

Caracterización de la viabilidad de semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) de dos procedencias

Characterization of inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) seeds viability from two regions

Judith J. GARCÍA B. ✉ y Carmen BASSO

Instituto de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Avenida Universidad, vía el Limón. Apartado Postal 4579, Maracay, estado Aragua, Venezuela. E-mails: garciaj66@gmail.com y cabassofiguera@gmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 06/10/2010 Fin de primer arbitraje: 09/01/2012 Primera revisión recibida: 01/02/2012
Fin de segundo arbitraje: 24/02/2012 Segunda revisión recibida: 23/04/2012 Aceptado: 16/05/2012

RESUMEN

Para caracterizar la viabilidad de semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) se utilizaron frutos recolectados en 2008, en Aragua, Venezuela. Se secaron durante cuatro días en bandejas y diariamente se colocaron muestras en envases con arena húmeda para determinar su emergencia. Hubo cinco tratamientos considerando los días transcurridos desde la extracción de las semillas (dde), el diseño fue en bloques al azar (DBA) con dos repeticiones de diez semillas. A 28 días de la siembra (dds), el porcentaje de emergencia fue 75% y a los 32 dds el porcentaje de plántulas que presentaron sus dos hojas cotiledonares sanas y bien desarrolladas fue 65% para semillas recién extraídas (0 dde). En ambos casos no hubo diferencias estadísticas, usando Friedman, entre 0, 1 y 2 dde pero si con 3 y 4 dde con menores porcentajes. Para evaluar cambios en peso y humedad en las semillas y condiciones adecuadas de almacenamiento se utilizaron semillas recolectadas en 2009, en Barinas, Venezuela. Se planteó un diseño factorial 6x3 en DBA con tres repeticiones. Los factores fueron días de almacenamiento (2, 4, 6, 8, 10 y 12) y temperatura (3°C, 12-13 °C y 26-28°C). El peso y el contenido de humedad de las semillas aumentan con el tiempo de almacenamiento. Luego del cuarto día de almacenamiento disminuye el porcentaje de germinación. El inchi posee semillas recalcitrantes que solo toleran hasta ocho días de almacenamiento, preferiblemente a temperaturas de 12 a 13°C.

Palabras clave: *Caryodendron orinocense* Karsten, viabilidad, peso, humedad, almacenamiento de semillas.

ABSTRACT

Viability was evaluated using inchi seeds (*Caryodendron orinocense* Karsten) from Aragua, Venezuela in 2008. They were dried in trays for four days and samples were taken daily. They were placed in sacks with wet sand to determine emergency. Random blocks were used with two repetitions. There were five treatments considering the day from extraction of the seeds (dde). The emergency at the 28th day (75% for freshly extracted seed) and normal seedlings at 32th day (65% for freshly extracted seed), using Friedman test showed no differences among 0, 1 and 2 dde but with 3 and 4 dde with lower percentages. For weight, water content and adequate storage conditions seeds from Barinas, Venezuela were used in 2009. The factorial design was 6x3 in random blocks with 3 repetitions. The factors were days of storage (2, 4, 6, 8, 10, 12) and storage temperature (3°C, 12-13°C, 26-28°C). Weight and water content increased with time of storage. The percent of germination decreased after the fourth day of storage. According to results, inchi seeds are recalcitrant and only can be store up to eight days. This is better in a temperature range from 12 to 13°C.

Key words: *Caryodendron orinocense* Karsten, viability, weight, water content, seed storage.

INTRODUCCIÓN

El inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) perteneciente a la familia Euphorbiaceae, es una planta rústica, de gran adaptabilidad y múltiples usos. Tiene un gran potencial alimenticio ya que es posible utilizar su fruto como productor de aceite y nuez; así como también aprovechar sus desechos en forma de torta residual. Tiene importancia como árbol

maderable en el desarrollo de bosques diversificados, obteniendo no solo madera sino también alimento, forraje, productos medicinales, entre otros (Jiménez y Bernal, 1992).

Con relación a su origen, el género *Caryodendron* es propio de Suramérica, se encuentra distribuido en Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela. Presenta cuatro especies que tienen

como hábitat natural el bosque húmedo y muy húmedo tropical. La variación intragenérica con respecto a la morfología y la bioquímica es enorme. Es propio de la Orinoquia y amazonia suramericana; por todo el pie de monte de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental, desde muy al sur del Ecuador hasta el norte de Venezuela, Van Dijk (1979) y Durán (1984). Tamayo (1963) señala que en Venezuela este género se encuentra en los bosques tropófilos de la vertiente sur de la cordillera andina, por donde se llega a los límites del estado Lara, con el estado Portuguesa.

La reproducción del inchi en condiciones naturales es sexual. Martínez (1980) informa que después que las semillas caen al suelo y son parcialmente cubiertas por materia orgánica, si las condiciones climáticas son propicias, germinan entre los seis y diez días, con altos porcentajes de germinación.

Hartmann *et al.*, (2007), establecen que la viabilidad de las semillas es el período durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. La duración del almacenamiento puede ser variable dependiendo de las características propias de la semilla y de las condiciones ambientales donde la viabilidad es afectada, principalmente, por el contenido de humedad de la semilla, la temperatura y la atmósfera de almacenamiento.

Un elevado porcentaje de las especies vegetales producen semillas que se pueden secar hasta un nivel de humedad suficientemente reducido para poder almacenarlas a bajas temperaturas, este es el caso de las semillas ortodoxas. Contrariamente, las semillas recalcitrantes son la que normalmente no se deshidratan en la planta madre y mueren si su contenido de humedad se reduce por debajo de un valor crítico. Estas semillas no pueden tolerar la desecación hasta llegar a contenidos bajos de humedad y continúan siendo viables sólo durante un corto período de tiempo que varía de pocos días a pocas semanas en la mayoría de los casos (Roberts, 1973).

Barbedo y Bilia (1998), agregan que las semillas recalcitrantes se caracterizan por; a) son materiales que se desarrollan en sus "hábitat naturales", b) tienen baja longevidad durante almacenamiento y necesidad de condiciones especiales para ello, c) el contenido de humedad en la semilla viable es alrededor 50% y es intolerante a la desecación, d) y tienen sensibilidad al frío.

Los métodos de almacenamiento de semillas recalcitrantes, están basados en el mantenimiento del alto contenido de humedad en las semillas, existiendo un contenido límite por debajo del cual ocurre daño a su capacidad de germinación. En semillas con altos contenidos de humedad se desarrollan reacciones metabólicas y son afectadas por microorganismos, los cuales pueden ser prevenidos reduciendo la temperatura. Sin embargo, los métodos actuales de conservación no son todavía completamente eficientes (Barbedo y Bilia, 1998) y no existe una temperatura óptima para el almacenamiento de tales semillas (Connor y Sowa, 2002).

Existen estudios de semillas recalcitrantes que permiten establecer condiciones apropiadas de almacenamiento. Así, en café (*Coffea arabica* cv. Caturra), por períodos de 2, 10 y 22 semanas a 10, 20 y 30°C y a humedades relativas bajas (máxima 25,2%), media (máxima 51,7%) y alta (máxima 96,2%) no se observa reducción en la germinación después de dos semanas de almacenamiento bajo ninguna de las combinaciones de temperatura - humedad relativa usadas. El almacenamiento (sin deterioro de la germinación y el vigor) de semilla de café por períodos extensos de 22 semanas o mayores, no es factible bajo las condiciones ensayadas. (Ortuño y Echandi, 1980).

En ensayos realizados en inchi por García *et al.* (2008), en los cuales la intención fue la caracterización de la semilla, encontraron entre sus hallazgos que "a los siete días después de la remoción del pericarpio se notó pérdida total de la viabilidad de la semilla". Estas son conclusiones de estudios previos en la especie, que permitieron formular interrogantes acerca de las características del inchi relacionadas con su viabilidad y condiciones apropiadas de almacenamiento.

En el año 2008, se llevó a cabo el Taller sobre conservación de semillas para la restauración ecológica con asistencia de cinco países latinoamericanos: Argentina, Colombia, Cuba, México y Venezuela, donde se discutieron los desafíos asociados a la conservación de semillas y restauración ecológica y entre los puntos de mayor importancia se mencionó la conservación de especies recalcitrantes y de aquellas con interés social por ser especies maderables, medicinales o comestibles. (Ulían *et al.*, 2008). La especie en estudio reúne estas condiciones.

Por lo antes señalado, este trabajo plantea caracterizar la viabilidad de semillas de inchi provenientes de Maracay, Aragua; evaluar los cambios ocurridos en el peso fresco y contenido de humedad debido al almacenamiento a diferentes temperaturas; así como también el efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la viabilidad en semillas de inchi provenientes de Calderas, Barinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la viabilidad en semillas de inchi provenientes de Aragua

Los frutos de inchi fueron colectados en tela de material plástico colocado en suelo en tres árboles existentes en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en Maracay, estado Aragua, Venezuela (10°16'52" N y 67°36'22" W), en Mayo de 2008. Inmediatamente se procedió a realizar manualmente la extracción de las semillas (Figura 1), se evaluó el peso fresco promedio a una muestra de 100 semillas, y también se determinó el contenido de humedad en base húmeda, utilizándose en este caso dos muestras de cinco semillas cada una, las cuales fueron trituradas con un mazo (debido a las dimensiones de la semilla) y secadas en estufa a 103°C por 48 h.

La caracterización de la viabilidad se determinó mediante ensayos de germinación con semillas extraídas de los frutos, las que se secaron en bandejas en condiciones ambientales de laboratorio (22±2°C) durante cuatro días, para luego sembrarlas diariamente en envases de ½ kg con arena húmeda (una semilla por bolsa), en condiciones de vivero, bajo sombra. No se realizó aplicación de fungicida a las semillas ni tampoco tratamiento pregerminativo.

Tratamientos

Se evaluaron cinco tratamientos representados por los días transcurridos desde la extracción de las semillas del fruto (0, 1, 2, 3 y 4 días).

Diseño de experimento

El diseño fue en bloques al azar, con dos repeticiones de 10 semillas. Los resultados se analizaron con la Prueba de Friedman considerando un nivel de significación de 0,05.

Variables respuesta

Las variables evaluadas fueron la emergencia, considerando esta cuando se observó la aparición del gancho hipocotiledonar por encima del sustrato y el porcentaje de plántulas que presentaron sus dos hojas cotiledonares sanas y bien desarrolladas, las cuales se denominaron "plántulas normales".

Cambios ocurridos en el peso y humedad de las semillas almacenadas a diferentes temperaturas en semillas de inchi provenientes de Barinas

En este ensayo se utilizaron frutos recolectados desde el suelo provenientes de árboles de la región, en la localidad de Calderas, estado Barinas, Venezuela (8° 00'10"N y 69° 50'00"O), en Mayo



Figura 1. Fruto completo, separación de las semillas y remoción del pericarpio de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten)

del año 2009. Las semillas se obtuvieron mediante la remoción del pericarpio cinco días después de la cosecha. Se determinó el número de semillas por kg de fruto y el número de semillas por kg, además el peso fresco y contenido de humedad en base húmeda de la semilla. Para evaluar la humedad de las semillas recién extraídas se utilizaron seis repeticiones de cinco semillas, estas fueron trituradas con un mazo y secadas por 48 h en estufa a 103°C.

Tratamientos

El ensayo se llevó a cabo en un arreglo de tratamientos factorial 6x3. Los factores evaluados fueron tiempo de almacenamiento, los cuales se establecieron a los 2, 4, 6, 8, 10 y 12 días y tres temperaturas (3°C, 12-13°C y 26-28°C). Las semillas se sumergieron pocos segundos en fungicida y seguidamente se almacenaron en frascos cerrados y acondicionados a las temperaturas mencionadas. En cada frasco se almacenaron ocho semillas: una semilla para determinar el contenido de humedad y siete para evaluar la germinación. Las evaluaciones de peso y humedad se realizaron a los 2, 4, 6, 8, 10 y 12 días después del almacenamiento.

Diseño de experimento

Fue realizado en bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey, considerando un nivel de significación de 0,05.

Variabes respuesta

Peso (g/semilla) y contenido de humedad de las semillas (%).

Efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento sobre la viabilidad en semillas de inchi provenientes de Barinas

Terminado el período de almacenamiento fijado para su evaluación, las semillas se colocaron a germinar en envases plásticos sobre papel absorbente húmedo a 26-28°C en un propagador, en el cual se mantuvo a luz artificial por ocho horas diarias. Se consideró que una semilla germinó, cuando se observó protusión de la radícula.

Tratamientos

Fue realizado en un arreglo de tratamientos factorial 6x3. Los factores evaluados fueron tiempo

de almacenamiento, los cuales se establecieron a los 2, 4, 6, 8, 10 y 12 días y tres temperaturas (3°C, 12-13°C y 26-28°C).

Diseño de experimento

Fue realizado en bloques al azar con tres repeticiones a fin de controlar el efecto de la iluminación en el propagador. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey, considerando un nivel de significación de 0,05.

Variable respuesta

Porcentaje de germinación evaluado a los 15 días de haber sido colocadas las semillas a germinar en el propagador.

Adicionalmente se evaluó el porcentaje de germinación cada tres días, desde el inicio de la germinación fisiológica hasta su evaluación final, esto es, a los 9, 12 y 15 días después de la siembra, para registrar la germinación en cada temperatura de almacenamiento, en semillas extraídas del fruto y colocadas a 2, 4, 6 y 8 días de almacenamiento. Los resultados fueron graficados para su comparación; así como también la velocidad de germinación que se calculó utilizando el índice de Maguire (1962), mediante la fórmula $VE = \sum(\% \text{ germinación/días transcurridos desde la siembra})$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la viabilidad en semillas de inchi provenientes de Aragua

Las semillas de inchi provenientes de Aragua, presentaron un peso fresco promedio de 9,8 g con un coeficiente de variación de 16,9% y un contenido humedad inicial de semillas de 52%, ello coincide con lo informado por Barbedo y Bilia (1998), quienes establecen que una de las características de la semilla recalcitrante es contenido de humedad alrededor de 50%. En ellas se evaluó la emergencia y plántulas normales y los resultados se presentan a continuación.

Porcentaje de emergencia del gancho hipocotiledonar (PE)

El Cuadro 1 muestra el porcentaje de emergencia del gancho hipocotiledonar evaluado a los 28 dds y a distintos días de extracción de las semillas.

No se observaron diferencias a dos días después de su extracción con respecto a semillas recién extraídas (0 dde). El porcentaje promedio de emergencia fue de 75% para 0 dde, el cual coincide con los resultados obtenidos por Durán (1984), en el cual a los 20 dds, el porcentaje de emergencia obtenido fue de 79%.

Al tercer día hubo una disminución considerable y a partir del cuarto día, ya no hubo emergencia y las semillas presentaron evidencias de descomposición. Estos resultados coinciden con lo señalado por García *et al.* (2008), quienes reportaron mortalidad de semillas en menos de siete días después de su extracción del fruto.

Esta disminución del porcentaje de emergencia puede relacionarse con la desecación de la semilla. La sensibilidad a la deshidratación de la semilla implica limitaciones graves para el almacenamiento a largo plazo lo cual es característico en semillas recalcitrantes. Farrant *et al.* (1986); Pammenter *et al.* (1994) y Floriano, (2004), indican que el estrés hídrico suele ocurrir en semillas recalcitrantes porque no detienen su crecimiento al final de su formación y maduración, ya que solo reducen su metabolismo y la deshidratación puede paralizar el crecimiento del embrión.

Porcentaje de Plántulas Normales (PN)

El porcentaje de plántulas normales, evaluado a los 32 dds considerando los días de extracción de las semillas, se muestra en el Cuadro 2. Algunas plántulas con características de normalidad fueron observadas a los 25 dds y su evaluación final se realizó a los 32 dds (Figura 2), a partir del cual no hubo ninguna otra plántula que se considerara normal. El porcentaje de plántulas que presentaron sus dos hojas cotiledonares sanas, fue similar cuando se sembraron las semillas recién extraídas del fruto y a 1

Cuadro 1. Porcentaje de emergencia (PE) del gancho hipocotiledonar de semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) evaluado a los 28 días desde la siembra y a distintos días de su extracción.

	Días desde la extracción de las semillas				
	0	1	2	3	4
PE (%)	75 ab	80 a	70 ab	40 bc	0 c

Medias dentro de filas seguidas de distintas letras son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Friedman ($p \leq 0,05$)

dde, pero a partir de allí hubo una disminución considerable. En las semillas sembradas a 3 y 4 dde no hubo ninguna plántula que se considerara normal. Es de resaltar que no todas las semillas que emergieron llegaron hasta la fase de plántula normal debido a la presencia de hongos u otras malformaciones.

En el presente ensayo, a los 32dds se obtuvo un promedio de 65% de plántulas normales en semillas recién extraídas (0 dde) y este resultado es similar al obtenido por García *et al.* (2008), utilizando semillas en condiciones similares.

Cuadro 2. Porcentaje de plántulas normales (PN) de semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) evaluado a los 32 días desde la siembra y a distintos días de su extracción

	Días después de la extracción de semillas				
	0	1	2	3	4
PN (%)	65 a	60 a	35 ab	0 b	0 b

Medias dentro de filas seguidas de distintas letras son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Friedman ($p \leq 0,05$)



Figura 2. Emergencia del gancho hipocotiledonar y plántula normal de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

Cambios ocurridos en el peso y humedad de las semillas almacenadas a diferentes temperaturas en semillas de inchi provenientes de Barinas

Para evaluar las condiciones adecuadas de almacenamiento se utilizaron semillas recolectadas en 2009 en Barinas, Venezuela. El peso fresco promedio inicial de las semillas fue de 10,9 g (C.V.= 16,30%) el cual resultó considerablemente menor al obtenido por García *et al.* (2008), en semillas de inchi provenientes de esa misma localidad en cosechas anteriores, donde determinaron un peso promedio de 13,4 g. Se puede inferir que el factor que pudo influir en el peso disminuido de las semillas fue el año de cosecha. En relación a ello, Platt y Opitz (1973) sostienen que las características del fruto pueden variar entre una cosecha y otra, y que a mayor número de semillas estas son de menor peso. También es de resaltar que en las semillas recolectadas en Aragua, el peso promedio es inferior que cualquiera de las cosechadas en Barinas anteriormente mencionadas; por ello es probable que las condiciones de la planta madre referidas a edad y ambiente en la cual se desarrolla, puedan haber influido.

A cinco días de la cosecha, se observaron 56 semillas por kg de fruto y 92 semillas por kg. El peso promedio de las semillas fue 6,43 g, tal disminución trajo como consecuencia más semillas por kg de fruto y de semilla, que al inicio del ensayo. Se observó además que a cinco días después de la cosecha el contenido de humedad promedio de semillas recién extraídas del fruto fue 39,69%, con un porcentaje de germinación de 94% a los 15 dds. Se pudo apreciar que la humedad inicial de la semilla fue inferior de la que presentó cuando la extracción fue inmediatamente después de la cosecha (alrededor de 50%, tal como se observó en semillas de Aragua), sin embargo, el porcentaje de germinación resultó alto.

En el Cuadro 3 se observan los valores promedios de peso y contenido de humedad (CH) de las semillas de inchi sometidas a diferentes tiempos de almacenamiento.

Con relación al peso de la semilla, en el análisis del arreglo factorial, no hubo interacción entre los factores evaluados (C.V. = 13,34%). En el Cuadro 3, se observó que en los primeros seis días de almacenamiento no hubo diferencias en el peso, presentando algunos valores por debajo del peso inicial (Peso inicial = 10,9 g) y un incremento a partir del día 8, posiblemente debido a los cambios ocurridos en la humedad de la semilla.

En los análisis del arreglo factorial considerando el CH de las semillas no hubo interacción entre los factores evaluados. En el Cuadro 3, se pudo apreciar que durante los primeros cuatro días de almacenamiento no hubo diferencias en CH, incluso sus valores disminuyeron en relación a los determinados al inicio del ensayo. De acuerdo a Cerovich y Miranda (2004), esto se puede atribuir al hecho de que las semillas son higroscópicas y absorben o liberan humedad, dependiendo del ambiente donde se les coloque, por ello, si el contenido de humedad de la semilla es alto, mayor que el de la humedad de equilibrio para un ambiente dado, la semilla liberará humedad al ambiente. A partir del día 6, la humedad de la semilla se incrementó para luego mantenerse prácticamente constante; Cerovich y Miranda (2004), explican que esto sucede una vez alcanzada la humedad de equilibrio del aire y si esta supera 75%, el contenido de humedad de la semilla se incrementa rápidamente hasta alcanzar su equilibrio higroscópico.

En el Cuadro 4, de los valores promedios de peso (g/semilla) y contenido de humedad (%) de las semillas de inchi sometidas a diferentes temperaturas, se evidenció que no hubo diferencias estadísticas en el peso ($p < 0,05$) en las distintas temperaturas evaluadas y las semillas colocadas a 3°C tuvieron un contenido de humedad (CH) similar al obtenido a 12-13°C, pero inferior al de las que se colocaron a 26-28°C. Estos resultados son comparables con los de Bonner (1981), quien establece que las semillas de tipo recalcitrante deben ser almacenadas a temperaturas entre 0-5°C, con altos contenidos de

Cuadro 3. Valores promedios de peso (g/semilla) y contenido de humedad (CH) (%) de las semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) sometidas a diferentes tiempos de almacenamiento

	Tiempo de almacenamiento (días)					
	2	4	6	8	10	12
Peso (g/semilla)	10,423b	10,429 b	11,613 ab	11,953 a	12,476 a	11,859 a
CH (%)	32,6 b	32,4 b	48,0 a	47,3 a	46,8 a	47,5 a

Medias dentro de filas seguidas de distintas letras son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

humedad sin llegar al congelamiento.

Temperaturas altas favorecieron el incremento del CH probablemente producto de la actividad respiratoria anteriormente mencionada y como consecuencia, la presencia de hongos. De acuerdo a Cerovich y Miranda (2004), la presencia de hongos está muy vinculada con la humedad relativa (HR) y la temperatura de almacenamiento; tanto así que en países tropicales, donde las condiciones ambientales de temperatura y HR son siempre altas y continuas, se favorece la presencia de microorganismos.

Efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento sobre la viabilidad de las semillas de inchi provenientes de Barinas

Los resultados de las pruebas de medias de Tukey a los 15 dds, se presentan en los Cuadros 5 y 6 (C.V. = 44,45%), que explican como influye el tiempo y temperatura de almacenamiento sobre la viabilidad de las semillas de inchi, donde no existió efecto significativo de la interacción en el análisis del arreglo factorial ($p > 0,05$). Transcurridos 15 dds, las semillas no germinadas presentaron muestras evidentes de descomposición.

Se observó que hubo diferencias altamente significativas entre los tiempos y temperaturas de almacenamiento, por tanto, estos son factores determinantes en la germinación de la semilla de inchi. A partir del octavo día de almacenamiento, no se observó germinación.

En semillas con 2 días de almacenamiento la germinación promedio fue 81% y fue superior a la determinada en semillas almacenadas por 4 y 6 días. La germinación en el almacenamiento por 8 días

Cuadro 4. Valores promedios de peso (P) (g/semilla) y contenido de humedad (CH) (%) de las semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) almacenadas a diferentes temperaturas

	Temperatura de almacenamiento (°C)		
	3	12-13	26-28
P (g/semilla)	11,331 a	11,440 a	11,614 a
CH (%)	40,9 b	41,8 ab	44,5 a

Medias dentro de filas seguidas de distintas letras son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

alcanzó solo 13%, sin embargo todavía hubo viabilidad en la semilla. Es de considerar que en el trabajo de García *et al.* (2008), no hubo germinación alguna en semillas secadas en bandejas a condiciones ambientales de laboratorio (18-20°C) por 7 días. Con base en la comparación de estos resultados, se considera que el almacenamiento en las condiciones establecidas, permitió conservar la viabilidad por mayor tiempo.

Con relación a las temperaturas de almacenamiento, el Cuadro 6 muestra que la germinación promedio en semillas almacenadas a 3°C es similar a la obtenida a 12-13°C, las cuales difieren de las almacenadas a 26-28°C, cuyo porcentaje fue menor. Al respecto, Bonner (1981) comprobó que se podían almacenar bellotas de *Quercus falcata* durante 30 meses y seguir obteniendo una germinación superior al 90% al término de ese período, siempre que la temperatura se mantuviera a 3°C y el CH entre el 33% (inicial) y 37% (final). Reduciendo el CH o elevando la temperatura descendía la germinación.

Con referencia a lo anterior, al relacionar el CH con la germinación se notó que a 26-28°C aumentó el CH pero disminuyó el porcentaje de germinación, probablemente por la aparición de hongos. Piriz Carrillo *et al.* (2004), citan que, para el almacenamiento de algunas semillas, un alto

Cuadro 5. Germinación (%) de semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) durante su almacenamiento.

	Tiempo de almacenamiento (días)					
	2	4	6	8	10	12
Germinación (%)	81 a	52 b	57 ab	13 c	0 d	0 d

Medias dentro de filas seguidas de distintas letras son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Cuadro 6. Germinación (%) de semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) almacenadas a distintas temperaturas

	Temperatura de almacenamiento (°C)		
	3	12-13	26-28
Germinación (%)	52 ab	63 a	37 b

Medias dentro de filas seguidas de distintas letras son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

contenido de humedad va en detrimento de su conservación, porque aumenta la posibilidad de desarrollo de hongos.

La figura 3 muestra el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento sobre la germinación, en evaluaciones realizadas luego de observar las primeras semillas germinadas (9, 12 y 15 días después de la siembra). En la Figura 3A se presentan los porcentajes de germinación en semillas almacenadas por 2 días. Allí se evidenció que con almacenamiento a temperatura ambiente (26-28°C), la evolución de la germinación fue inferior que la obtenida a temperaturas inferiores. Las semillas conservadas entre 12-13°C tuvieron porcentajes de germinación que alcanzaron un 100% en la evaluación final, lo cual fue incluso superior que el porcentaje de germinación que presentaron las semillas recién extraídas (94%).

En las semillas conservadas por 4 días, la situación fue muy similar a la del muestreo realizado a los dos días de almacenamiento, aunque hubo una marcada disminución del porcentaje de germinación. A temperatura de 12-13°C la germinación fue superior alcanzando 62% de germinación en la evaluación final (Figura 3B). En la Figura 3C se observó que, al igual que en los casos anteriores, la germinación a temperaturas de 26-28°C fue inferior. Existe una tendencia para las semillas mantenidas en temperatura de 3°C, a mantener su germinación por encima de las otras dos condiciones en las dos primeras evaluaciones, pero no en la evaluación final, en la cual se presentaron porcentajes similares a los obtenidos a 12-13°C, con valores cercanos al 67%; este porcentaje no difiere sustancialmente del obtenido en la evaluación final a los 4 días de almacenamiento.

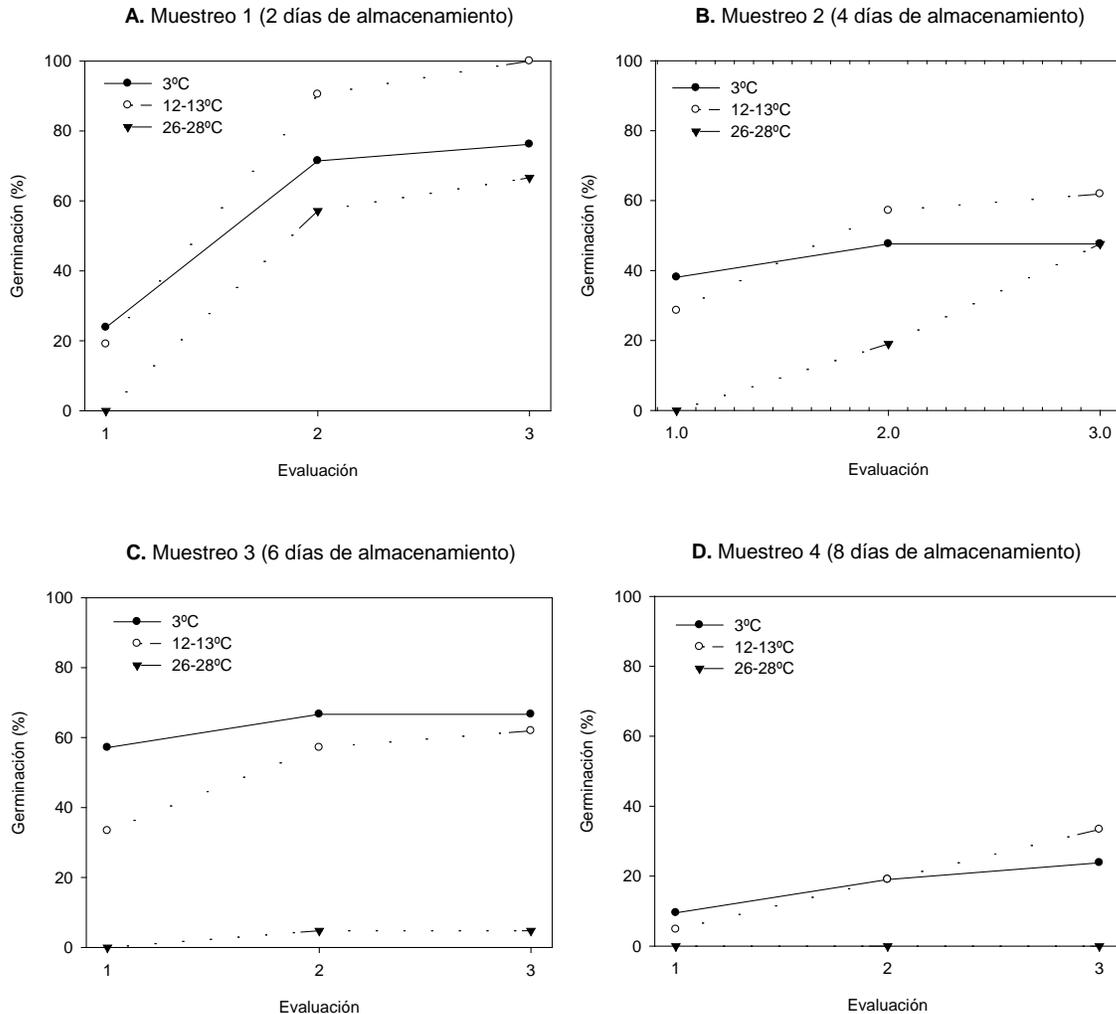


Figura 3. Porcentaje de germinación de semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) a distintos días de almacenamiento y distintas temperaturas

En la última evaluación realizada a los ocho días de almacenamiento, hubo mayor deterioro en la capacidad germinativa, observándose los valores máximos a temperaturas de 12-13°C que alcanzaron 33% en la tercera evaluación (Figura 3D). Las semillas almacenadas a 26-28°C perdieron totalmente su viabilidad. En las evaluaciones realizadas a los 10 y 12 días no hubo germinación en los tratamientos y las semillas presentaron muestras evidentes de descomposición.

Varios autores exponen que la calidad y cantidad de las sustancias químicas contenidas en el embrión y en los tejidos influyen considerablemente en la conservación de la viabilidad de la semilla, aunado a la especie (Niembro, 1990). Las causas que originan el deterioro de dichas sustancias y que conllevan a la pérdida de la germinabilidad de la semilla son diversas y aún no se conocen, sin embargo, como las estructuras subcelulares están compuestas por lípidos y proteínas, con el paso del tiempo la membrana celular se va deteriorando perdiendo así su capacidad selectiva y este deterioro se lleva a cabo a consecuencia de la autooxidación de los lípidos, en semillas con reservas de aceites, formando peróxidos que activan algunas enzimas y que afectan la viabilidad de las semillas (Harrington, 1973; Priestley, 1986; Niembro 1992).

Los resultados relacionados con la velocidad de germinación se presentan en el Cuadro 7. A temperatura de 12-13°C se observó mayor velocidad de germinación. Hubo disminución de la velocidad de germinación con el aumento de los días de almacenamiento.

CONCLUSIONES

1. Las semillas de inchi provenientes de Aragua sembradas a tres días de su extracción presentan una disminución considerable en el porcentaje de emergencia y a cuatro días su emergencia es nula.

Cuadro 7. Velocidad de germinación de semillas de inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) almacenadas a distintas temperaturas.

Días de almacenamiento	Temperatura de almacenamiento (°C)		
	3	12-13	26-28
2	20,86	29,70	22,20
4	7,94	14,67	15,87
6	9,52	13,22	1,58
8	6,12	10,20	0,00

2. Las semillas de inchi provenientes de Aragua, sembradas el día de su extracción, o el siguiente, no presentan diferencias en el porcentaje de plántulas normales, sin embargo, a partir del segundo día dicho porcentaje es nulo.
3. La humedad y el peso de las semillas de Barinas incrementan a partir del sexto día de almacenamiento.
4. El porcentaje de germinación en semillas de Barinas disminuye con el tiempo de almacenamiento y es mayor en semillas almacenadas a 3°C y 12-13°C que a temperatura ambiente entre 26-28°C.
5. A temperatura de 12-13°C las semillas de Barinas presentan mayores velocidades de germinación que en las otras dos situaciones evaluadas.
6. La velocidad de germinación disminuye al aumentar los días de almacenamiento.
7. Las semillas de Barinas no presentan viabilidad a partir de los diez días de almacenamiento en ninguna de las condiciones evaluadas.
8. No es recomendable almacenar las semillas de inchi a temperaturas de 26-28°C.
9. El inchi posee semillas recalcitrantes que solo toleran un corto período de almacenamiento y a temperaturas preferiblemente de 12 a 13°C.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela por el financiamiento del presente proyecto.

LITERATURA CITADA

- Barbedo, C. and D. Bilia, 1998. Evolution of research on recalcitrant seeds. *Sci. agric. Piracicaba*, 55: 121-125.
- Bonner, F. 1981. Principios de almacenamiento para semillas de árboles forestales. Memoria Reunión sobre Problemas en Semillas Forestales Tropicales. Pub. Esp. Tomo I. Inst. Nal. Invest. For. México. N° 35 p. 223-229.
- Cerovich M. y F. Miranda. 2004. Almacenamiento de semillas: estrategia básica para la seguridad alimentaria. *CENIAP Hoy*. N° 4. Enero-abril.

- Connor, K. and S. Sowa, 2002. Recalcitrant Behavior of Temperate Forest Tree Seeds: Storage, Biochemistry and Physiology. Proceedings of the Eleventh Biennial Southern Silvicultural Research Conference. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 622 p.
- Durán, M. 1984. Sobre el comportamiento del inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) resultados preliminares sobre la respuesta de la especie a la propagación vegetativa por injerto. Colombia Amazónica, 1(2):11-20.
- Farrant, J.; N. Pammenter and P. Berjak. 1986. The increasing desiccation sensitivity of recalcitrant *Avicennia marina* seeds with storage time. *Physiologia Plantarum*, 67: 291-298.
- Floriano, E. 2004. Armazenamento de sementes florestais. ANORGS, Santa Rosa. 10 p.
- García, J.; H. Moratinos y D. Perdomo. 2008. Caracterización de semillas y efectos de diferentes sustratos sobre la emergencia y desarrollo de plántulas de inchi (*Caryodendron Orinocense* Karsten). *Revista de la Facultad de Agronomía*. 34 (2): 165-183.
- Harrington, J. 1973. Biochemical basis of seed longevity. *Seed Science and Technology*. 1:453-461.
- Hartmann, H.; D. Kester; F. Davies and R. Geneve. 2007. *Plant propagation. Principles and practices*. Prentice Hall. 7th ed. 880 p.
- Jiménez, C. y H. Bernal. 1992. El inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten): la oleaginosa más promisoriosa de la subregión andina. SECAB. Ministerio de Educación y Ciencia. España. Corporación Andina de Fomento. 2da. Edic. 429 p.
- Maguire, J. 1962. Speed of germination - Aid in selection and evaluation for seedling emergency and vigor. *Crop Science* 2:176.
- Martins, C.; M. Bovi, J. Nakagawa and G. Godoy. 2004. Temporary storage of jussara palm seeds: effects of time, temperature and pulp on germination and vigor. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22(2):271-276.
- Martínez, J. 1980. El inchi *Caryodendron orinocense* Karsten. Quito. Ecuador. *El Agro* 25 (3): 21-23.
- Niembro, R. 1990. La composición química de las semillas y su efecto en conservación. Memoria del Seminario-Taller sobre Investigaciones en Semillas Forestales. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) octubre 26-28, 1988. Bogotá Colombia. Pp. 111-118.
- Niembro, R. 1992. Causas que originan el envejecimiento de las semillas de plantas leñosas. *Rev.Semina*. Universidad Autónoma de Campeche. México. 16p.
- Ortuño V. y R. Echandi. 1980. Efecto de condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad y vigor de la semilla de café *Coffea arabica* L. *Agronomía Costarricense (Costa Rica)* 4(2):149-154.
- Pammenter, N.; P. Berjak, J. Farrant, M. Smith and G. Ross. 1994. Why do stored hydrated recalcitrant seeds die?. *Seed Science Research*, 4:187-191.
- Pirix Carrillo, V.; A. Gorreta, A. Chaves, A. Mugridge y H. Fassola. 2004. Conservación por refrigeración de semillas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. Décimas Jornadas Técnicas forestales. Facultad de Ciencias Forestales. El Dorado, Misiones, Argentina (en línea)
- Platt, R. and K. Opitz. 1973. Propagation of Citrus. *The Citrus Industry* 3. Univ. California. Div. Agr. Sc. Riverside. p. 1-47.
- Priestley, D. 1986. Seed ageing: implications for seed storage and persistence in the soil. New York, Comstock.
- Roberts, E. 1973. Predicting the viability of seeds. *Seed Science and Technology*. 1:499-514.
- Tamayo, F. 1963. Plantas comestibles poco conocidas como tales. *Revista de la Facultad de Agronomía* 3(1): 5-101.
- Ulian, T.; A. Rovere y B. Muñoz. 2008. Taller sobre conservación de semillas para la restauración ecológica. *Ecosistemas* 17(3): 147-148.
- Van Dijk, K. 1979. El Cacay o Inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten). Evaluación del estado de la investigación de la especie: perspectivas y propuestas para futuras investigaciones. INDERENA, PNUD, FAO, CONIF. Col/74/005.PIF N°24. 45p.