

Efecto del método de secado en la longevidad y la calidad de las semillas de *Bauhinia purpurea*.

I. Almacenamiento en condiciones ambientales

Effect of the drying method on the longevity and quality of seeds from *Bauhinia purpurea*.

I. Storage under ambient conditions

Marlen Navarro y J.C. Lezcano

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
E-mail: marlen.navarro@indio.atenas.inf.cu

Resumen

Se realizó un experimento con el objetivo de determinar la influencia combinada de diferentes métodos de secado, las condiciones de almacenamiento al ambiente y la edad fisiológica de las semillas de *B. purpurea*, en la capacidad germinativa y en la calidad de estas. Los tratamientos para el secado fueron: A) en las legumbres, B) artificial, y C) al sol. Se determinó el porcentaje de viabilidad y de germinación, así como el contenido de humedad (CH), con una frecuencia mensual durante un año de almacenamiento; además se registró la temperatura y la humedad relativa (máxima y mínima) durante el período evaluado. En el procesamiento de la información se utilizaron análisis multivariados (GLM y Factorial). En los tratamientos A y C se observaron semejanzas en cuanto a la viabilidad y la germinación, aunque las semillas alcanzaron la muerte fisiológica a los siete y nueve meses de permanencia en el almacén, respectivamente. El secado de las semillas con silicagel mostró que la pérdida de la capacidad germinativa siguió un modelo polinomial cúbico, con una marcada tendencia a la linealidad, y al finalizar el estudio fue de 70%. Las diferencias entre el CH de las semillas secadas artificialmente (B) y al sol (C) permitieron confirmar que la longevidad en B fue dos a cuatro veces mayor que en C. Los factores más influyentes en el ritmo de pérdida de la calidad de las semillas de *B. purpurea* almacenadas al ambiente fueron el contenido de humedad y la edad.

Palabras clave: Almacenamiento de semillas, *Bauhinia purpurea*, calidad

Abstract

A trial was carried out with the objective of determining the combined influence of different drying methods, the storage under ambient conditions and the physiological age of the seeds from *B. purpurea*, on their germination capacity and quality. The treatments for drying were: A) in the pods, B) artificial and C) under sunlight. The percentage of viability and germination, as well as the moisture content (MC), were determined, with a monthly frequency during a year of storage; in addition the temperature and relative humidity (maximum and minimum) were recorded during the evaluated period. In the information processing multivariate analyses (GLM and Factorial) were used. In treatments A and C similarities were observed regarding viability and germination, although the seeds reached physiological death at seven and nine months of permanence in the storehouse, respectively. The drying of the seeds with silica gel showed that the loss of germination capacity followed a cubic polynomial model, with a remarkable trend to linearity, and at the end of the study it was 70%. The differences between the MC of the seeds dried artificially (B) and under sunlight (C) allowed to confirm that longevity in B was two to four times higher than in C. The most influencing factors on the rate of quality loss of *B. purpurea* seeds stored under ambient conditions were moisture content and age of the seeds.

Key words: *Bauhinia purpurea*, quality, seed storage

Introducción

La longevidad de las semillas, es decir el período en que se mantienen viables en el almacén, está determinada por su potencial de almacenamiento genético y fisiológico, y por el daño antes o durante la permanencia en el almacén, así como por la interacción entre los factores individuales, de acuerdo con una revisión realizada por Navarro (2003).

En el trópico es común que las semillas de especies leñosas perennes sean almacenadas al ambiente; sin embargo, las condiciones imperantes en tales almacenes no son lo suficientemente favorables para el mantenimiento de la longevidad poscosecha de las simientes de algunos árboles leguminosos y, por consiguiente, los índices de calidad también se afectan. Por ello se necesitan otras alternativas para la siembra, ya que varias de estas especies tienen la habilidad de reproducirse tanto por estacas como por semillas, pero la experiencia en este sentido indica que debido a la dificultad de encontrar suficientes árboles madres y por el costo inicial de transporte, el establecimiento por estacas es a menudo impracticable. Además, en muchas especies las plantas obtenidas por semillas desarrollan una raíz pivotante, relativamente profunda; mientras que las estacas sólo presentan raíces laterales.

En los sistemas agroforestales se destaca la presencia de *Bauhinia purpurea* (Caesalpinaceae: Leguminosae), debido a que su follaje se considera como una alternativa de abono orgánico para el pasto base (Hernández, 2000) y el árbol como aportador de nitrógeno al agrosistema en sentido general, además de contribuir considerablemente a la reducción de la erosión hídrica cuando se planta en líneas (Roothaert, Samson y Kerridge, 2001).

En Cuba existen escasos antecedentes sobre el deterioro de las simientes de *Bauhinia* y, según lo informado por González (2003), entre los cuatro y seis meses de almacenamiento en condiciones ambientales ocurre una pérdida considerable de la capacidad germinativa; dicho estudio se realizó con semillas que fueron seca-

Introduction

Seed longevity, that is the period in which they remain viable in the storehouse, is determined by their genetic and physiological storage potential and the damage before or during the permanence in the storehouse, as well as by the interaction among individual factors, according to a review carried out by Navarro (2003).

In the tropic it is common that the seeds from perennial ligneous species are stored under ambient conditions; nevertheless, the prevailing conditions in such storehouses are not favorable enough for the maintenance of post-harvest longevity of the seeds from some leguminous trees and, consequently, the quality indexes are also affected. For such reason other alternatives are needed for sowing, because several of these species are capable of being reproduced by cuttings as well as seeds, but the experience in this sense indicates that due to the difficulty of finding enough mother trees and the initial cost of transportation, the establishment by cuttings is often impracticable. Besides, in many species the plants obtained by seeds develop a tap-root, relatively deep; while cuttings show only lateral roots.

In agroforestry systems the presence of *Bauhinia purpurea* (Caesalpinaceae: Leguminosae) stands out because its foliage is considered an alternative of organic manure for the base pasture (Hernández, 2000) and the tree as nitrogen contributor to the agrosystem in general, in addition to contributing considerably to the reduction of hydric erosion when planted in rows (Roothaert, Samson and Kerridge, 2001).

In Cuba there are scarce antecedents about the deterioration of seeds from *Bauhinia* and, according to the reports by González (2003), between four and six months of storage under ambient conditions there is a considerable loss of germination capacity; such study was carried out with seeds that were dried within the pods for 48 hours under sunlight and later sacked in jute sacs. Based on this, it was decided to determine the combined influence of drying methods, storage under ambient conditions and

das dentro de las legumbres durante 48 horas al sol y posteriormente envasadas en sacos de yute. Sobre esta base se decidió determinar la influencia combinada de los métodos de secado, las condiciones de almacenamiento al ambiente y la edad fisiológica de las semillas de *B. purpurea*, en la capacidad germinativa y en su calidad.

Materiales y Métodos

Las legumbres de *B. purpurea* se recolectaron en aproximadamente 20 árboles de generación espontánea, localizados en los 22°46'N y los 81°08'O, en el mes de marzo del año 2000, e inmediatamente fueron trasladadas al Laboratorio de Análisis de Semillas de la EEPF "Indio Hatuey".

Las legumbres recién cosechadas se dividieron en tres porciones, las cuales constituyeron los tratamientos experimentales que se utilizaron para el estudio (tabla 1).

En todos los tratamientos se separaron las semillas de las legumbres de forma manual y se eliminaron las materias inertes compuestas por semillas enfermas o partidas, así como por restos de legumbres, pecíolos y hojas, siempre con la precaución de no dañar la estructura externa e interna de la semilla.

Las simientes de cada tratamiento fueron envasadas en frascos de cristal de color ámbar con cierre semihermético, los que se almacenaron en condiciones ambientales (tabla 2). En cada frasco se depositó una cantidad de semilla superior a la utilizada en las determinaciones del conte-

physiological age of the seeds from *B. purpurea*, on germination capacity and quality.

Materials and Methods

The pods from *B. purpurea* were collected in around 20 trees of spontaneous generation, located in 22°46'N and 81°08'W, in March, 2000, and were immediately transferred to the Laboratory of Seed Analysis of the EEPF "Indio Hatuey".

The newly harvested pods were divided into three portions, which constituted the experimental treatments used for the study (table 1).

In all the treatments the seeds were manually separated from the pods and the inert matters composed by sick or broken seeds, as well as remains of pods, petioles and leaves, were eliminated, always with the precaution of not damaging the external and internal structure of the seed.

The seeds of each treatment were put in amber glass flasks with semi-airtight lids, which were stored under ambient conditions (table 2). In each flask a seed quantity was put higher than that used in the determinations of moisture content, germination and viability, corresponding to each of the twelve evaluations carried out during the storage period for each drying method, i.e., the flasks were opened only at the moment of performing the monthly determinations and were discarded afterwards.

The moisture content (MC), germination (standard test) and viability of the seeds

Tabla 1. Tratamientos para la determinación del efecto del método de secado en la longevidad de las semillas.
Table 1. Treatments for determining the effect of the drying method on seed longevity.

Tratamiento experimental	Secado	
	Método	Descripción y procedimiento
A	En las legumbres	Se colocó una malla sobre las legumbres, en un secadero convencional, durante un período de 48 horas al sol.
B	Artificial	Las semillas se mezclaron con un desecante químico, silicagel indicador azul*, en una proporción 1:1, durante 72 horas continuas.
C	Al sol	Las semillas se colocaron en un secadero convencional, cubiertas por una malla de nailon para evitar que al secarse se dispararan al aire, exposición al sol durante 48 horas.

* El silicagel se activó a una temperatura de 130°C durante 4 horas en estufa

Tabla 2. Factores climáticos del almacén durante el período en estudio.
Table 2. Climatic factors of the storehouse during the period studied.

	Máxima	Mínima	Media
Temperatura (°C)	30,7	17,5	23,6
Humedad relativa (%)	98,6	50,7	81,1

nido de humedad, la germinación y la viabilidad, correspondientes a cada una de las doce evaluaciones realizadas durante el período de almacenamiento para cada método de secado, es decir, los frascos solo se abrieron en el momento de realizar las determinaciones mensuales y posteriormente fueron desechados.

Se determinó el contenido de humedad (CH), la germinación (prueba estándar) y la viabilidad de las semillas (ensayo topográfico de tetrazolium) mensualmente, durante los 12 meses de almacenamiento, y en cada evaluación se realizaron conteos diarios durante 21 días (ISTA, 1999). Se consideraron germinadas aquellas semillas donde la radícula alcanzó una longitud mayor que 1 mm.

Se registraron mensualmente las variables: temperatura máxima (Tmax) y mínima (Tmin) y humedad relativa máxima (Hrmax) y mínima (Hrmin) del almacén.

Por ser *B. purpurea* una especie con un promedio de velocidad germinativa diaria superior a 10, no fue posible determinar el valor de germinación según la fórmula propuesta por Djavanshir y Pourbeik (1976); en este caso se determinó el valor máximo de dicho indicador, que representa solamente la medida de la velocidad de germinación y se obtiene al dividir sucesivamente la germinación acumulada entre el tiempo de incubación relevante (Czabator, 1962).

Procesamiento estadístico

Se realizaron análisis multivariados para determinar la influencia del método de secado (MS) y la edad fisiológica de la semilla de bauhinia (EF), en su capacidad germinativa; se utilizó el procedimiento GLM (General Linear Models) para el análisis de varianza y la matriz de comparación múltiple de medias de Student Newman Keuls (SNK) de SAS® (1996), y la variable

(topographic tetrazolium essay) were determined monthly, during the 12 months of storage, and in each evaluation daily counts were performed for 21 days (ISTA, 1999). Those seeds in which the radicle reached a length higher than 1 mm were considered germinated.

The variables maximum (Tmax) and minimum temperature (Tmin) and maximum (Hrmax) and minimum relative humidity (Hrmin) of the storehouse were recorded monthly.

As *B. purpurea* is a species with a mean daily germination rate higher than 10, it was not possible to determine the germination rate according to the formula proposed by Djavanshir and Pourbeik (1976); in this case the highest value of such indicator was determined, which represents only the measure of the germination rate and it is obtained by successively dividing the cumulative germination by the relevant incubation time (Czabator, 1962).

Statistical processing

Multivariate analyses were carried out to determine the influence of the drying method (DM) and physiological age of the Bauhinia seed (PA), on its germination capacity; the GLM (General Linear Models) procedure for the variance analysis and the matrix of multiple mean comparison of Student Newman Keuls (SNK) of SAS® (1996) were used, and the variable germination was adjusted through polynomial regressions. The differences were tested using the option PDIFF of SAS®, declared significant at values of $P < 0,05$ and the trends discussed at $P < 0,15$.

Mathematical model used:

$$Y_{ijk} = \mu + DM_i + PA_j + DM*PA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Where,

Y_{ijk} = ijk-eth value of germination.

germinación se ajustó a través de regresiones polinomiales. Las diferencias fueron probadas usando la opción PDIF de SAS®, declaradas significativas a valores de $P < 0,05$ y las tendencias discutidas a $P < 0,15$.

Modelo matemático utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + MS_i + EF_j + MS*EF_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk} = ijk-ésimo valor de la germinación.

μ = media de todas las observaciones.

MS_i = i-ésimo efecto del método de secado

EF_j = j-ésimo efecto del período de almacenamiento.

$MS*EF_{ij}$ = ij-ésimo efecto de la interacción entre el método de secado y el período de almacenamiento

ε_{ijk} = ijk-ésimo efecto del error aleatorio.

Además, se empleó el análisis factorial con la finalidad de transformar los factores Tmax, Tmin, Hrmax, Hrmin, CH y EF que se correlacionan con la capacidad germinativa durante el almacenamiento, en un conjunto reducido de factores independientes que representan la variable seleccionada. Para la selección del número de factores comunes se utilizó el método de los componentes principales y la aplicación práctica se hizo mediante el método ortogonal *Varimax*, usando el programa SPSS versión 6.0 (Norusis, 1993).

Resultados y Discusión

Los valores del porcentaje de viabilidad y de germinación coincidieron durante todo el estudio, lo que ratifica lo planteado por Toral y González (1999) sobre la ausencia de cubiertas seminales impermeables al intercambio de gases y nutrimentos en esta especie.

En la figura 1 se representa el comportamiento de la viabilidad y la germinación de las semillas de bauhinia en cada uno de los tratamientos, evaluados durante un período equivalente a 12 meses de edad fisiológica de las semillas de esta especie, para los cuales la prueba de Student Newman Keuls (SNK) encontró diferencias significativas ($P < 0,05$).

En el tratamiento A se observó que la capacidad germinativa alcanzó su máximo valor en el

μ = mean of all the observations

DM_i = i-eth effect of drying method

PA_j = j-eth effect of the storage period

$DM*PA_{ij}$ = ij-eth effect of the interaction of drying method and storage period

ε_{ijk} = ijk-eth effect of random error

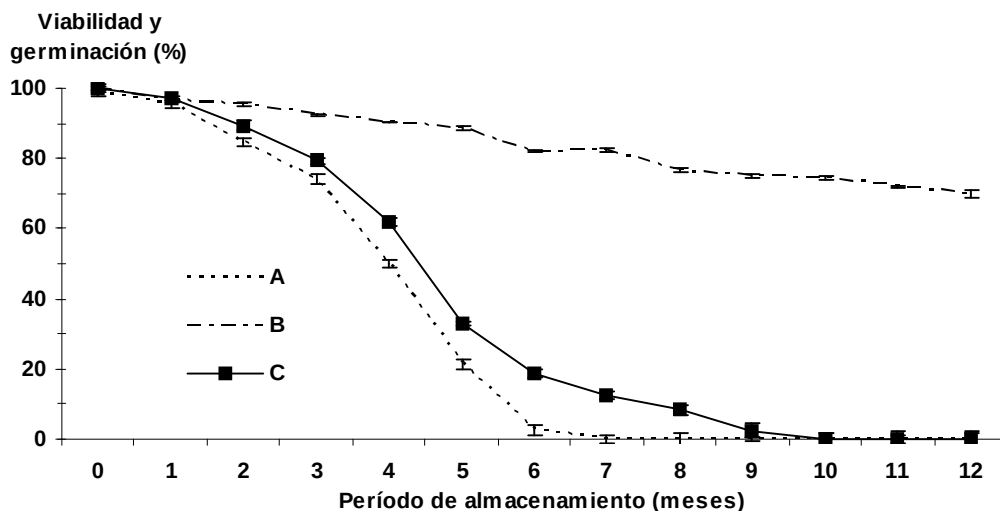
Furthermore, the factorial analysis was used in order to transform the factors Tmax, Tmin, Hrmax, Hrmin, MC and PA which are correlated to germination capacity during storage, into a reduced set of independent factors that represent the variable selected. For the selection of the number of common factors the main component method was used and the practical application was made by means of the orthogonal method *Varimax*, using the program SPSS version 6.0 (Norusis, 1993).

Results and Discussion

The values of viability and germination percentage coincided during the whole study, which ratifies the reports made by Toral and González (1999) about the absence of seed coats impermeable to the exchange of gasses and nutrients in this species.

Figure 1 shows the performance of viability and germination of the Bauhinia seeds in each treatment, evaluated during a period equivalent to 12 months of physiological age of the seeds from this species, for which the Student Newman Keuls (SNK) test found significant differences ($P < 0,05$).

In treatment A the germination capacity was observed to reach its highest value at the beginning of the study (98,67%), although it did not differ statistically from the evaluation carried out in month 1 (95,33%); afterwards it began to decrease gradually until three months (74,0%), moment in which the reduction of the germination and viability values became more stressed, until reaching the physiological death of the seeds at seven months. However, it must be emphasized that since the five months of storage (21,33%) a considerable loss of the above-mentioned values was perceived. The trend experienced by the germination capacity during the study (treatment A) followed a cubic



A) Secado en las legumbres, B) Secado artificial, C) Secado de las semillas al sol

Fig. 1. Variación de la capacidad germinativa de las semillas de *B. purpurea* durante la conservación. Los puntos de datos indican la media de las cuatro réplicas en cada evaluación y las barras verticales el error estándar ($\pm$ ES).

Fig. 1. Variation of the germination capacity of the *B. purpurea* seeds during conservation. The data dots indicate the mean of the four replications in each evaluation and the vertical bars the standard error ($\pm$ ES).

inicio del estudio (98,67%), a pesar de no diferir estadísticamente de la evaluación realizada en el mes 1 (95,33%); después comenzó a disminuir gradualmente hasta los tres meses (74,0%), momento en el cual se hizo más acentuada la reducción de los índices de germinación y de viabilidad, hasta alcanzar a los siete meses la muerte fisiológica de las semillas. No obstante, debe destacarse que desde los cinco meses de almacenamiento (21,33%) se percibió una pérdida considerable de los índices mencionados. La tendencia experimentada por la capacidad germinativa durante el estudio (tratamiento A) siguió un modelo polinomial cúbico, en el que el valor de R^2 explica las diferencias altamente significativas entre los datos (tabla 3), y a medida que aumentó la edad fisiológica de las semillas de bauhinia disminuyeron los porcentajes de viabilidad y germinación.

En esta misma especie González (2003) encontró un comportamiento similar en las mismas condiciones de almacén y con igual procedimiento para el secado; esta autora concluyó que las semillas de bauhinia se deterioraron en un plazo

polynomial model, in which the value of R^2 accounts for the highly significant differences among the data (table 3), and as the physiological age of the *Bauhinia* seeds increased, the viability and germination percentages decreased.

In this same species González (2003) found a similar performance under the same storage conditions and with the same drying procedure; this author concluded that the *Bauhinia* seeds were deteriorated in a period of four to six months after the beginning of storage.

The drying of the seeds with silica gel, previous to storage, showed that when using this method the germination and viability percentages varied between 100% (beginning) and 70% (12 months), and in the last evaluation values were found that even allow the phytogenetic conservation of these seeds and, thus, their permanence under such storage conditions for another period of time. This constitutes an advantage if compared to treatment A, where the seeds reached physiological death at seven months of permanence in the storehouse. The adjustment of the curve for the artificial drying

Tabla 3. Ecuaciones de regresión ajustadas y coeficiente de determinación (R^2) para el porcentaje de germinación y viabilidad de las semillas de *B. purpurea* en cada tratamiento experimental (y) en función del período de almacenamiento de las semillas (x).

Table 3. Adjusted regression equations and determination coefficient (R^2) for the germination and viability percentage of *B. purpurea* seeds in each experimental treatment (y) regarding the storage period of the seeds (x).

Tratamiento	Función matemática	R^2
A	$y = -0,0558x^4 + 1,6929x^3 - 16,083x^2 + 39,937x + 71,143$	0,9910
B	$y = 0,0166x^3 - 0,3199x^2 - 0,9814x + 100,74$	0,9889
C	$y = -0,0365x^4 + 1,1698x^3 - 11,811x^2 + 29,839x + 79,282$	0,9934

de cuatro a seis meses de iniciado el almacenamiento.

El secado de las semillas con silicagel, previo al almacenamiento, mostró que al utilizar este método los porcentajes de germinación y de viabilidad oscilaron entre 100% (inicio) y 70% (12 meses), y en la última evaluación se encontraron en valores que incluso permiten la conservación fitogenética de estas semillas y, por ende, su permanencia en dichas condiciones de almacenamiento por otro período de tiempo. Ello constituye una ventaja si se compara con el tratamiento A, donde las semillas alcanzaron la muerte fisiológica a los siete meses de permanencia en el almacén. El ajuste de la curva para el secado artificial y el valor de R^2 (0,9889), indicaron que la pérdida de la capacidad germinativa siguió un modelo polinomial cúbico con una marcada tendencia a la linealidad.

En el tratamiento C se observaron semejanzas con A en cuanto a la viabilidad y la germinación; solamente entre 100% (inicio) y 97,33% (un mes) no existieron diferencias significativas. Sin embargo, la muerte fisiológica de estas semillas secadas al sol ocurrió a los nueve meses de almacenadas al ambiente (0%); los valores registrados entre los seis y nueve meses (18,67 y 2,43% respectivamente) se consideran muy bajos en comparación con B en ese mismo período, pero alentadores con respecto a A.

En condiciones ambientales las semillas de *Gliricidia sepium*, según Navarro y González (2000), sucumben a los 11 meses de permanencia en el almacén, aunque desde los siete meses de edad fisiológica el deterioro avanza a un rit-

and the value of R^2 (0,9889), indicated that the loss of germination capacity followed a cubic polynomial model with a remarkable trend to linearity.

In treatment C similarities were observed with A regarding viability and germination; only between 100% (beginning) and 97,33% (one month) there were no significant differences. Yet, the physiological death of these seeds dried under sunlight occurred after nine months of being stored under ambient conditions (0%); the values recorded between six and nine months (18,67 and 2,43%, respectively) are considered very low as compared to B in the same period, but encouraging with regards to A.

Under ambient conditions the seeds of *Gliricidia sepium*, according to Navarro and González (2000), perish at 11 months of permanence in the storehouse, although since seven months of physiological age deterioration advances at an accelerate rate. Powell (1997) reported that *Calliandra calothyrsus* Meisn. can only remain viable for 12 months under similar storage conditions; while *Mimosa scabrella* Benth. and *Prosopis tamarugo* F. Phil. can do it for periods of three and two years, respectively (CATIE, 2000).

The moisture content of the Bauhinia seeds (fig. 2) accounts for the similarity between treatments A and C, and even the total loss of germination capacity after seven and nine months, respectively. The continuous line that was drawn parallel to axis x (storage period) and that started from 12% of the MC (axis y), delimits the recommended percentages for a good per-

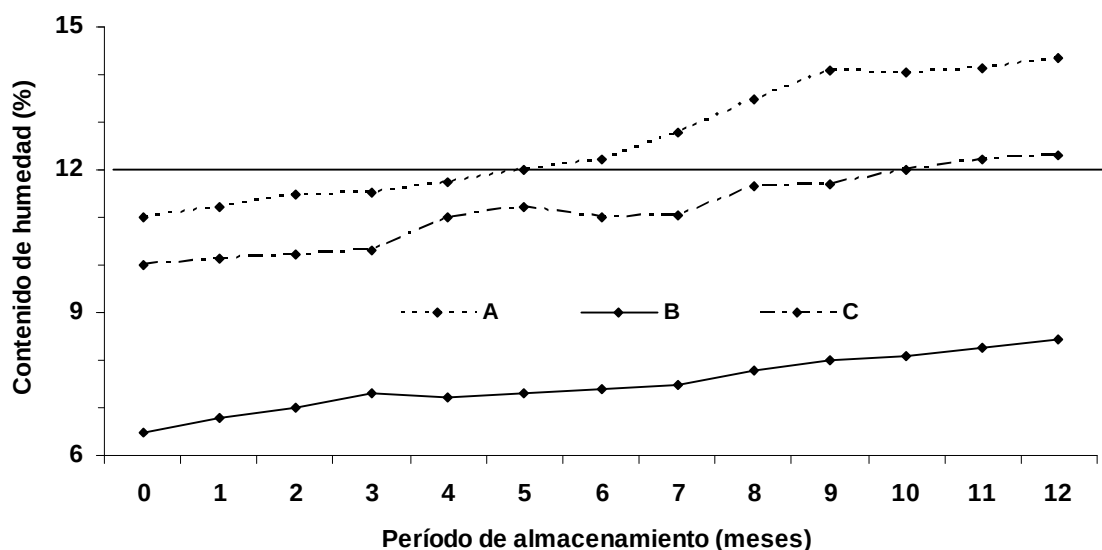
mo acelerado. Powell (1997) informó que *Calliandra calothyrsus* Meisn. sólo puede permanecer viable por 12 meses en semejantes condiciones de almacenamiento; mientras que *Mimosa scabrella* Benth. y *Prosopis tamarugo* F. Phil. pueden hacerlo por períodos de tres y dos años respectivamente (CATIE, 2000).

El contenido de humedad de las semillas de bauhinia (fig. 2) explica la semejanza entre los tratamientos A y C, e incluso la pérdida total de la capacidad germinativa a los siete y nueve meses, respectivamente. La línea continua que se trazó paralela al eje x (período de almacenamiento) y que partió del 12% del CH (eje y), delimita los porcentajes recomendados para un buen desempeño de los índices de calidad de las semillas almacenadas en condiciones ambientales, según Harrington (1972). En tales circunstancias se distinguió que el CH de las semillas entre seis y 12 meses para A y de 10-12 meses para C estuvo por encima de 12%, y precisamente en dichos períodos las semillas de bauhinia estaban muertas, con excepción de la evaluación que combinó el tratamiento A y seis

formance of the quality indexes of seeds stored under ambient conditions, according to Harrington (1972). Under such circumstances, it stood out that the MC of the seeds between six and 12 months for A and 10-12 months for C was over 12%, and precisely in such periods the *Bauhinia* seeds were dead, excepting the evaluation that combined treatment A and six months of storage (2,67%), but such value was very low and did not show significant differences with the months that succeeded it.

In one of the rules proposed by Harrington (1972), it is stated that the longevity of a seed is doubled by each 1% reduction in its moisture content, and when analyzing the differences between the MC of the seeds dried artificially (B) and under sunlight (C) it was obtained that in all the evaluations such values oscillated between 2,90 and 4,13%; thus, longevity in B was confirmed to be two to four times higher than in C, which is observed in figure 1.

Post-harvest longevity depends on the species and on such factors as: humidity, temperature and composition of the gaseous atmosphere



A) Secado en las legumbres, B) Secado artificial, C) Secado de las semillas al sol

Fig. 2. Comportamiento del contenido de humedad de las semillas de bauhinia durante el período de almacenamiento. Los puntos de datos indican la media de las cuatro réplicas en cada evaluación.
Fig. 2. Performance of the moisture content of the *Bauhinia* seeds during the storage period. The data dots indicate the mean of the four replications in each evaluation.

meses de almacenamiento (2,67%), pero dicho valor fue muy bajo y no presentó diferencias significativas con los meses que le sucedieron.

En una de las reglas propuestas por Harrington (1972) se plantea que la longevidad de una semilla se duplica por cada reducción de 1% en su contenido de humedad, y al analizar las diferencias entre el CH de las semillas secadas artificialmente (B) y al sol (C) se obtuvo que en todas las evaluaciones dichos valores oscilaron entre 2,90 y 4,13%; por tanto se confirma que la longevidad en B fue de dos a cuatro veces mayor que en C, lo cual se observa en la figura 1.

La longevidad poscosecha depende de la especie y de factores tales como: la humedad, la temperatura y la composición de la atmósfera gaseosa durante el almacenaje. Aun cuando el contenido de humedad haya declinado por debajo del nivel donde cesa la actividad metabólica, tanto la temperatura como la humedad continúan influyendo en la longevidad de la semilla a través de los procesos de envejecimiento (Bewley y Black, 1994). Es por ello que se determinaron los factores más relacionados con la germinación de las semillas de *bauhinia* para cada método de secado, a través del método de componentes principales.

Dicho análisis seleccionó dos factores con el procedimiento de rutina (tabla 4), que consistió en escoger un número de factores igual al número de raíces características (valores propios) mayores que 1 (Obis, 1998). Además, se observó que el porcentaje de varianza explicada por los dos primeros factores fue 87,88; 86,33 y 86,68% para A, B y C, respectivamente.

during the storage. Even when the moisture content has declined below the level in which the metabolic activity ceases, temperature and humidity continue influencing seed longevity through the ageing processes (Bewley and Black, 1994). That is why the factors most related to the germination of *Bauhinia* seeds for each drying method, through the main component method.

Such analysis chose two factors with the routine procedure (table 4), which consisted in selecting a number of factors equal to the number of characteristic roots (proper values) higher than 1 (Obis, 1998). In addition, the percentage of variance accounted for by the first two factors was observed to be 87,88; 86,33 and 86,68% for A, B and C, respectively.

Table 5 shows (for each of the six variables) the bearing of the two factors, i.e., the value of the correlations, and because it is the rotated factorial matrix these values are equivalent to the matrix of factorial stocks (Bisquera, 1989). The analysis of such matrix allowed to simplify the interpretation and assignment of name to the factors. The first factor, for A and C, was associated to the variables moisture content of the seeds (MCseed), age of the seeds (PAseed) and maximum temperature (Tmax.); while for C the latter did not stand out and according to the stock value (r^2) for the three treatments, it could be called 'intrinsic elements of the seeds'. The second factor was typified by Hrmax (maximum relative humidity) in the three treatments, the minimum relative humidity (Hrmin) for A and C, as well as Tmin. (minimum

Tabla 4. Distribución de los valores propios, la varianza total y la varianza acumulada para cada uno de los factores iniciales.

Table 4. Distribution of the proper values, total variance and accumulated variance for each initial factor.

Factor	Valores propios (λ)			Varianza total (%)			Varianza acumulada (%)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	3,052	2,910	2,971	50,869	48,498	49,530	50,869	48,498	49,530
2	2,221	2,270	2,229	37,016	37,835	37,158	87,885	86,334	86,688
3	0,516	0,620	0,588	8,606	10,326	9,803	96,491	96,659	96,490
4	0,186	0,186	0,190	3,102	3,092	3,164	99,593	99,751	99,655
5	0,019	0,014	0,014	0,319	0,227	0,238	99,912	99,979	99,893
6	0,005	0,001	0,006	0,088	0,021	0,107	100	100	100

En la tabla 5 se muestra (para cada una de las seis variables) el peso de los dos factores, o sea, el valor de las correlaciones, y por tratarse de la matriz factorial rotada estos valores son equivalentes a la matriz de cargas factoriales (Bisquera, 1989). El análisis de dicha matriz permitió simplificar la interpretación y la asignación de nombre a los factores. El primer factor, para A y C, estuvo asociado con las variables contenido de humedad de las semillas (CHsem.), edad de las semillas (EFsem.) y temperatura máxima (Tmax.); mientras que para C esta última no se destacó y según el valor de las cargas (r^2) para los tres tratamientos, podría denominarse 'elementos intrínsecos de la semillas'. El segundo factor apareció tipificado por Hrmax. (humedad relativa máxima) en los tres tratamientos, la humedad relativa mínima (Hrmin.) para A y C, así como Tmin. (temperatura mínima) en B y C; a este factor podría asignarse el nombre de 'elementos extrínsecos de las semillas'.

Se concluye que el método de secado artificial (silicagel) fue el más apropiado para retardar el deterioro de las semillas de *B. purpurea* almacenadas en las condiciones ambientales que prevalecen en Cuba; dicho método permitió mantener los índices de calidad en valores aceptables para este tipo de almacenamiento y multiplicar considerablemente la longevidad, en comparación con los métodos en que las semillas se secaron dentro y fuera de las legumbres, pero de forma natural (al sol).

Los factores que más influyeron en el ritmo de la pérdida de la calidad de las semillas de *B.*

temperature) in B and C; this factor could receive the name of 'extrinsic elements of the seeds'.

The method of artificial drying (silica gel) was concluded to be the most appropriate one for delaying the deterioration of *B. purpurea* seeds stored under the ambient conditions that prevail in Cuba; such method allowed to maintain the quality indexes in values acceptable for this type of storage and multiply considerably longevity, as compared to the methods in which the seeds were dried inside and outside the pods, but naturally (under sunlight).

The factors that influenced the most the rate of quality loss of *B. purpurea* seeds were moisture content and age (factor 1), due to their higher contribution in the final percentage.

--End of the English version--

purpurea fueron el contenido de humedad y la edad (factor 1), debido a su mayor contribución en el porcentaje final.

Referencias bibliográficas

- Bewley, J.D. & Black, M. 1994. Seeds. Physiology of development and germination. 2nd ed. Plenum Press, New York-London. 445 p.
- Bisquera, R. 1989. Introducción conceptual al análisis multivariante. Un enfoque informático con los paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD. Vol. I y II. Promociones y Publicaciones Universitarias S.A., Barcelona
- 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.

Tabla 5. Valores de las correlaciones (r^2) entre los tres factores extraídos y las variables estudiadas.

Table 5. Values of the correlations (r^2) between the three factors extracted and the variables studied.

Variable	Factor 1			Factor 2		
	A	B	C	A	B	C
CHsem.	0.545	0.541	0.537	-0.077	-0.064	-0.081
EFsem.	0.513	0.552	0.532	-0.147	0.013	-0.128
Hrmax.	-0.022	-0.176	-0.037	0.630	0.590	0.626
Hrmin.	0.220	0.332	0.236	-0.557	-0.449	-0.544
Tmax.	-0.511	-0.454	-0.502	-0.148	-0.315	-0.174
Tmin.	-0.361	-0.234	-0.345	-0.493	-0.589	-0.509

- Czabator, F.J. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*. 8:386
- Djavanshir, K. & Pourbeik, H. 1976. Germination value – a new formula. *Silvae Genetica*. 25:79
- González, Yolanda. 2003. Comportamiento germinativo y deterioro de las semillas de *Bauhinia purpurea* almacenadas al ambiente. *Pastos y Forrajes*. 26:115
- Harrington, J.K. 1972. Seed storage and longevity. In: Seed biology. (T.T. Kozlowski, Ed.). Academic Press, New York. Vol III, p. 145
- Hernández, Marta. 2000. Efecto de la adición de forraje de *Bauhinia purpurea* sobre la producción y calidad de *Panicum maximum*. *Pastos y Forrajes*. 23:141
- ISTA. 1999. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*. 27. Supplement.
- Navarro, Marlen. 2003. Desempeño fisiológico de las semillas de árboles leguminosos de uso múltiple en el trópico. *Pastos y Forrajes*. 26:97
- Navarro, Marlen & González, Yolanda. 2000. Almacenamiento de las semillas de *Gliricidia sepium* bajo condiciones ambientales en Cuba. *Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales*. 24:6
- Norusis, M. 1993. SPSS for Windows. Professional Statistics. Release 6.0. SPSS Inc. Chicago
- Obis, Teresa. 1998. Análisis factorial, discriminante y cluster. Técnicas de investigación. Publicación docente. Departamento de Economía de la Empresa-Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. 71 p.
- Powell, H. 1997. *Calliandra calothyrsus* production and use. A field manual. Winrock International Institute for Agricultural Development. Arkansas, USA. 62 p.
- Roothaert, R.L.; Samson, J. & Kerridge, P.C. 2001. Management of forage crops for smallholders in S.E. [southeast] Asia and its possible implications on the quality of farm land. Asian Agriculture Congress. Manila, Philippines. p. 54
- SAS® User's Guide: Statistics, Version 6.12. 1996. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Toral, Odalys & González, Yolanda. 1999. Efecto del agua caliente en la germinación de diez especies arbóreas. *Pastos y Forrajes*. 22:111

Recibido el 28 de junio del 2007
Aceptado el 4 de octubre del 2007

NUEVA LÍNEA DE TRABAJO EN LA EEPF “INDIO HATUEY”

Proyecto: Sostenibilidad productiva del Silvopastoreo en explotaciones de bovinos y búfalos



Introducción de búfalos en un contexto agroforestal de la EEPF “Indio Hatuey”

“Una idea, un camino y un compromiso con la producción pecuaria sostenible”