

Effect of storage time of *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. seeds on the germinative capacity

Efecto del tiempo de almacenaje de las semillas de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. en la capacidad germinativa

Marlen Navarro¹, G.Febles², Verena Torres², R.S. Herrera² and Aida Noda²

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Universidad de Matanzas. Central, España Republicana. CP 44280. Matanzas, Cuba.

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana
Email: boulandier@ihatuey.cu

In order to evaluate the storage effect of *A. lebbbeck* seeds on the viability, germination and dormancy indicators, a completely randomized design with factorial arrangement (3 x 6) was used, in which the factors were determined by the study years and storage times. A variance analysis was performed, according to simple classification model in factorial arrangement. The multiple comparison Duncan test (1955) was applied and differences were declared as significant at $P < 0.05$. The percentage of viable seeds slightly decreased, as the storage increased. The most marked decrease occurred in the range of 0 to 2 months of storage started (mss) for three years, with significant differences between both evaluations in each year. Germination had variable performance in each year. In each storage period, the highest percentage, although without differ each other, it was found at 0 mss. In each of the months there were no significant differences between years, except for the value reported at 7 mss for years 1 and 3. The first year (31.0%) was not different from year 2 (34.0%), and in turn the latter showed no differences with regard to year 3 (37.75%). At the start of storage (0 mss), the values of dormant and hard seeds were identical (52.85%), although, from this evaluation slight differences were observed, which only at 11 mss were 7% (51.0 vs 58.0% respectively). It is very probably that the germination percentage and longevity of *A. lebbbeck* seeds depend on the time they spent in the store, indicating that the intrinsic factors may be the main responsible agent of viability loss.

Key words: *Albizia lebbbeck*, germination, viability, dormancy

Introduction

The study of viability preserving by storing is one of the starting points of researches related with seeds performance, in which is expected to determine whether this procedure may influence on the detection of dormancy in tree legume species in a relatively short time. The papers on this subject also have among their objectives to determine whether that the mentioned procedure contributes to the knowledge of some characteristics of dormancy, viability and germination.

Albizia lebbbeck (L.) Benth. is one of the tropical tree species that has been identified in Cuba as promising for current production systems, which involves plants and animals in an agro-ecological context (Paretas and Lopez 2006).

The objective of this research was to evaluate the

Para evaluar el efecto del almacenamiento de las semillas de *A. lebbbeck* en los indicadores viabilidad, germinación y dormancia, se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (3 x 6), en el que los factores estuvieron determinados por los años de estudio y los tiempos de almacenamiento. Se realizó análisis de varianza, según modelo de clasificación simple en arreglo factorial. Se aplicó la dócima de comparación múltiple de Duncan (1955) y las diferencias se declararon como significativas en valores de $P < 0.05$. El porcentaje de semillas viables disminuyó ligeramente, en la medida que aumentó el almacenaje. El descenso más marcado se presentó en el intervalo de 0 a 2 meses de iniciado el almacenamiento (mdia) para los tres años, con diferencias significativas entre ambas evaluaciones en cada año. La germinación tuvo comportamiento variable en cada año. En cada período de almacenamiento, el porcentaje más alto, aunque sin diferir entre sí, se constató a 0 mdia. En cada uno de los meses no se encontraron diferencias significativas entre los años, a excepción del valor informado a los 7 mdia para los años 1 y 3. El año 1 (31.0 %) no difirió del 2 (34.0 %), y a su vez este último no mostró diferencias con respecto al 3 (37.75 %). Al inicio del almacenamiento (0 mdia), los valores de semillas dormantes y duras fueron idénticos (52.85 %), aunque, a partir de esta evaluación se observaron ligeras diferencias, que solo a 11 mdia fueron de 7 % (51.0 vs 58.0 %, respectivamente). Es muy probable que el porcentaje de germinación y la longevidad de las semillas de *A. lebbbeck* dependan del tiempo que permanecen en el almacén, lo que indica que los factores intrínsecos pueden constituir el principal agente causante de la pérdida de viabilidad.

Palabras clave: *Albizia lebbbeck*, germinación, viabilidad, dormancia

Introducción

El estudio de la conservación de la viabilidad mediante el almacenamiento es uno de los puntos de partida de las investigaciones relacionadas con el comportamiento de las semillas, en las que se pretende determinar si este procedimiento puede influir en la detección de la dormancia en especies de leguminosas arbóreas en un tiempo relativamente breve. Los trabajos sobre esta temática tienen también entre sus objetivos determinar si el procedimiento citado contribuye al conocimiento de algunas características de la dormancia, la viabilidad y la germinación.

Albizia lebbbeck (L.) Benth. es una de las especies arbóreas tropicales que en Cuba se ha identificado como promisorias para los sistemas productivos actuales, que involucran plantas y animales en un contexto

storage effect of *A. lebbeck* seeds on uncontrolled environmental conditions, specifically with respect to viability and germination indicators. It also intends, to know through this process some dormancy characteristics.

Materials and Methods

Experimental design and treatments. The dormancy presence was studied by the variables germination and viability of *A. lebbeck* seeds at regular intervals (evaluations) during eleven months in a sufficiently ventilated place, similar to conventional warehouses of enterprises, farms and seed banks in Cuba, described by Yanez and Funes (1989) and Funes *et al.* (1998). The temperature and mean relative humidity were recorded during the three years of study and are shown in figure 1.

A completely randomized design for germination and viability, with factorial arrangement (3 x 6) was used, in which the factors were determined by the study years

agroecológico (Paretas y López 2006).

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto del almacenamiento de las semillas de *A. lebbeck* en condiciones ambientales no controladas, específicamente en lo que respecta a los indicadores viabilidad y germinación. Se pretende además, conocer mediante este procedimiento algunas características de la dormancia.

Materiales y Métodos

Diseño experimental y tratamientos. Se estudió la presencia de la dormancia mediante las variables germinación y viabilidad de semillas de *A. lebbeck* a intervalos regulares (evaluaciones) durante once meses de permanencia en un local suficientemente aireado, semejante a los almacenes convencionales de las empresas, fincas y bancos de semillas en Cuba, descritos por Yanez y Funes (1989) y Funes *et al.* (1998). La temperatura y la humedad relativa media se registraron durante los tres años de duración del estudio y se muestran en la figura 1.

Para la germinación y la viabilidad, se utilizó un diseño

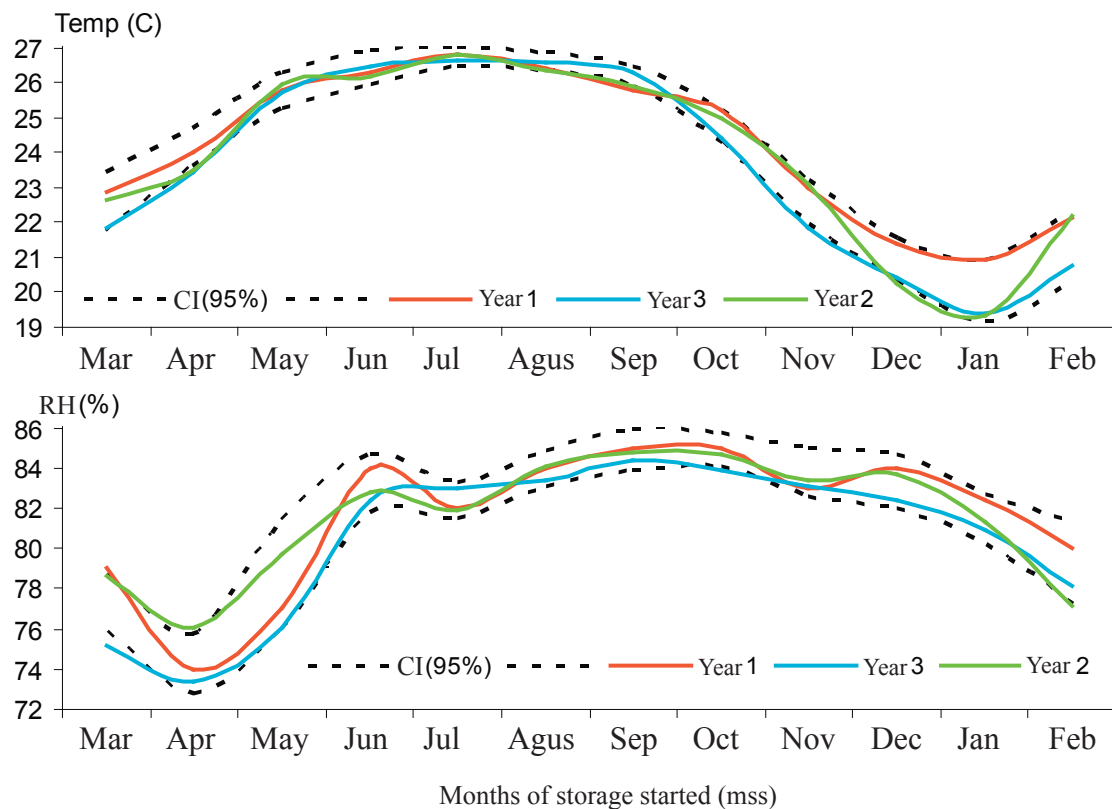


Figure 1. Performance of mean temperature and mean relative humidity during storage time in each experimental period [CI (95%): confidence interval at 95%]

(3) and storage times, per months (6).

The evaluations were conducted at 0, 2, 5, 7, 9 and 11 months of storage started (mss). In each four repetitions of 100 seeds each were used, according to ISTA (2004) standards. The years indicated the three successive harvests that gave rise to each storage period. The just harvested seeds correspond with the storage beginning (0 mss). Each storage period, in each experimental year, lasted 11 months.

completamente aleatorizado, con arreglo factorial (3 x 6), en el que los factores estuvieron determinados por los años de estudio (3) y los tiempos de almacenamiento, por meses (6).

Las evaluaciones se realizaron a 0, 2, 5, 7, 9 y 11 meses de iniciado el almacenamiento (mdia). En cada uno se emplearon cuatro repeticiones, de 100 semillas cada una, de acuerdo con las normas ISTA (2004). Los años indicaron las tres cosechas sucesivas que dieron origen a cada período de almacenamiento. Las semillas recién cosechadas

Studied variables

Viable seeds. Living seeds, with capacity for germination under non limiting conditions of temperature, water, oxygen and light.

Germinated seeds. Germination was interpreted as the capacity of the embryo main structures to begin growth in visual terms and the emergency of the embryo radicle.

Hard seeds. Viable seeds which not germinate when the standard germination test end in each evaluation, due to the covers impermeability.

Dormant seeds. Viable seeds which are not able to germinate because of some dormatic obstacle in them (hard seeds), so when the germination test ends they were subjected to the seminal covers removal. This procedure consists on to cut the testa with a scalpel. The result was offered seven days after the test started in the cabin and it was named dormant seeds percentage.

Experimental procedure. To make a fast estimate of seeds viability the tetrazolium (TZ) topographical test was used. For this test an aqueous solution of chloride of 2, 3, 5-triphenyl tetrazolium (pH 6.5-7.5), at 1.0% concentration was used. Random samples from a fraction of *A. lebeck* seeds were taken and four replications were established, 100 seeds each. These ones were placed to absorb, with previous removal of seminal covers in the aqueous solution mentioned before. For the evaluation of viability, calculation and the results expression, the international rules which control the work in this biochemical test for tree legumes and others species (AOSA 2013) were considered, that are based on the coloration or not of the embryo structures. The results were expressed in viable seeds percentage.

To do the germination test capsules Petri, with 184 g of river sand (washed and disinfected) as inert substrate were used. At the sowing moment, 48mL of distilled water (at room temperature) were applied, measure that was fitted to the value of the sand saturation capacity. In each evaluation, the capsules stayed in the cabin under approximately controlled conditions of light (12h), temperature (25 °C) and humidity (85 % HR) during 21d, which coincides with the ruled by the ISTA (2004) for the seeds of tropical shrubs and trees. The evaluation carried out to 0 mss represents the beginning of the storage period.

Statistical processing of results. To assess the performance of temperature and mean relative humidity in the warehouse during the three experimental years an interval of 10 years was established, in which the three experiments were included. To this information an analysis known as determination of the confidence interval (CI) was carried out, in this case for 95% of probability. The data show that the performance of mean temperature and mean relative humidity during the research years was included within the CI.

se corresponden con el inicio del almacenamiento (0 mdia). Cada período de almacenamiento, en cada año experimental, duró 11 meses.

Variables estudiadas

Semillas viables. Semillas vivas, con capacidad para la germinación en condiciones no limitantes de temperatura, agua, oxígeno y luz.

Semillas germinadas. Se interpretó la germinación como la capacidad de las estructuras fundamentales del embrión para iniciar el crecimiento en términos visuales y la emergencia de la radícula del embrión.

Semillas duras. Semillas viables que no germinaron al finalizar el examen estándar de germinación en cada evaluación, debido a la impermeabilidad de las cubiertas.

Semillas dormantes. Semillas viables que no son capaces de germinar por algún impedimento dormático presente en ellas (semillas duras), por lo que se sometieron al finalizar la prueba de germinación a la remoción de las cubiertas seminales. Este procedimiento consistió en el corte de la testa con un escalpelo. El resultado se ofreció a los siete días de iniciada la prueba en la cabina y se denominó porcentaje de semillas dormantes.

Procedimiento experimental. Para hacer una estimación rápida de la viabilidad de las semillas se utilizó el ensayo topográfico de tetrazolium (TZ). Para esta prueba se usó una solución acuosa de cloruro de 2, 3,5-triphenyl tetrazolium (pH 6.5-7.5), al 1.0% de concentración. Se tomaron muestras al azar de una fracción de semillas de *A. lebeck* y se establecieron cuatro réplicas, de 100 simientes cada una. Estas se colocaron a embeber, con previa remoción de las cubiertas seminales en la solución acuosa antes mencionada. Para la evaluación de la viabilidad, el cálculo y la expresión de los resultados, se consideraron las reglas internacionales que rigen el trabajo en esta prueba bioquímica para leguminosas arbóreas y otras especies (AOSA 2013), que se basan en la coloración o no de las estructuras del embrión. Los resultados se expresaron en porcentaje de semillas viables.

Para el montaje de la prueba de germinación se emplearon cápsulas Petri, con 184 g de arena de río (lavada y desinfectada) como sustrato inerte. En el momento de la siembra se aplicaron 48 mL de agua destilada (a temperatura ambiente), medida que se ajustó al valor de la capacidad de saturación de la arena. En cada evaluación, las cápsulas se mantuvieron en la cabina en condiciones aproximadamente controladas de luz (12 h), temperatura (25 °C) y humedad (85 % HR) durante 21 d, lo que coincide con lo normado por el ISTA (2004) para las semillas de árboles y arbustos tropicales. La evaluación realizada a 0 mdia representa el inicio del período de almacenamiento.

Procesamiento estadístico de los resultados. Para valorar el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa media en el almacén durante los tres años experimentales se estableció un intervalo de 10 años, en los cuales se incluyeron los tres de los

Variance analyses were performed, according to simple classification model in factorial arrangement (3 x 6) for germination and viability variables. The data were transformed according to $\sqrt{x+0.375}$. The multiple comparison of Duncan (1955) test was used and differences were declared significant at $P < 0.05$ values. The statistical processing was performed by using the program InfoStat. version 1.0 (Di Rienzo *et al.* 2001).

Results and Discussion

At the beginning of the research, the humidity content of the seeds was between 10 and 12%. According to Carvalho and Nakagawa (2012), these values tend to equilibrate with the environment as time passes, mainly when storage is not hermetic. Therefore, it was extremely important to know the deterioration degree that could present the *A. lebeck* seeds before starting the storage period (Delouche 2005), so the topographical tetrazolium test was performed.

The results of this test showed that the seeds began their life in the store with 99.25; 100 and 100% of viability for the first, second and third year of study, respectively (figure 2), indicating that the deterioration was practically nonexistent. This agrees with that informed by Rosental *et al.* (2014), who explained that the deterioration is reflected in the viability, only when the seeds are moving towards an advanced stage, due to that they are able to repair the damage only when this one does not become irreversible. In addition, the high percentage of viability of albizia seeds when storage start (0 mss) suggested that there were not negative factors, environmental or management, during harvesting and processing process before storage.

Longevity and deterioration. Significant differences between evaluations for interaction harvesting year per seeds storage time were found. In figure 2 are represented the percentage values of viability of *A. lebeck* seeds on the six evaluations carried out during the three experimental years. The curves show the similarity of the results for the storage years; it could say that all follow the same tendency. The most marked decrease occurred in the range of 0 to 2 mss for the three years, with significant differences between both evaluations in each year.

The percentage of *A. lebeck* viable seeds slightly decreases as storage time increased. The natural aging of these seeds was a slow, gradual and natural process. These results agree with Bruggink *et al.* (1999) and Bhanuprakash and Umesha (2015) with regard to the tendency that viability experiment during storage. These authors state that this performance is not linear in time, but usually follows a sigmoid pattern and depends on the species.

This is a logical process, as it is known that, even under ideal storage conditions can only be maintained the

experimentos. A esta información se le realizó un análisis conocido como determinación del intervalo de confianza (IC), en este caso para 95 % de probabilidad. Los datos reflejan que el comportamiento de la temperatura media y la humedad relativa media durante los años de la investigación estaban incluidos dentro del IC.

Se realizaron análisis de varianza, según modelo de clasificación simple en arreglo factorial (3 x 6) para la variables germinación y viabilidad. Los datos se transformaron según $\sqrt{x+0.375}$. Se utilizó la dódima de comparación múltiple de Duncan (1955) y las diferencias se declararon significativas a valores de $P < 0.05$. El procesamiento estadístico se llevó a cabo mediante la utilización del programa InfoStat. versión 1.0 (Di Rienzo *et al.* 2001).

Resultados y Discusión

En el inicio del estudio, el contenido de humedad de las semillas estuvo entre 10 y 12 %. De acuerdo con Carvalho y Nakagawa (2012), estos valores tienden a equilibrarse con el ambiente según transcurre el tiempo, principalmente cuando el almacenamiento no es hermético. Por ello, resultó de suma importancia conocer el grado de deterioro que podrían presentar las simientes de *A. lebeck* antes de comenzar el período de almacenaje (Delouche 2005), por lo que se realizó el ensayo topográfico de tetrazolio.

Los resultados de esta prueba mostraron que las semillas iniciaron su vida en el almacén con 99.25; 100 y 100 % de viabilidad para el primero, segundo y tercer año en estudio, respectivamente (figura 2), lo que indicó que el deterioro era prácticamente inexistente. Esto concuerda con lo informado por Rosental *et al.* (2014), quienes plantearon que el deterioro se refleja en la viabilidad, solo cuando las semillas transitan hacia un estadio avanzado, debido a que son capaces de reparar el daño únicamente cuando este no se convierte en irreversible. Además, el alto porcentaje de viabilidad de las semillas de albizia al inicio del almacenamiento (0 mdía) sugirió que no hubo factores negativos, ambientales o de manejo, durante el proceso de cosecha y procesamiento antes del almacenamiento.

Longevidad y deterioro. Se encontraron diferencias significativas entre las evaluaciones para la interacción año de cosecha por tiempo de almacenamiento de las semillas. En la figura 2 se representan los valores porcentuales de viabilidad de las semillas de *A. lebeck* en las seis evaluaciones realizadas durante los tres años experimentales. Las curvas evidencian la similitud de los resultados para los años de almacenamiento; podría decirse que todas siguen la misma tendencia. El descenso más marcado se presentó en el intervalo de 0 a 2 mdía para los tres años, con diferencias significativas entre ambas evaluaciones en cada año.

El porcentaje de semillas viables de *A. lebeck* disminuyó ligeramente en la medida que aumentó el tiempo de almacenamiento. El envejecimiento natural de estas simientes fue un proceso lento, progresivo y natural. Estos resultados concuerdan con Bruggink *et*

viability, but never improve it (Carvalho and Nakagawa, 2012).

The performance may be associated to different intrinsic factors. Among them, according to Priestley (1986) and Smith and Berjak (1995), are the breakdown of cell membranes, the loss of catalytic activity of enzymes, the accumulation of mutations in chromosomes and reserves food decrease, elements that were not measured in this experiment, and that may have exhibited

al. (1999) y Bhanuprakash y Umesha (2015) en lo que respecta a la tendencia que experimenta la viabilidad durante el almacenamiento. Estos autores afirman que este comportamiento no es lineal en el tiempo, sino que sigue normalmente un patrón sigmoideo y depende de la especie.

Este es un proceso lógico, ya que se conoce que, incluso en condiciones idóneas de almacenamiento, solo se puede mantener la viabilidad, pero nunca mejorarla (Carvalho y Nakagawa 2012).

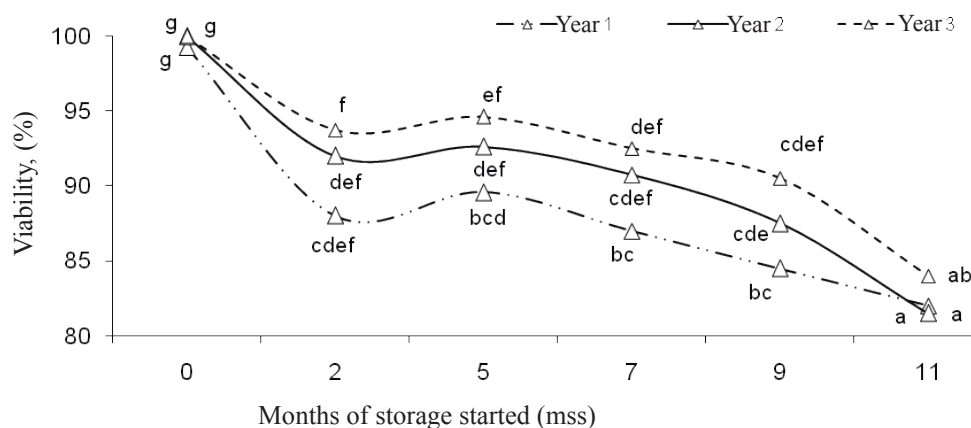


Figure 2. Evolution of the viability of *A. lebbeck* seeds during storage.

some extent.

In other tree species from Leguminosae family, whose freshly harvested seeds, as *A. lebbeck*, they presented orthodox performance, storage under ambient conditions not significantly limits viability. Timyan (1996), Powell (1997), González *et al.* (1998) and CATIE (2000) also reached similar conclusions in studies with other trees from the tropic.

Germination capacity. Figure 3 shows the interaction between the studied factors and indicates the occurrence of a similar performance pattern for the three years throughout the experimental period.

So, while germination was 46.0 % to 0 mss in the third year, it reached approximately 42.0 % in first and second year, in this evaluation.

Germination had a variable performance in each year. In each storage period, the highest percentage, although not differ from each other, it was observed at 0 mss. Then, declined to 7 mss, except in the third year, that instead of continuing to decline up to 7 mss increased between 7 and 9 mss. However, statistically there were not found significant differences between both evaluations.

In each of the months (individually) significant differences between the years in which germination was evaluated were not found, except in the value informed at 7 mss, for the first and third years. In this case, the first year (31.0%) did not differ from the second (34.0%). In turn, the latter showed no difference with the third (37.75%).

Mathias (1998), when measuring the germination

El comportamiento pudo estar asociado a diversos factores intrínsecos. Entre ellos, de acuerdo con Priestley (1986) y Smith y Berjak (1995), se encuentran el resquebrajamiento de las membranas celulares, la pérdida de la actividad catalítica de las enzimas, la acumulación de mutaciones en los cromosomas y la disminución de las reservas alimenticias, elementos que no se midieron en este experimento, y que se pueden haber manifestado en cierta medida.

En otras especies arbóreas de la familia Leguminosae, cuyas semillas recién cosechadas, al igual que *A. lebbeck*, presentan comportamiento ortodoxo, el almacenamiento en condiciones ambientales no limita de manera importante la viabilidad. Timyan (1996), Powell (1997), González *et al.* (1998) y CATIE (2000) llegaron también a conclusiones similares en estudios con otros árboles del trópico.

Facultad germinativa. La figura 3 muestra la interacción entre los factores estudiados e indica la ocurrencia de un patrón de comportamiento similar para los tres años en todo el período experimental.

Así, mientras que la germinación fue de 46.0 % a 0 mdia en el tercer año, alcanzó aproximadamente 42.0 % en primero y segundo, en esta misma evaluación.

La germinación tuvo un comportamiento variable en cada año. En cada período de almacenamiento, el porcentaje más alto, aunque sin diferir entre sí, se observó a 0 mdia. Luego, declinó hasta los 7 mdia, excepto en el tercer año, que en vez de continuar disminuyendo hasta los 7 mdia aumentó entre 7 y 9 mdia. No obstante, estadísticamente no se encontraron

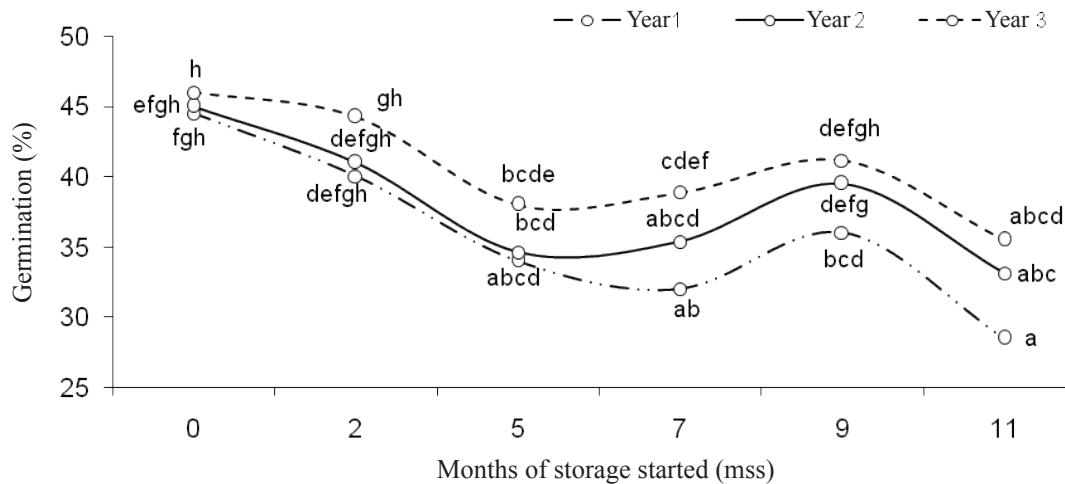


Figure 3. Variations of germination of *A. lebeck* seeds during storage.

of *A. lebeck* seeds at three, six and twelve months of stored under ambient conditions, also found a similar performance. Same habit noted González *et al.* (1998) in the seeds of *L. leucocephala* cv. Cunningham under similar storage conditions.

Similar results were informed in *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Timyan 1996), when the germination percentage of fresh seeds ranged between 10 and 40 %. Another example is *Albizia guachapele* (Kundh) Dugand., whose seeds without receiving previous treatment show 20 to 35% of germination (CATIE 2000) and *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., with values between 36 and 54% for young seeds (Molina *et al.* 1996).

The recorded percentages were always lower than the value obtained at the start of the evaluation period of each year (0 mss) and up to 2 mss, without statistically differ.

Another element that should be discuss are Harrington (1972) criteria, supported by Baskin and Baskin (2014), regarding the influence of temperature and humidity content in the storage. During uncontrolled storage, the respiration rate is one of the problems associated to the viability loss. A high respiration rate can lead to a rapid loss of energy and food reserves, especially in the embryo that is not able to germinate. In turn, the respiration rate increases with the increase of ambient temperature and the humidity content of seeds, among other factors. The information of figure 1 shows that during the experiment the temperature fluctuated as the relative humidity.

Period and intensity of dormancy. Regardless of the explained interactions, a general appreciation of the information indicates that the high expression for viability and germination indicators was presented at the beginning of the study, while the viability percentages in each evaluation were always higher than those of the standard germination test (figure 2 and figure 3). Even, in the last evaluation (11 mss), there was a marked difference between the two indicators. The viable

diferencias significativas entre ambas evaluaciones.

En cada uno de los meses (individualmente) no se encontraron diferencias significativas entre los años en los que se evaluó la germinación, excepto en el valor informado a los 7 mdia, para los años primero y tercero. En este caso, el primer año (31.0 %) no difirió del segundo (34.0 %). A su vez, este último no mostró diferencias con el tercero (37.75 %).

Matías (1998), al medir la germinación de las semillas de *A. lebeck* a los tres, seis y doce meses de almacenadas en condiciones ambientales, también encontró un comportamiento similar. Igual hábito constataron González *et al.* (1998) en las simientes de *L. leucocephala* vc Cunningham en similares condiciones de almacenamiento.

Resultados similares se informaron en *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Timyan 1996), cuando el porcentaje de germinación de las semillas frescas osciló entre 10 y 40 %. Otro ejemplo lo constituye *Albizia guachapele* (Kundh) Dugand., cuyas simientes sin recibir tratamiento previo muestran de 20 a 35 % de germinación (CATIE 2000) y *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., con valores entre 36 y 54 % para semillas jóvenes (Molina *et al.* 1996).

Los porcentajes registrados siempre fueron inferiores al valor obtenido en el inicio del período de evaluación de cada año (0 mdia) y hasta 2 mdia, sin diferir estadísticamente.

Otro elemento que merece ser discutido son los criterios de Harrington (1972), apoyados por Baskin y Baskin (2014), con respecto a la influencia de la temperatura y el contenido de humedad en el almacenamiento. Durante el almacenamiento no controlado, la tasa de respiración es uno de los problemas asociados a la pérdida de la viabilidad. Una alta tasa de respiración puede conducir a la pérdida rápida de las reservas de energía y alimento, especialmente en el embrión que queda incapacitado para germinar. A su vez, la tasa de respiración aumenta con el aumento de la temperatura ambiente y el contenido de humedad de las semillas, entre otros factores. La información de la figura 1 indica que durante el transcurso del experimento

seeds did not germinate when there were provided the conditions that favor the germination process, according to Cohn (2006).

This phenomenon may be associated to what in the plants physiology is known as dormancy (Hilhorst *et al.* 2010). According to Kigel *et al.* (2015), a large group of tropical species from Leguminosae family show dormancy in their seeds.

Dormancy in legumes is due to the cover impermeability (Jayasuriya *et al.* 2012 and Venier *et al.* 2012). In this experiment, the germination test determined the presence of the named "hard seeds" (figure 4).

The marked difference between the dormant seeds and hard seeds, between 9 and 11 mss, suggested that in that interval the impermeability of the seminal covers is reinforced, as a defense mechanism against the increase of the physiological age and physiological consequences associated to the permanence of seeds in a conventional warehouse.

When analyzing the percentage of dormant seeds

la temperatura fluctuó al igual que la humedad relativa.

Periodo e intensidad de la dormancia. Independientemente de las interacciones explicadas, una apreciación general de la información indica que la máxima expresión para los indicadores viabilidad y germinación se presentó en el inicio del estudio, mientras que los porcentajes de viabilidad en cada evaluación siempre fueron superiores a los de la prueba estándar de germinación (figura 2 y figura 3). Incluso, en la última evaluación (11 mdia), hubo una marcada diferencia entre ambos indicadores. Las semillas viables no germinaron cuando se les brindaron las condiciones que favorecen el proceso germinativo, según Cohn (2006).

Este fenómeno puede estar asociado a lo que en la fisiología de las plantas se conoce como dormancia (Hilhorst *et al.* 2010). De acuerdo con Kigel *et al.* (2015), un amplio grupo de especies tropicales de la familia Leguminosae muestran dormancia en sus semillas.

La dormancia en las leguminosas se debe a la impermeabilidad de la cubierta (Jayasuriya *et al.* 2012 y Venier *et al.* 2012). En este experimento, la prueba de

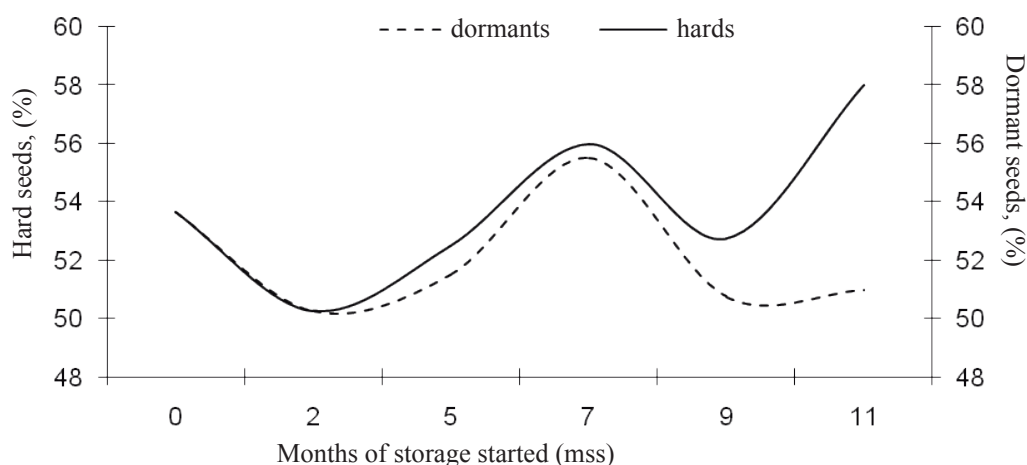


Figure 4. Evolution of dormancy in *A. lebeck* seeds during storage.

and their physical expression, as hard seeds in each of the evaluations, at the start of storage (0 mss) the values were identical (52.85 %), although from this evaluation slight differences were observed, which only at 11 mss were of 7 % (51.0 vs 58.0 %, respectively). Each value represents the average of the three years. This also supports the view that there is a direct link between dormant seeds and hard seeds, and state that the dormancy in this species is closely related to the seeds hardness.

At the end of the germination tests, in each year, and as more objective verification element between dormancy / hard seed relation, a small cut was applied to seeds and they remained germinating for seven additional days. The results showed germination values close to 100%.

According to Hilhorst *et al.* (2010) and Nonogaki (2014), there are several dormancy degrees, which can range from very slight to very severe (deep). When

germinación determinó la presencia de las denominadas "semillas duras" (figura 4).

La marcada diferencia entre las semillas dormantes y las duras, entre los 9 y 11 mdia, sugirió que en ese intervalo se refuerza la impermeabilidad de las cubiertas seminales, como mecanismo de defensa ante el aumento de la edad fisiológica y las consecuencias fisiológicas asociadas a la permanencia de las semillas en un almacén convencional.

Al analizar los porcentajes de semillas dormantes y su expresión física, como semillas duras en cada una de las evaluaciones, en el inicio del almacenamiento (0 mdia) los valores fueron idénticos (52.85 %), aunque a partir de esta evaluación se observaron ligeras diferencias, que solo a 11 mdia fueron de 7 % (51.0 vs 58.0 %, respectivamente). Cada valor representa el promedio de los tres años. Este hecho también apoya la concepción de que existe una relación directa entre las semillas dormantes y las semillas duras, y afirma que la dormancia en esta especie está estrechamente relacionada con la dureza de las simientes.

evaluating the experimental data obtained up to this point, it can be inferred that there is a dormancy of approximately 50 %, which does not decrease noticeably during one year.

It is concluded that the seed storage during a year was a useful method, by which it was determined the dormancy existence and the performance of viability, germination and emergence.

The results of this experiment allow stating that during postharvest management, prior to storage starting, the *A. lebbeck* seeds were not perceptibly deteriorate; while when the storage time increase they aging at a progressive rate.

It is very probably that the germination percentage and longevity of *A. lebbeck* seeds depend on the time they spent in the warehouse, indicating that the intrinsic factors may be the main responsible agent of viability loss.

Al final de los ensayos de germinación, en cada año, y como elemento de verificación más objetivo entre la relación dormancia/semilla dura, se aplicó un pequeño corte a las simientes y se mantuvieron en germinación durante siete días adicionales. Los resultados mostraron valores de germinación cercanos a 100 %.

Según Hilhorst *et al.* (2010) y Nonogaki (2014), existen varios grados de dormancia, que pueden variar desde muy ligeros hasta muy intensos (profundo). Al valorar la información experimental obtenida hasta aquí, se puede inferir que existe una dormancia de aproximadamente 50 %, que no disminuye de manera perceptible en el transcurso de un año.

Se concluye que el almacenamiento de las semillas durante un año fue un método útil, mediante el que se pudo determinar la existencia de dormancia y el comportamiento de la viabilidad, la germinación y la emergencia.

Los resultados de este experimento permiten afirmar que durante el manejo poscosecha, previo al inicio del almacenamiento, las semillas de *A. lebbeck* no se deterioran perceptiblemente; mientras que al aumentar el tiempo de almacenaje envejecen a un ritmo progresivo.

Es muy probable que el porcentaje de germinación y la longevidad de las semillas de *A. lebbeck* dependan del tiempo que permanecen en el almacén, lo que indica que la pérdida de la viabilidad puede tener, como principal agente causante, los factores intrínsecos.

References

- AOSA. 2005. Tetrazolium Testing Handbook. Contribuion N° 29 (J. Peters, Ed.). Association of Official Seed Analysts. 32p.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Second Edition. Academic Press. Elsevier Inc. USA. 1600p.
- Bhanuprakash, K. & Umesh, 2015. Seed Biology and Technology. In Plant Biology and Biotechnology. Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement (B. Bahadur, M.V. Rajam, L. Sahijram & K.V. Krishnamurthy; Eds). Springer New Delhi, India. p.469
- Bruggink, G. T., Ooms, J. J. J. & van der Toorn, P. 1999. Induction of longevity in primed seeds. SeedSci. Res. 9:49-58
- Carvalho, N. M. & Nakagawa, J. 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP. 5ta Ed. 590p.
- CATIE. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Volumen 1. Serie Técnica. Manual Técnico N° 41. CATIE-PROSEFOR-DFSC. Turrialba, Costa Rica. 204 p.
- Cohn, M. A. 2006. Dormancy: an overview. In: The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and Uses (J.D. Bewley, M. Black y P. Halmer, Eds.). CABI Publishing. Wallingford, UK.
- Delouche, J. C. 2005. Calidad y desempeño de la semilla. Revista SEED News. sept/oct. http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed95/artigocapa95_esp.shtml
- Duncan, D. B. 1955. Multiple ranges and multiple F. Test. Biometric. 11:1-42
- Funes, F., Yañez, S. & Zambrana, T. 1998. Semillas de pastos y forrajes tropicales. Métodos prácticos para su producción sostenible. ACPA. La Habana, Cuba. 138p.
- González, Y., Hernández, A. & Mendoza, F. 1998. Comportamiento de la germinación y la viabilidad de las semillas de leguminosas arbustivas. I. *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 107
- Harrington, J. F. 1972. Seed storage and longevity. In: Seed Biology Vol. 3. (T.T. Kozłowski, Ed.). Academic Press. London, U.K. p. 145
- Hilhorst, H.W. M., Finch-Savage, W.E., Buitink, J., Bolingue, W & Leubner-Metzger, G. 2010. Dormancy in Plant Seeds. In Dormancy and Resistance in Harsh Environments (E. Lubzens, J. Cerda & M. Clark). Springer Berlin Heidelberg, Germany. p.43
- ISTA. 2004. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology. Supplement. 174p.
- Jayasuriya, K. M. G. G., Baskin, J. M., Baskin, C. C. & Fernando, M.T.R. 2012. Variation in seed dormancy and storage behavior of threeliana species of Derris (Fabaceae, Faboideae) in Sri Lanka and ecological implications. Research Journal of Seed Science. doi10.3923/rjss.2012.
- Kigel, J., Rosental, L. & Fait, A. 2015. Seed Physiology and Germination of Grain Legumes. In Grain Legume. Handbook of Plant Breeding. (A. M. De Ron, Ed.) Springer New York, USA. p.327

- Matías, C. 1998. Determinación del marco de siembra óptimo para la producción de semillas de *Albizia lebbbeck*. Pastos y Forrajes. 21:67
- Molina, M., Brenes, G. & Morales, D. 1996. Descripción y viverización de 14 especies forestales nativas del bosque tropical seco. San José, Costa Rica: Ed. Esfera. 91p.
- Nonogaki, H. 2014. Seed dormancy and germination—emerging mechanisms and new hypotheses. *Frontiers in Plant Science*. 28(5):233
- Paretas, J. J. & López, M. 2006. Regionalización de gramíneas, leguminosas y árboles multipropósitos. In: Recursos forrajeros, herbáceos y arbóreos. Editorial Universitaria. Colección Textos Universitarios. USC Guatemala. p. 37
- Powell, H. 1997. *Calliandra lothyrus* production and use. A field manual. Winrock International Institute for Agricultural Development. Arkansas, USA. 62 p.
- Priestley, D. A. 1986. Seed aging. Comstock Publishing Associates. Ithaca NY-London 129 p.
- Rienzo, J. A., Balzarín, M., Casanoves, F., González, L., Tablada, M., Washington, G. & Robledo, C. W. 2001. InfoStat versión 1. Software Estadístico. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina
- Rosental, L., Nonogaki, H. & Fait, A. 2014. Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Science Research*. 24 (1):1-15
- Smith, M.T. & Berjak, P. 1995. Deteriorative changes associated with the loss viability of stored desiccation tolerant and desiccation-sensitive seeds. In: Seed development and germination (J. Kigel y G. Galili, Eds.). Marcel Dekker, Inc. New York. p. 701
- Timyan, J. 1996. Bwayo. Important trees of Haiti. Southeast Consortium for International Development. Washington, DC. 418 p.
- Venier, P., Funes, G. & Garcia, C.C. 2012. Physical dormancy and histological features of seeds of five *Acacia* species (Fabaceae) from xerophytic forests in central Argentina. *Flora*. 207:39-46
- Yañez, S. & Funes, F. 1989. Manual práctico para la producción de semillas de pastos en Cuba. IIPF. La Habana, Cuba. 134 p.

Received: January 15, 2015