por cada tratamiento (Tabla 8). Estos resultados permiten afirmar que el manejo pregerminativo empleado es favorable para semillas sometidas a procesos de germinación inmediata, pero es perjudicial para la germinación y el vigor germinativo de las semillas que son almacenadas, debido a que los valores de germinación disminuyeron a través del tiempo de almacenamiento. Niembro

(16), menciona que durante el período de imbibición de las semillas se incrementa la sensibilidad a la luz, y son las semillas húmedas las más susceptibles a daños, lo cual afecta la germinación. En este estudio, la hidratación de las semillas como manejo pregerminativo, deterioró la calidad de las semillas, criterio que se vio reflejado en los bajos porcentajes de germinación obtenidos en el sexto mes de almacenamiento, con

Tabla 7. Porcentaje de viabilidad de las semillas de aliso (%).

Temperatura (°C)	Tiempo (meses)	Número de semillas de la muestra	Semillas vivas	Viabilidad (%)
4	0	50	27	54
	3		20	40
	6		22	44
12	0	50	27	54
	3		21	42
	6		18	36
Ambiente	0	50	27	54
	3		3	6
	6		2	4

Tabla 8. Promedios y variaciones de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el máximo de germinación total (ND) y vigor germinativo (VG) de las semillas de *A. acuminata* (aliso), sumergidas en agua durante cuatro horas, para cada temperatura y tiempo de almacenamiento.

Temperatura (°C)	Tiempo (mes)	PG		ND		VG	
		\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)
4	0	29 a	47,25	25 a	9,87	0,0150a	71,16
	3	11 b	51,60	35 a	35,59	0,0023 b	90,47
	6	12 b	94,61	25 a	69,4	0,0045 b	140,82
12	0	29 a	47,25	25 a	9,87	0,0150 a	71,16
	3	11 b	79,60	27 a	69,26	0,0031 b	100,3
	6	7 b	96,42	29 a	69,75	0,0011 b	116,02
Ambiente	0	29	47,25	25	9,87	0,0150	71,16
	3	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0

Letras distintas indican diferencias estadísticas entre promedios para los tiempos, por cada temperatura. Prueba de Duncan al 5%. \bar{X} :Promedio; C.V. Coeficiente de variación.

Tabla 9. Porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el máximo de germinación total (ND) y vigor germinativo (VG) de las semillas de *A. acuminata* (aliso), sin ningún manejo pregerminativo, para cada temperatura y tiempo de almacenamiento.

Temperatura (°c)	Tiempo (mes)	PG		ND		VG	
		\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)
4	0	17 a	55,81	27 b	11,44	0,0052 a	95,69
	3	18 a	35,12	37 a	3,82	0,0062 a	71,21
	6	0	0	0	0	0	0
12	0	17 a	55,81	27 a	11,44	0,0052 a	95,69
	3	18 a	43,82	39 a	4,4	0,0060 a	81,86
	6	12 a	65,73	29 a	69,33	0,0027 a	87,23
Ambiente	0	17	55,81	27	11,44	0,0052 a	95,69
	3	0	0	0	0	0	0
	6	8	114,87	21	86,66	0,0031 b	191,86

Letras distintas indican diferencias estadísticas entre promedios para los tiempos, por cada temperatura. Prueba de Duncan al 5%. \bar{X} : Promedio; C.V. Coeficiente de variación.

valores de 12, 7 y 0% de germinación para los tratamientos a 4°C, 12°C y temperatura ambiente, respectivamente.

Semillas sin manejo pregerminativo (siembra directa). El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas para las variables PG, ND y VG, para la semilla almacenada a 12°C, a los cero, tres y seis meses de almacenamiento, es decir, que se mantuvo la calidad de la semilla.

En el tratamiento a 4°C, sólo se mantuvo el PG y el VG hasta los tres meses de almacenamiento, mientras que la velocidad de germinación disminuyó gradualmente a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento (Tabla 9).

En el tratamiento a temperatura ambiente, las semillas perdieron su viabilidad completamente después de haber sido almacenadas. Niembro (16), señala que con temperaturas elevadas se incrementa la tasa metabólica y se destruyen algunas enzimas, lo cual causa el deterioro de la semilla.

En general, para las semillas de esta especie el manejo pregerminativo incidió en los PG, ND y VG, en cada período de almacenamiento. Conafor (5) afirma que en semillas de aliso no es necesario ningún manejo pregerminativo, y Niembro (16), manifiesta que el remojo prolongado de la semilla en agua puede asfixiarla. Si se tiene en cuenta que la testa de la semilla de aliso es delgada, la imbibición también pudo afectar su germinación.

Ospina *et al.* (19), mencionan que los PG para las semillas de aliso varían entre el 30 y el 70%, sin embargo los PG obtenidos para los dos manejos pregerminativos evaluados estuvieron por debajo de este valor. Al respecto, Rodríguez y Nieto (22), afirman que la germinación y el vigor germinativo de especies de clima frío como el aliso, presentan mayores valores a temperaturas entre 17 y 18°C, es decir a mayor altitud (2.000 a 2.200m); el sitio de evaluación (Cenicafé) presenta una temperatura media de 22°C.

En cuanto al rango de temperatura en la cual se conserva mejor la viabilidad de las semillas de aliso, Conafor (5) indica que éste puede estar en un intervalo entre 4 y 8°C. Los resultados muestran que las semillas de aliso se conservaron hasta los seis meses a 12°C, por lo cual, el rango de temperatura propuesto por el autor podría ampliarse a 12°C.

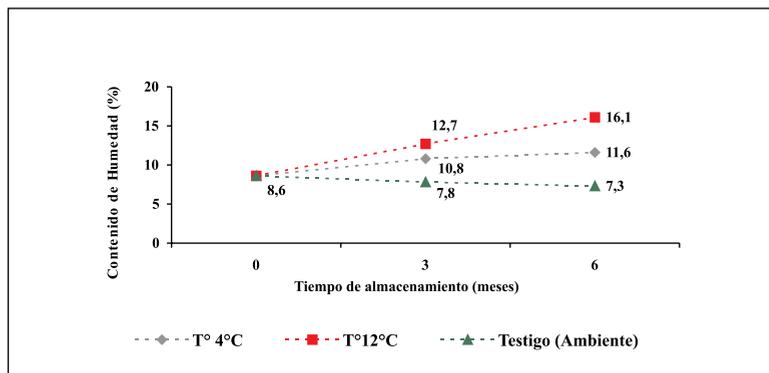
Variación del contenido de humedad en cada período de muestreo, por cada tratamiento de almacenamiento. Las semillas de aliso almacenadas a 4 y 12°C presentaron un incremento en el contenido de humedad a los tres y seis meses de evaluación, con respecto al valor inicial (Figura 1). Los resultados obtenidos muestran que el mayor incremento en la humedad ocurrió en las semillas almacenadas a 4°C, lo cual se asoció con las disminuciones en los valores de las variables PG y VG, en cada período de evaluación. Al respecto, Bermúdez (1) afirma que contenidos de humedad mayores a 11% deterioran la semilla.

Las semillas almacenadas a temperatura ambiente presentaron un descenso en el CH, tanto a los tres como a los seis meses de almacenamiento. Esta disminución pudo ocasionar deshidratación de los embriones,

la cual causó la pérdida de viabilidad de las semillas.

Estas fluctuaciones en el contenido de humedad de las semillas se pueden explicar con base en lo afirmado por Probert (21), quien menciona que la humedad relativa del aire que se encuentra dentro del vacío del empaque sellado con la semilla, aumentará si el empaque es refrigerado. Lo anterior depende de la relación de la semilla con el espacio y el aire del empaque; si el empaque es grande y la cantidad de semilla es poca, puede ocurrir un incremento en el contenido de humedad de las semillas, ya que si la humedad de éstas se encuentra por debajo de la humedad relativa, se presentará un movimiento del vapor de agua desde el sitio más húmedo (en este caso el contenedor de vidrio y plástico) hacia los más secos (semilla). En el presente trabajo, la poca cantidad de semillas almacenadas (30 semillas por recipiente) y el empaque utilizado, podría corroborar dicho fenómeno. De acuerdo a Bermúdez (1), las fluctuaciones en el CH pueden originar un mayor riesgo al ataque de hongos, a lo cual se suma un incremento del gradiente respiratorio, lo que puede causar muerte o descomposición de las semillas.

Figura 1.
Contenido de humedad de *A. acuminata* (aliso) para cada temperatura de almacenamiento y tiempo de muestreo.



***Cordia gerascanthus* L. Moldenke**

Viabilidad de la semilla de solera (%). Las semillas almacenadas a 4°C y temperatura ambiente presentaron una disminución severa en la viabilidad, tanto para el tercero como para el sexto mes de almacenamiento (Tabla 10). Estos tratamientos presentaron los porcentajes de viabilidad más bajos, lo cual es ratificado con los porcentajes de germinación obtenidos para esta especie. El tratamiento a 12°C mantuvo la viabilidad de la semilla, ya que la pérdida de viabilidad fue mínima, durante cada período de evaluación. De igual manera, los resultados de germinación presentaron este mismo comportamiento, lo que demuestra que esta temperatura es adecuada para almacenar semillas de esta especie.

Evaluación de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el valor máximo de germinación (ND) y vigor germinativo (VG), en relación con los manejos pregerminativos empleados.

Semillas inmersas en agua a temperatura ambiente durante cuatro horas. El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas para la variable PG en el tratamiento a 12°C, por tanto la calidad de la semilla se mantuvo a los tres y seis meses de almacenamiento, con respecto a la germinación inicial.

Para la variable ND existieron diferencias significativas del valor inicial con respecto al tercero y al sexto mes, con un aumento en el número de días requerido para alcanzar la germinación total, es decir, a mayor tiempo de almacenamiento se observó detrimento en la velocidad germinativa (Tabla 11).

En la variable VG solo se presentó una disminución del vigor germinativo a los tres meses de almacenamiento, y éste se mantuvo sin cambios hasta el sexto mes de almacenamiento, lo cual indica que se mantuvo el vigor.

Para todos los tratamientos se presentó una disminución en la germinación a los tres meses de conservación, debido al ataque

Tabla 10. Porcentaje de viabilidad de las semillas de solera (%).

Temperatura (°C)	Tiempo (meses)	Número de semillas de la muestra	Semillas vivas	Viabilidad (%)
4	0	50	35	70
	3		13	26
	6		14	28
12	0	50	35	70
	3		34	68
	6		31	62
Ambiente	0	50	35	70
	3		6	12
	6		7	14

causado por la hormiga de fuego, *Solenopsis geminata*, la cual afectó en pocas horas las semillas sembradas en el sustrato e hizo difícil su control inmediato. Una de las posibles causas para que el insecto consuma la semilla es la preferencia por alimentos con alto contenido proteínico (10); es así como al respecto, Conif (6) encontró que las semillas de solera poseen un alto contenido de proteína en el embrión (19,69%).

Para prevenir el ataque de las hormigas, cuando se hizo la evaluación de germinación al sexto mes de almacenamiento, se aplicó el insecticida clorpirifos, alrededor del sustrato donde se sembraron las semillas.

El tratamiento a 4°C mostró diferencias estadísticas significativas hasta los seis meses de conservación, es decir que tan pronto se almacenaron las semillas, éstas comenzaron a deteriorarse.

En la variable ND, a los tres meses de almacenamiento se presentó un incremento en el número de días para alcanzar la

germinación total. Para el sexto mes de almacenamiento, el ND mantuvo un valor similar al del tercer mes de almacenamiento. Al parecer las condiciones de almacenamiento a baja temperatura retrasan la velocidad de germinación. Igual comportamiento presentó el vigor germinativo, ya que la energía germinativa se vio afectada al cabo de los tres meses de almacenamiento.

El tratamiento a temperatura ambiente registró bajos porcentajes de germinación, lo anterior se debió a que las semillas almacenadas a esta temperatura continúan sus procesos de respiración y oxidación de lípidos y proteínas, con la subsecuente degradación y muerte del embrión, y pérdida de su capacidad germinativa.

Semillas sin manejo pregerminativo (siembra directa). El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas para los tres tratamientos de almacenamiento (4°C, 12°C y 20°C). Al tercer mes de almacenamiento estos tratamientos no germinaron, debido al ataque de la hormiga *S. geminata*; sin embargo,

Tabla 11. Promedios y variaciones de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el máximo de germinación total (ND) y el vigor germinativo (VG), para cada temperatura y tiempo de almacenamiento de la semilla de *C. gerascanthus* (solera), con un manejo pregerminativo sumergiendo las semillas en agua durante cuatro horas.

Temperatura (°C)	Tiempo (Mes)	PG		ND		VG	
		\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)
4	0	78 a	32,43	20 b	15,52	0,187 a	63,15
	3	54b*	31,72	30a*	5,20	0,037b*	63,19
	6	40 b	52,71	26 a	35,28	0,067 b	84,64
12	0	78 a	32,43	20 b	15,52	0,187 a	63,15
	3	64a*	23,52	29a*	11,55	0,053b*	48,64
	6	70 a	20,20	30 a	10,77	0,174 a	59,02
Ambiente	0	78	32,43	20 a	15,52	0,187 a	63,19
	3	6*	140,55	10b*	131,05	0,002b*	153,32
	6	0	0	0	0	0	0

Letras distintas indican diferencias estadísticas entre promedios para los tiempos, por cada temperatura. Prueba de Duncan al 5%. \bar{X} : Promedio; C.V.: Coeficiente de variación.

*Ataque de la hormiga *Solenopsis geminata*

al evaluar la viabilidad de las semillas, por medio de las sales de tetrazolio, los valores fueron del 26, 68 y 12%, respectivamente, lo que permitió determinar la tendencia de las semillas a perder la capacidad germinativa en los tratamientos a 4°C y a temperatura ambiente. Se observó que las semillas sin manejo pregerminativo fueron más susceptibles al ataque de este insecto, al parecer fue más fácil el corte y consumo de semillas sin hidratar (Tabla 12).

Se realizó un ensayo para comprobar si había preferencia de las hormigas por las semillas que no se sumergieron en agua. Para esto, se dispusieron 100 semillas en agua durante cuatro horas antes de la siembra, y otras 100 semillas sin manejo pregerminativo. Se observaron diariamente las semillas durante cinco días, y se notó que el insecto prefirió aquellas que no fueron humedecidas, con un alto porcentaje de daño (70%).

Las variables ND y VG de los tratamientos 4°C, 12°C y a temperatura ambiente presentaron diferencias estadísticamente significativas al sexto mes de almacenamiento con respecto

al mes inicial, con una pérdida de energía y velocidad de germinación al final del almacenamiento.

Los resultados permitieron determinar que las semillas que se sumergieron en agua durante cuatro horas, fueron más vigorosas que aquellas que se sembraron directamente en los germinadores sin manejo pregerminativo.

Al parecer la imbibición de las semillas de solera en agua, activó la germinación y estimuló una mayor velocidad y vigor germinativo. Niembro (16) menciona al respecto, que los remojos permiten acelerar los procesos de hidrólisis (descomposición de los compuestos químicos por acción del agua) de las reservas del embrión, y por tanto se acelera la germinación de la semilla.

Variación del contenido de humedad (CH), en cada período de muestreo y por cada tratamiento de almacenamiento. Los tratamientos a 4 y 12°C mantuvieron su contenido de humedad en un intervalo de 9 a 11%, hasta los seis meses de almacenamiento,

Tabla 12. Promedios y variaciones de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el máximo de germinación total (ND) y el vigor germinativo (VG), para cada temperatura y tiempo de almacenamiento de la semilla de *C. gerascanthus* (solera), sin ningún manejo pregerminativo.

Temperatura (°C)	Tiempo (Mes)	PG		ND		VG	
		\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)
4	0	68	18,078	20	16,26	0,14	47,13
	3	0*	0	0*	0	0*	0
	6	18	73,142	22	54,17	0,02	129,91
12	0	68	18,078	20	16,26	0,14	47,13
	3	0*	0	0*	0	0*	0
	6	32	73,362	22	53,79	0,07	105,41
Ambiente	0	68	18,078	20	16,26	0,14	47,13
	3	0*	0	0*	0	0*	0
	6	0	0	0	0	0	0

* Ataque de la hormiga *Solenopsis geminata*; \bar{X} : Promedio; C.V.: Coeficiente de variación.

es decir que las fluctuaciones fueron leves, lo que permitió que las semillas se mantuvieran más viables que las almacenadas en el tratamiento a temperatura ambiente, cuyo contenido de humedad disminuyó a 8,8%, al sexto mes de almacenamiento (Figura 2). Bermúdez (1) indica que la deshidratación de las semillas puede ocasionar daños irreversibles por resecamiento de los embriones y por la autooxidación de lípidos.

Bryant (3) señala que la pérdida o ganancia de humedad en la semilla depende de las características de la testa o cubierta seminal (espesor), y de la composición química del endospermo, donde el tipo de sustancia de reserva predominante, que determina un mayor o menor grado de higroscopicidad (intercambio de humedad con el medioambiente). En este trabajo, se observó que las semillas de solera empacadas en bolsas plásticas dentro de frascos de vidrio, no presentaron fuertes oscilaciones en su contenido de humedad a través del tiempo de almacenamiento. Conif (6), menciona que la grasa presente en la semilla de solera hace que la pérdida de agua sea lenta; al parecer esta condición permitió que en las semillas almacenadas la humedad no fluctuara drásticamente durante los seis meses.

***Guarea guidonia* (Jacq). P. Willson.**

Viabilidad de la semilla de cedrillo (%).

Las semillas almacenadas en los tratamientos a 4°C y a temperatura ambiente presentaron una leve disminución de la viabilidad hasta el tercer mes de conservación. Para el sexto mes, la viabilidad disminuyó notoriamente para los tres tratamientos, con valores que fluctuaron entre 46 y 54% (Tabla 13).

En el tratamiento a 12°C las semillas presentaron una pérdida de viabilidad, con respecto a los valores iniciales, durante los tres y seis meses de almacenamiento.

Los datos obtenidos en la prueba de viabilidad no mostraron concordancia con los porcentajes de germinación registrados en este estudio, debido a que la prueba de tetrazolio mostró la tinción de los tejidos vivos del embrión, sin tener en cuenta que ciertas semillas pueden presentar algún tipo de latencia que inhibe el proceso de germinación. Niembro (17) menciona que muchas semillas presentan embriones morfológicamente completos pero fisiológicamente inmaduros. Por lo anterior, puede inferirse que las semillas de cedrillo están condicionadas a algún tipo de latencia, que impide que la semilla manifieste su capacidad de germinación.

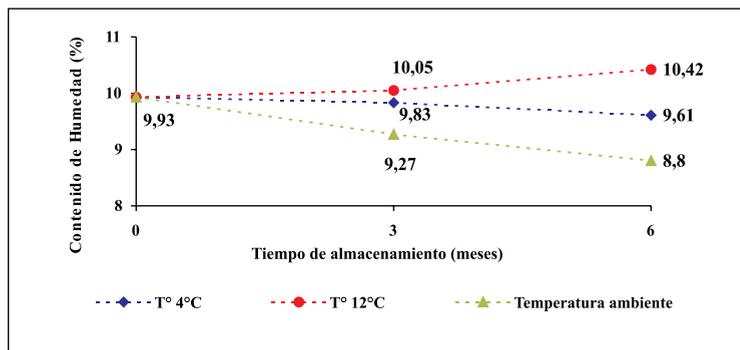


Figura 2.
Contenido de humedad de *C. gerascanthus* (solera) por cada temperatura de almacenamiento y tiempo de muestreo

Tabla 13. Porcentaje de viabilidad de las semillas de cedrillo (%).

Temperatura (°C)	Tiempo (meses)	Número de semillas de la muestra	Semillas vivas	Viabilidad (%)
4	0	50	41	82
	3		38	76
	6		25	50
12	0	50	41	82
	3		25	50
	6		27	54
Ambiente	0	50	41	82
	3		39	78
	6		23	46

Evaluación de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el valor máximo de germinación (ND) y vigor germinativo (VG), en relación con los manejos pregerminativos empleados.

Semillas escarificadas, despunte con esmeril.

Para la variable PG el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas en el tratamiento a 12°C, por tanto la calidad de la semilla se mantuvo a los tres y seis meses de almacenamiento, con respecto a la germinación inicial.

Para las variables ND y VG, las semillas almacenadas disminuyeron la energía y la velocidad de germinación en los tres primeros meses, tiempo después del cual la reducción en el vigor germinativo fue menos severa (Tabla 14).

Los tratamientos a 4°C y a temperatura ambiente presentaron diferencias estadísticas a los tres y seis meses de almacenamiento con respecto a los porcentajes de germinación iniciales. De igual forma la variable VG, al tercer y sexto mes de conservación, mostró que las semillas perdieron su vigor germinativo.

Se observó que en las semillas de cedrillo, catalogadas como de tipo ortodoxo, almacenadas a una temperatura baja (4°C) y una temperatura de 20°C, se afectó su calidad, lo cual se vio reflejado en la disminución del porcentaje de germinación, de la pérdida de velocidad de germinación y del vigor.

De acuerdo con los resultados encontrados, se puede afirmar que las semillas de esta especie para conservar la calidad y vigor germinativo, se deben mantener en una temperatura de 12°C, lo cual ayudará a disminuir los riesgos de daño y mantendrá la semilla viva por un período mínimo de seis meses, en almacenamiento.

Semillas expuestas en agua caliente (punto de ebullición), por dos minutos y posteriormente dejadas en reposo en agua (temperatura ambiente), durante 48 horas. No es conveniente para las semillas de cedrillo este manejo pregerminativo, ya que causó la pérdida total de la germinación y del vigor germinativo en cada período de evaluación.

Niembro (17) menciona que tanto la temperatura del agua como el tiempo de

Tabla 14. Promedios y variaciones de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el máximo de germinación total (ND) y vigor germinativo (VG), para cada temperatura y tiempo de almacenamiento de la semilla de *G. guidonia* (cedrillo), con un despunte de la semilla con esmeril.

Temperatura (°C)	Tiempo (mes)	PG		ND		VG	
		\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)
4	0	45 a	43,51	51 a	4,69	0,00937 a	67,552
	3	11 b	100,05	40 a	87,69	0,00057 b	133,435
	6	10 b	105,41	42 a	87,09	0,00042 b	148,341
12	0	45 a	43,51	51 b	4,69	0,00937 a	67,552
	3	49 a	17,87	72 a	8,25	0,00486 b	41,537
	6	40 a	35,36	74 a	8,50	0,00336 b	71,638
Ambiente	0	45 a	43,51	51 a	4,69	0,00937 a	67,552
	3	15 b	56,66	66 a	39,96	0,0005 b	74,526
	6	12 b	102,44	45 a	86,61	0,00047 b	120,389

Letras distintas indican diferencias estadísticas entre promedios para los tiempos, por cada temperatura. Prueba de Duncan al 5%. \bar{X} : Promedio; C.V.: Coeficiente de variación.

inmersión deben determinarse correctamente si se quieren obtener buenos resultados. El mismo autor señala que tiempos de inmersión prolongados en agua caliente ocasionan, por lo general, daños irreversibles en las semillas, con efectos drásticos de la germinación.

Otra causa de la muerte de las semillas puede ser el remojo prolongado de éstas, dado que el remojo impide la aireación y la semilla muere por asfixia, o bien por la exósmosis (difusión u ósmosis del interior hacia afuera a través de las paredes) de enzimas y nutrimentos.



Figura 3. Proceso de germinación de las semillas de *G. guidonia* (Jacq). P. Willson (cedrillo).

Así mismo, cuando las semillas son almacenadas a elevadas temperaturas se incrementa su tasa metabólica o bien se destruyen algunas enzimas (17); es posible que en las semillas almacenadas a temperatura ambiente (20°C), se haya presentado este proceso, lo que disminuyó la calidad y la velocidad de germinación de las semillas.

Variación del contenido de humedad (CH), en cada período de muestreo y por cada tratamiento de almacenamiento. Al realizar la prueba de contenido de humedad (CH), en cada período de muestreo y por cada tratamiento, se observó que todas las semillas almacenadas en las temperaturas a 4°C, 12°C y a temperatura ambiente, elevaron excesivamente su CH (> 31%), tanto a los tres como a los seis meses de almacenamiento (Figura 4).

Al parecer, el tamaño del empaque utilizado para el almacenamiento (bolsa plástica dentro de frascos de vidrio) no fue el adecuado, ya que la cantidad de semilla dispuesta en los recipientes fue muy poca, lo cual originó que las semillas fueran más propensas a ganar humedad en todos los tratamientos por el volumen de aire dentro del recipiente. De acuerdo con Probert (21), la capacidad

de retención de la humedad del aire está directamente relacionada con la temperatura, de tal forma que la humedad relativa del aire que se encuentra dentro del vacío del empaque sellado con la semilla, aumentará si el empaque es refrigerado. Si la humedad de la semilla se encuentra por debajo de la humedad relativa dentro del empaque de almacenamiento, se presentará un movimiento del vapor de agua desde el aire que rodea la semilla (en este caso el contenedor de vidrio y plástico) hacia la superficie de la misma.

Jacobsen y Mujica (13) indican que períodos con alta humedad relativa (HR) pueden provocar un aumento de la humedad de la semilla almacenada, lo cual fue corroborado en este estudio, ya que la HR fluctuó entre 75 y 90%.

Como consecuencia del aumento de CH, en el tercer mes de almacenamiento las semillas que se encontraban a temperatura ambiente, presentaron un ataque severo de hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*, los cuales afectaron aproximadamente un 50 y 70% de la semilla almacenada, respectivamente. Bermúdez (1) afirma que el almacenamiento por más de un año, con altas temperaturas (mayor

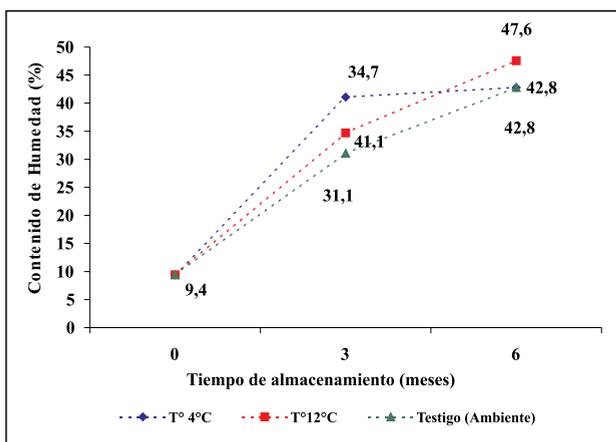


Figura 4. Contenido de humedad de *G. guidonia* (cedrillo) por cada temperatura de almacenamiento y tiempo de muestreo.

a 25°C) y humedad relativa mayor a 70%, incrementan la invasión de microorganismos e insectos en la semilla.

Probablemente, las condiciones que se presentaron en la semilla de cedrillo (CH alto) y en los cuartos de almacenamiento (temperaturas de 12°C y ambiente, y una HR entre 75 a 90%), ofrecieron condiciones adecuadas para la propagación del hongo. Estos patógenos, de acuerdo con los resultados mostrados para las distintas variables evaluadas, solo afectaron el porcentaje de germinación de las semillas conservadas a temperatura ambiente, mientras que en el tratamiento a 12°C se evidenció la pérdida en la calidad de la semilla, al sexto mes de evaluación. El tratamiento a 4°C no mostró ataque de los hongos, debido posiblemente a que *Aspergillus* y *Penicillium* necesitan temperaturas más altas para su desarrollo.

Juglans neotropica (Diels)

Viabilidad de la semilla de cedro negro (%). La prueba de tinción con sales de tetrazolio, mostró que las semillas almacenadas en cada tratamiento a 4°C, 12°C y 20°C, presentaron un comportamiento similar, ya que hasta el sexto mes de conservación las fluctuaciones en el porcentaje de viabilidad fueron mínimas en comparación con la viabilidad inicial (Tabla 15).

Los resultados de la prueba de viabilidad no coincidieron con el porcentaje de germinación que se realizó en este estudio, debido a que esta especie posee una latencia innata, por la consistencia dura de la testa, lo cual no permite que la semilla manifieste totalmente su capacidad de germinación en un período determinado (Figura 5).

Tabla 15. Porcentaje de viabilidad de las semillas de cedro negro (%).

Temperatura (°C)	Tiempo (meses)	Número de semillas de la muestra	Semillas vivas	Viabilidad (%)
4	0	50	21	42
	3		21	42
	6		26	52
12	0	50	21	42
	3		24	48
	6		17	34
Ambiente	0	50	21	42
	3		24	48
	6		15	30

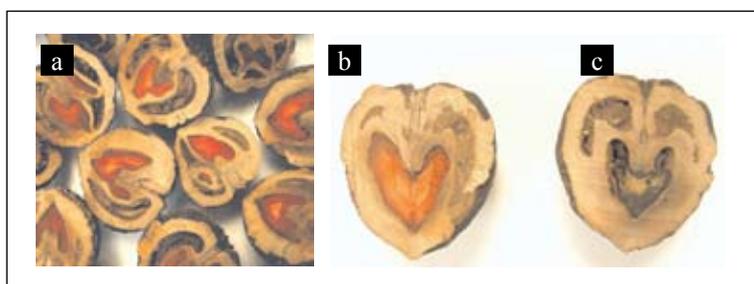


Figura 5.
a. Tinción de la semilla de *J. neotropica* (Diels) (cedro negro); b. Semilla viable; c. Semilla inviable.

Esta condición está asociada, según López y Piedrahita (14), con la retención de inhibidores que están contenidos en su cubierta gruesa (testa), la cual es permeable al agua y semi o impermeable a algunos químicos o gases (O₂ y CO₂), indispensables para el desarrollo del embrión.

Evaluación de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el valor máximo de germinación (ND) y vigor germinativo (VG), en relación con los manejos pregerminativos empleados.

Semillas escarificadas mediante el despunte con esmeril. El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas para la variable PG en las semillas almacenadas a 4°C, es decir que bajo esta temperatura se conservó la calidad germinativa de la semilla hasta los seis meses de almacenamiento.

Para la variable ND hubo diferencias significativas a los tres y seis meses de almacenamiento con respecto al valor inicial. Por

tanto, bajo las condiciones de almacenamiento evaluadas se requiere un mayor número de días para alcanzar el máximo de germinación total, lo cual significa un retardo en el tiempo necesario de germinación a medida que el tiempo de almacenamiento transcurre (Tabla 16).

La variable VG mostró diferencias al tercer y sexto mes de almacenamiento, en comparación con el valor inicial; esto quiere decir que bajo estas condiciones y a medida que transcurrió el tiempo las semillas fueron menos vigorosas que al inicio de la prueba.

El tratamiento a 12°C, en la variable PG, presentó diferencias estadísticamente significativas. Al tercer mes se observó una disminución en el porcentaje de germinación, similar al comportamiento registrado hasta los seis meses de almacenamiento.

Para la variable ND se presentaron diferencias estadísticamente significativas, con

Tabla 16. Promedios y variaciones de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el máximo de germinación total (ND) y el vigor germinativo (VG), para cada temperatura y tiempo de almacenamiento de la semilla de *J. neotropica* (cedro negro), con un despunte de la semilla con esmeril.

Temperatura (°C)	Tiempo (mes)	PG		ND		VG	
		\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)
4	0	44 a	19,17	59 b	7,15	0,0057 a	30,54
	3	38 a	29,88	67 a	8,44	0,0036 b	58,64
	6	39 a	28,22	70 a	4,57	0,0034 b	57,96
12	0	44 a	19,17	59 b	7,15	0,0057 a	30,54
	3	29 b	34,29	66.a	5,22	0,0021 b	69,51
	6	24 b	44,79	67 a	10,41	0,0014 b	74,02
Ambiente	0	44	19,17	59	7,15	0,0057	30,54
	3	16	60,38	50	53,53	0,00085	102,65
	6	0	0	0	0	0	0

Letras distintas indican diferencias estadísticas entre promedios para los tiempos, por cada temperatura. Prueba de Duncan al 5%. \bar{X} : Promedio; C.V.: Coeficiente de variación.

un descenso en la velocidad de germinación a los tres meses de conservación. En el sexto mes de almacenamiento no se evidenciaron cambios respecto al tercer mes.

El vigor germinativo presentó diferencias estadísticamente significativas, es decir que disminuyó tanto a los tres como a los seis meses de almacenamiento con respecto al valor inicial.

El tratamiento a temperatura ambiente presentó pérdida de la calidad de la semilla a los tres y seis meses de almacenamiento, con respecto al valor inicial. Para el tercer mes de almacenamiento se observó una fuerte disminución en el porcentaje de germinación, mientras que para el sexto mes no hubo germinación de las semillas evaluadas.

Semillas inmersas en agua caliente (punto de ebullición), por dos minutos y posteriormente dejadas en reposo en agua (temperatura ambiente), durante 48 horas. Se observó que este manejo pregerminativo fue nocivo para las semillas, por lo cual no se presentó germinación en ningún tratamiento. Al partir algunas semillas se observó que los embriones estaban muertos. Al parecer la alta temperatura del agua y la inmersión prolongada, pudo causar la muerte de los tejidos.

Variación del contenido de humedad (CH), en cada período de muestreo y por cada tratamiento de almacenamiento. El empaque de almacenamiento conservó el contenido de humedad de la semilla en cada período de muestreo. Lo anterior permite inferir que el empaque utilizado para el almacenamiento no permitió el intercambio de humedad de las semillas con el ambiente. Estos resultados mostraron que al mantener el contenido de humedad de las semillas sin oscilaciones severas, se garantiza la conservación de la calidad durante su almacenamiento (Figura 6).

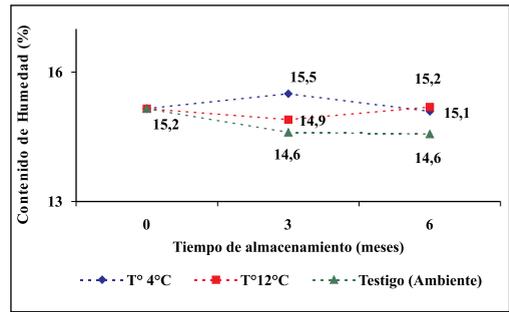


Figura 6. Contenido de humedad de *J. neotropica* (cedro negro) por cada temperatura y tiempo de almacenamiento

***Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page**

Viabilidad de la semilla de chaquiroy (%). En la Tabla 17, se observa que la viabilidad de las semillas almacenadas en la temperatura a 4°C, disminuyó para los períodos de almacenamiento de tres y seis meses.

En el tratamiento a 12°C, las semillas incrementaron su viabilidad a los tres y seis meses de almacenamiento. De acuerdo con Marín (15), la drupa posee una viabilidad corta (menos de un año), con una reducción muy drástica a partir del cuarto mes de conservación, es decir que este tratamiento logró mantener la viabilidad hasta los seis meses de almacenamiento.

Las semillas almacenadas a temperatura ambiente mostraron una pérdida de la viabilidad desde los tres meses de almacenamiento. Para esta temperatura, se observó que un 10% de las unidades experimentales presentaron hongos en el sustrato de almacenamiento (aserrín), en el cual se encontró el hongo *Penicillium* spp., que causó daño en las semillas y provocó pérdida de viabilidad.

Evaluación de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el valor máximo de germinación

Tabla 17. Porcentaje de viabilidad de las semillas de chaquiro (%).

Temperatura (°C)	Tiempo (meses)	Número de semillas de la muestra	Semillas vivas	Viabilidad (%)
4	0	50	32	64
	3		23	46
	6		23	46
12	0	50	32	64
	3		40	80
	6		35	70
Ambiente	0	50	32	64
	3		26	52
	6		16	32

(ND) y vigor germinativo (VG), en relación con los manejos pregerminativos empleados.

Semillas inmersas en agua a temperatura ambiente durante 72 horas. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas en la variable PG para el tratamiento a 4°C. La prueba de Duncan (al 5%) mostró diferencias a los tres y seis meses de almacenamiento (Tabla 18).

En el almacenamiento a los 4°C, para la variable ND no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ni a los tres ni a los seis meses de almacenamiento, con respecto al valor inicial.

Con respecto al tratamiento a 12°C, existieron diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes germinación; los valores fueron similares al inicio y a los 3 meses de almacenamiento, en tanto

Tabla 18. Promedios y variaciones de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el máximo de germinación total (ND) y el vigor germinativo (VG), para cada temperatura y tiempo de almacenamiento de la semilla de *R. rospigliosii* (chaquiro), con un manejo pregerminativo sumergiendo las semillas en agua durante 72 horas.

Temperatura (°C)	Tiempo (mes)	PG		ND		VG	
		\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)
4	0	28 a	32,8	73 a	19,97	0,0017 a	56,44
	3	14 b	76,8	73 a	69,14	0,0003 b	90,89
	6	22 a	59,8	51 a	54,06	0,0025 a	68,70
12	0	28 b	32,8	73 b	19,97	0,0017 a	56,44
	3	22 b	46,9	105 a	4,29	0,0005 b	89,08
	6	43 a	22,1	75 b	32,83	0,0047 a	58,15
Ambiente	0	28 a	32,8	73 b	19,97	0,0017 a	56,44
	3	26 a	48,7	100 a	6,83	0,0007 b	86,03
	6	28 a	22,6	79 b	16,6	0,0016 a	38,35

Letras distintas indican diferencias estadísticas entre promedios para los tiempos, por cada temperatura. Prueba de Duncan al 5%. \bar{X} : Promedio; C.V.: Coeficiente de variación.

que a los 6 meses, se presentó un notorio incremento de la germinación.

En la variable ND, en el tratamiento a los 12°C, se observó que la velocidad de germinación disminuyó a los tres meses de almacenamiento, pero se volvió a incrementar a los seis meses de conservación.

El vigor germinativo (VG) mostró el menor valor a los 3 meses de almacenamiento.

Los análisis de varianza no mostraron diferencias estadísticas significativas en la variable PG en las semillas almacenadas a temperatura ambiente, por tanto, la calidad de la semilla de chaquiro se conservó tanto a los tres como a los seis meses de almacenamiento.

Para esta misma temperatura, la variable ND presentó diferencias estadísticamente significativas, ya que se incrementó a partir del tercer mes de conservación. Para el sexto mes se tuvo un comportamiento similar al inicial, es decir que tanto al inicio como a los seis meses de almacenamiento, las semillas requirieron el mismo número de días para alcanzar el máximo de germinación.

Para la variable vigor de las semillas se observa una tendencia a disminuir hasta los tres meses de conservación, sin embargo al sexto mes se registraron valores de vigor similares a los registrados al inicio del almacenamiento.

Al comparar los tratamientos a 12°C y a temperatura ambiente, los resultados indican que bajo las dos temperaturas las semillas conservan su viabilidad; sin embargo a 12°C, se obtienen los mayores porcentajes de germinación. En el tratamiento a temperatura ambiente se registró contaminación del sustrato por el hongo *Penicillium* spp.

En general, se observa una tendencia a incrementar la germinación cuando el período de almacenamiento es mayor, lo que sugiere que las semillas de esta especie presentan latencia que inhibe la germinación en los períodos iniciales de almacenamiento.

Estos resultados mostraron que al sumergir las semillas durante 72 horas en agua a temperatura ambiente y almacenarlas a 12°C, se conservó eficazmente la calidad de la semilla (Figura 7).



Figura 7.
Proceso de germinación de
semillas de *R. rospigliosii*
(Pilg.) C.N. Page (chaquiro).

El comportamiento de las semillas de chaquiro, de incrementar la germinación, la rapidez y energía al sexto mes de conservación, se puede explicar, con el modelo presentado por Gordon, citado por Echeverri y González (9), según el cual, las semillas sin importar las condiciones dadas, pasan por un estado inicial de latencia y ninguna germina justo después de su recolección. Una vez la latencia disminuye todas las semillas viables germinan.

Niembro (17) afirma que muchas semillas presentan embriones morfológicamente completos pero fisiológicamente inmaduros, en este caso el embrión está incapacitado para movilizar y utilizar los materiales de reserva, contenidos en el endospermo o en los cotiledones. A medida que el embrión alcanza su madurez fisiológica, el estado de letargo disminuye, y simultáneamente se disparan los mecanismos de movilización de las reservas hacia el embrión, el cual utilizará

esta fuente de energía en la división celular y la elongación. Posiblemente, la semilla de chaquiro está condicionada también a este fenómeno, e incrementa su porcentaje de germinación al sexto mes de conservación.

Semillas expuestas al sol durante 24 horas (manejo pregerminativo). El análisis de varianza mostró para las variables PG, ND y VG diferencias estadísticas en las semillas almacenadas a 4°C, 12°C y a temperatura ambiente, durante los seis meses de conservación. Se observó que la calidad de la semilla no se conservó en ningún tratamiento, lo que indica que este tratamiento pregerminativo es nocivo para las semillas. La prueba de Duncan mostró que a pesar de los bajos porcentajes de germinación, las semillas almacenadas en el tratamiento a 12°C, hasta los seis meses, presentaron una tendencia a incrementar los porcentajes de germinación a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento (Tabla 19).

Tabla 19. Promedios y variaciones de las variables porcentaje de germinación (PG), número de días en alcanzar el máximo de germinación total (ND) y el vigor germinativo (VG), para cada temperatura y tiempos de almacenamiento de la semilla de *R. rospigliosii* (chaquiro), con un manejo pregerminativo: exposición de las semillas al sol durante 24 horas.

Temperatura (°C)	Tiempo (mes)	PG		ND		VG	
		\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)	\bar{X}	C.V. (%)
4	0	1 a	316,23	8 a	316,23	0,00001	316,23
	3	1 a	316,23	8 a	316,23	0,00002	316,23
	6	1 a	316,23	4 a	316,23	0	0
12	0	1 b	316,23	8 b	316,23	0,00001 b	316,23
	3	6 b	116,53	40 a	110,88	0,00011 b	152,62
	6	24 a	56,25	46 a	21,41	0,0036 a	154,10
Ambiente	0	1	316,23	8	316,23	0,00001	316,23
	3	19	57,92	89	15,36	0,00053	106,13
	6	0	0	0	0	0	0

Letras distintas indican diferencias estadísticas entre promedios para los tiempos, por cada temperatura. Prueba de Duncan al 5%. \bar{X} : Promedio; C.V.: Coeficiente de variación.

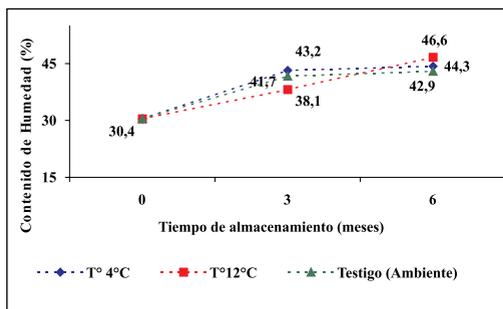


Figura 8. Contenido de humedad de *R. rospigliosii* (chaquiro) para cada temperatura de almacenamiento y tiempo de muestreo.

Variación del contenido de humedad (CH), en cada período de muestreo y por cada tratamiento de almacenamiento. Se observó que las semillas en cada tratamiento de almacenamiento incrementaron el contenido de humedad durante cada período de evaluación (Figura 8). Echeverri y González (9), afirman que las semillas con testa dura absorben rápidamente el agua, cuando son puestas en contacto con un medio húmedo o una solución de imprimación.

Para este estudio, la humedad del sustrato de almacenamiento (aserrín) tenía el mismo contenido de humedad que la semilla. De esta manera, se puede concluir que la ganancia de humedad en el sustrato y en las semillas, probablemente se produjo porque el empaque en el cual se dispuso el aserrín (bolsa plástica), permitió el movimiento de humedad desde el exterior del empaque (cuartos de almacenamiento) hasta el interior de la bolsa, debido a la alta humedad relativa de los cuartos de almacenamiento (75 a 90%). Al observar los empaques se vio que las bolsas empacadas al vacío se encontraban de nuevo con aire en su interior, y el aserrín con mayor humedad. En consecuencia las semillas se hidrataron durante el almacenamiento.

Bermúdez (1) sostiene que la transferencia de humedad de la superficie de la semilla al entorno de la misma, es un proceso que está en función del gradiente de la presión de vapor que existe en la semilla y el aire que lo rodea. Es decir, que si el contenido de humedad de las semillas se encuentra por debajo de la humedad relativa, se presentará un movimiento del vapor de agua desde el aire que la rodea hacia la superficie de la semilla, por tanto, el movimiento del aire cerca a la semilla acelera la ganancia de humedad hasta cierto punto. Para el presente estudio, se pudo presentar este proceso, ya que el contenido de humedad del aserrín y la semilla fue menor (30,4%) con respecto a la humedad relativa de los cuartos de almacenamiento, por lo cual las semillas y el aserrín pudieron haber ganado humedad.

Algunos reportes citados por Echeverri y González (9) indican que durante el proceso de germinación la imbibición de agua ocurre esencialmente en tres fases. La primera fase de rápida imbibición, es un proceso estrictamente físico, que ocurre igualmente en semillas muertas y vivas. La segunda fase es considerada de reposo, donde el contenido de agua incrementa sólo marginalmente, aquí se presentan una serie de procesos celulares, se inicia la respiración y la formación de nuevas proteínas (enzimas); esta fase se considera en términos fisiológicos como la germinación propiamente dicha, la duración de esta fase varía dependiendo de la especie, el tipo de semilla y la temperatura. En la tercera fase ocurre el crecimiento postgerminativo (irrupción de la radícula a través de la cubierta seminal, el consumo de reservas alimenticias y la degradación del endospermo, etc).

En este sentido, el comportamiento presentado en la germinación a los tres y seis meses de evaluación en cada tratamiento

de almacenamiento, posiblemente pudo estar condicionado a cada fase de hidratación.

LITERATURA CITADA

1. BERMÚDEZ, H. Interpretación del contenido de humedad, la composición química y el almacenamiento en el sostenimiento de la viabilidad y la germinación en semillas de *Tabebuia rosea* (Bertol D.C) y *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav) Oken. Bogotá, Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1988. p. 9-15. (Tesis: Ingeniero Forestal).
2. BIOCOMERCIO SOSTENIBLE. Estudio del mercado colombiano de semillas forestales. Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2003. 106 p.
3. BRYANT, J.A. Seed physiology. The Institute of Biology's studie in biology. No 165. London, Arnold. 1985. 76 p.
4. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE CAFÉ – Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Archivos de base de datos forestales. Chinchiná, Cenicafé, 2000.
5. COMISIÓN NACIONAL FORESTAL. *Alnus acuminata* HBK. On line Internet. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/fichas%20tecnicas/Alnus%20acuminata.pdf (Consultado el 27 de febrero de 2006)
6. CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y FOMENTO FORESTAL - CONIF. BOGOTÁ. COLOMBIA. Técnicas de manejo de semillas para algunas especies forestales neotropicales en Colombia. Bogotá, CONIF, 1990. 91 p. (Serie de Documentación No. 19).
7. CORREA, J. Fisiología de semillas y plántulas. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2002. 153 p.
8. CZABATOR, F.J. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8(4):386-396. 1962.
9. ECHEVERRI, C.; GONZÁLEZ, J. Imprimación osmótica de semillas de pino romerón *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg) C.N Page. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias 1999. 79 p. (Tesis: Ingeniero Forestal).
10. GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. *Solenopsis geminata* (insecto). On line Internet. Disponible en: www.issg.org/database/species/ecology.asp%3Fsi%3D169%26fr%3D1%26sts%3D&prev=/search%3Fq%3Dsolenopsis%2Bgeminata%26hl%3Des%26lr%3D. (Consultado el 4 marzo de 2006)
11. HARRINGTON, J.F. Drying, storing and packaging seeds to maintain germination and vigor. Proceedings shortcourse for Seedsmen. Seed Technology Lab. Mississippi State, 1959. p. 89-107.
12. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. BASSERSDORF. SUIZA. Reglas internacionales para ensayos de semillas 1976. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1976. 183 p.
13. JACOBSEN, E.; MUJICA, A. Almacenamiento de la semilla de quinua. On line Internet. Disponible en <http://www.fao.org/Regional/Lamerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro14/cap5.8.htm>. (Consultado el 23 abril de 2006).
14. LÓPEZ, J. ; PIEDRAHITA, E. Tratamientos pregerminativos aplicados a la semilla de cedro negro (*Juglans neotropica*) para reducir su período de germinación. In: Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina, 2. Santo Domingo, Octubre 18 – 22, 1999. Santo Domingo, CATIE. 1999. p. 191 – 199.
15. MARÍN, A. Ecología y silvicultura de las Podocarpaceas andinas de Colombia. Cali, Smurfit – Cartón de Colombia, 1998. 143 p.
16. NIEMBRO, A. Semillas forestales. In: Convención Centroamericana de Semillas Forestales, 2. Siguatepeque, 1979. Memorias. Siguatepeque, Departamento de Bosques- UACH, 1979. 86 p.
17. NIEMBRO, A. Semillas de plantas leñosas. México, Editorial Limusa, 1989. 93 p.
18. OLIVEROS, M. Recolección de insectos y arácnidos asociados a siete especies forestales durante la fase de vivero. Pasto, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 1999. 35p. (Tesis: Ingeniero Agroforestal).
19. OSPINA, C.M.; HERNÁNDEZ, R.J.; GÓMEZ, D.E.; GIL, Z.N.; GODOY, J.A; ARISTIZÁBAL, F.A.; PATIÑO, J.N. Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana: El aliso o cerezo. Chinchiná, Cenicafé, 2005. 36 p. (Serie Cartillas Divulgativas).

20. PINTO, G.; SIERRA, R. Estado actual de la oferta y demanda de semillas forestales en Colombia. In: CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y FOMENTO – CONIF. BOGOTÁ. COLOMBIA. Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. Bogotá, CONIF, 1995. p. 11 – 20. (Serie Técnica No. 32).
21. PROBERT, R. Seed viability under ambient conditions, and the importance of drying. In: SMITH, R.; DICKIE, J.; LININGTON, S.; PRITCHARD, H.; PROBERT, R. Seed conservation – turning science into practice. London, Royal Botanic Gardens, 2003. p. 353 – 356.
22. RODRÍGUEZ, J; NIETO, V. Programa de investigación en semilla forestales nativas. Bogotá, Ministerio de Agricultura, 1999. 89 p. (Serie Técnica N°43).
23. TRUJILLO, E. Fundamentos del procesamiento de semillas forestales. In: Seminario Nacional. Recolección y Procesamiento de Semilla Forestales. Montería, Mayo 22 – 24, 1996. Conferencias. Santafé de Bogotá, CONIF, 1996. p. 11 - 17.