

## Effects of scarification and storage on vigor expression of *Albizia lebeck* (L.) Benth seeds

### Efectos de la escarificación y el almacenamiento en la expresión del vigor de las semillas de *Albizia lebeck* (L.) Benth

Marlén Navarro<sup>1</sup>, G. Febles<sup>2</sup> and Verena Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estación Experimental "Indio Hatuey". Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".  
Central España Republicana. CP44280. Matanzas, Cuba

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central, km 47 y ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba  
Email: boulandier@ihatuey.cu

An experiment was developed to estimate vigor of *A. lebeck* seeds, related to the effect of scarification treatments (sulfuric acid, hot water, 24 h soak, cover cutting, puncture and control) and storage time (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 months after initiated the storage, mais) with vigor expression. According to the methodology, the analyzed variables were: days before the beginning of emergence (E), percentage of final emergence during test period (Emer), peak day (PD), peak emergence (PE), germination value (GV), germination energy (Ener) and emergence rate (ER). These variables were evaluated at the nursery. A general assessment of results shows the negative effects of acid and hot water methods on vigor expression of albizia seeds. It may be concluded that pre-sowing treatments, applied through dry and wet scarification, showed cut efficiency of cover and soak, respectively, as promoting methods of germination, emergence and efficiency of vigor. Except acid and hot water treatments, the rest of the treatments showed the best expression of variables related to vigor at 3 mais.

Key words: *germination, emergence, greenhouse*

The main challenge of researches on vigor tests is the identification of indicators related to seed deterioration, which precedes the loss of germination ability and quality (Navarro *et al.* 2015).

Vigor tests are based on concepts like stress resistance, germination speed, membrane integrity and plantlet development (Matthews *et al.* 2012). Detection of seed deterioration through vigor tests may be considered as an important component in the evaluation of elements related to quality and contributes to the particular characterization of seed industry and solution of problems, like storing. In addition, for dormant seeds, it is essential to decide which pre-sowing treatment should be used, resulting in a better security and success of planting with each seed lot.

Navarro *et al.* (2012) stated the conceptual bases to establish the importance and efficiency of some biological variables during storing of seeds, in relation to vigor variability. Therefore, these authors adapted the statistical model of Torres *et al.* (2008) for measuring impact of innovation or technological transfer in agricultural and livestock field, and proposed

Se desarrolló un experimento para estimar el vigor de las semillas de *A. lebeck*, relacionando el efecto de los tratamientos de escarificación (ácido sulfúrico, agua caliente, remojo 24 h, corte de cubierta, pinchazo y control) y el tiempo de almacenaje (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 meses de iniciado el almacenamiento, mdia) con la expresión del vigor. De acuerdo con la metodología, se evaluaron en vivero, las variables: días para el inicio de la emergencia (IE), porcentaje de emergencia final para el período de la prueba (Emer), día pico (DP), emergencia pico (EP), valor de la germinación (VG), energía de germinación (Ener) y tasa de emergencia (TE). Una valoración general de los resultados muestra la afectación que producen los métodos del ácido y el agua caliente en la expresión del vigor de las semillas de albizia. Se concluye que los tratamientos pre-siembra, aplicados mediante la escarificación seca y húmeda mostraron la eficacia del corte de cubierta y el remojo, respectivamente, como métodos propulsores de la germinación, la emergencia y la eficiencia del vigor. Con excepción de los tratamientos con ácido y agua caliente, el resto mostró la mejor expresión de las variables relacionadas con el vigor a los 3 mdia.

Palabras clave: *germinación, emergencia, vivero*

El principal desafío de las investigaciones sobre pruebas de vigor está en la identificación de indicadores relacionados con el deterioro de las semillas, que preceden a la pérdida de la capacidad germinativa y la calidad (Navarro *et al.* 2015).

Las pruebas de vigor se basan en conceptos como la resistencia al estrés, la velocidad de germinación, la integridad de las membranas y el desarrollo de las plántulas (Matthews *et al.* 2012). La detección del deterioro de las semillas mediante las pruebas de vigor puede ser entendida como un componente importante en la evaluación de los elementos relacionados con la calidad y contribuye a la caracterización particular de la industria semillera y a la solución de problemas, como el almacenamiento. Sin obviar que para las semillas dormantes, se hace imprescindible decidir qué tratamiento presiembra se debe utilizar, lo que trae como consecuencia mayor seguridad y éxito en la plantación que se realice con cada lote de semilla.

Navarro *et al.* (2012) plantearon las bases conceptuales para establecer la importancia y eficiencia de algunas variables biológicas durante el almacenaje de las simientes en su relación con la variabilidad del vigor. Para ello, adecuaron el modelo estadístico de Torres *et al.* (2008) para

an original and integral methodology for seed vigor estimation, as a quality indicator and later sowing success of plantation.

Previously, Febles *et al.* (2011a, b) used the method of Torres *et al.* (2008), to determine the influence of edaphoclimatic factors on the production of tree, forage legumes and grass seeds in different regions of Cuba.

In a general sense, although there are several methods available for testing vigor with established procedures and reliable results, there is always a chance for improvements or inclusion of more precise, objective and registered alternatives (Filho 2011). Therefore, the objective of this experiment was to estimate vigor of *A. lebeck* seeds, related to the effect of treatments of scarification and storing time with vigor expression.

### Materials and Methods

In March, for three consecutive years, *A. lebeck* seeds were collected in a plantation from the Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”.

In order to evaluate vigor expression, a methodology proposed by Navarro *et al.* (2012) was used, through the study of variables measured during the emergence of plantlets in each pre-sowing treatment at the greenhouse, under the sun. Six methods of scarification were evaluated in 13 storage times. For sowings, bags with a substratum composed by a mixture of red ferrallitic soil and organic matter were used, equally distributed (1:1). Before sowing, different methods of scarification (table 1) were applied, and there was a control, in which seeds received no pre-sowing treatment.

Evaluation frequency corresponded to storing times: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 mais. Irrigation was carried out until reaching field capacity of substratum.

According to the procedures described by Navarro *et al.* (2012), the analyzed variables were: days before the beginning of emergence (E), percentage of final emergence during test period (Emer), peak day (PD) peak emergence (PE), germination value (GV), germination energy (Ener) and emergence rate (ER). These variables were evaluated at the greenhouse, under the sun.

la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria, y propusieron una metodología original e integral para la estimación del vigor de las semillas, como indicador de la calidad y el éxito posterior de la siembra de una plantación.

Con anterioridad, Febles *et al.* (2011a, b) emplearon el método de Torres *et al.* (2008), para determinar la influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras y arbóreas en diferentes regiones de Cuba.

De un modo general, aunque existen varios métodos disponibles para probar el vigor con procedimientos definidos y resultados confiables, siempre existen oportunidades para el mejoramiento o la inclusión de alternativas precisas, objetivas y padronizables (Filho 2011). Por ello, el objetivo de este experimento fue estimar el vigor de las semillas de *A. lebeck*, relacionando el efecto de los tratamientos de escarificación y el tiempo de almacenaje con la expresión del vigor.

### Materiales y Métodos

En marzo, durante tres años consecutivos, se colectaron semillas de *A. lebeck* en una plantación de las áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”.

Para evaluar la expresión del vigor se utilizó la metodología propuesta por Navarro *et al.* (2012), mediante el estudio de las variables medidas durante la emergencia de plántulas en cada tratamiento presiembra en el vivero, a pleno sol. Se evaluaron seis métodos de escarificación en 13 tiempos de almacenamiento. Para las siembras, se utilizaron bolsas con un sustrato compuesto por una mezcla de suelo ferralítico rojo y materia orgánica, en partes iguales (1:1). Antes de la siembra, se procedió a la aplicación de diferentes métodos de escarificación (tabla 1), y además se mantuvo un control, en el que las semillas no recibieron ningún tratamiento presiembra.

La frecuencia de evaluación se correspondió con los tiempos de almacenamiento: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 meses/d. El riego se realizó hasta alcanzar la capacidad de campo del sustrato.

De acuerdo con los procedimientos descritos por Navarro *et al.* (2012), las variables que se evaluaron en el vivero a pleno sol fueron: días para el inicio de la emergencia (IE), porcentaje de emergencia final para el período de la prueba (Emer), día pico (DP), emergencia

Table 1. Methods of scarification used before sowing in the greenhouse under the sun

Method	Procedure
Acid	Exposure to H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> at 96% of concentration for 15 min.
Hot water	Immersion in H <sub>2</sub> O at 800C for 3 min.
Soaking	Immersion in H <sub>2</sub> O a room temperature for 24 h
Puncture	Puncture with entomological needle, dorsiventral region of seed
Cover cut	Light cut of seminal cover in the area opposite to the embryo
Control	-

Later, and according to the proposed methodology, variables more related to vigor variability were defined. The relationship between biological variables and storing time was determined through the efficiency index (Ef), for establishing vigor groups, which will be composed by different storing times per each of the evaluated scarification treatments.

For processing the obtained information, the statistical model proposed by Torres *et al.* (2008) was used, and with data obtained from the evaluations at the greenhouse, a matrix of data was produced and premises of the application of multivariate methods were confirmed with the matrix of correlation. Statistical analysis allowed, first, to identify and select the order of importance of variables in the explanation of vigor variability and, second, classify the evaluations (storing times) according to pre-sowing scarification methods with support of efficiency index (Ef) and definition of groups with low and high vigor per each pre-sowing method. The statistical software SPSS, version 15 (StatPoint Technologies 2010) was used.

### Results and Discussion

Eigenvalues and explained variance (tables 2 and 3) evidenced that, in each evaluated pre-sowing method, variability was superior to 85 %, when most of them were grouped in the two first main components. According to Martín *et al.* (2008), this is interpreted as an accurate selection of variables that could be related to vigor.

*Identification of importance order of variables related to vigor.* Emergence, as the emergence rate, appear as the variables with higher preponderance values in all used treatments, even in the control (tables 2 and 3). This performance indicates that emergence rate is an indicator of considerable importance for vigor estimation, in agreement with Copeland and McDonald (2001) and Laskowski and Bautista (2002). This may be a negative factor from

pico (EP), valor de la germinación (VG), energía de germinación (Ener) y tasa de emergencia (TE).

Posteriormente, y en concordancia con la metodología propuesta por los autores citados, se procedió a la definición de las variables que más se relacionan con la variabilidad del vigor. Se determinó la relación entre las variables biológicas y el tiempo de almacenamiento mediante el índice de eficiencia (Ef), para finalmente establecer los grupos de vigor, que estarán conformados por diferentes tiempos de almacenaje para cada uno de los tratamientos de escarificación evaluados.

Para el procesamiento de la información obtenida, se utilizó el modelo estadístico propuesto por Torres *et al.* (2008), según el cual con los datos obtenidos de las evaluaciones en el vivero se construyó la matriz de datos a procesar y se comprobaron las premisas de aplicación de los métodos multivariados, con la utilización de la matriz de correlación. Los análisis estadísticos permitieron, en primer lugar, identificar y seleccionar el orden de importancia de las variables en la explicación de la variabilidad del vigor y, en segundo lugar, clasificar las evaluaciones (tiempos de almacenamiento) según los métodos de escarificación presiembra, con apoyo del índice de eficiencia (Ef) y la definición de los grupos de vigor alto y bajo para cada método presiembra en particular. Se empleó el software estadístico SPSS, versión XV (StatPoint Technologies 2010).

### Resultados y Discusión

Los valores propios y la varianza explicada (tablas 2 y 3) evidencian que, en cada método presiembra evaluado, la variabilidad fue superior a 85 %, cuando se agruparon la mayoría de ellas en los dos primeros componentes principales. Según Martín *et al.* (2008), esto se interpreta en el sentido de que se llevó a cabo una selección acertada de las variables que pudieran estar relacionadas con el vigor.

*Identificación del orden de importancia de las variables relacionadas con el vigor.* La emergencia, como la tasa de emergencia, aparecen entre las variables con mayores valores de preponderancia en todos los

Table 2. Matrix of factors of preponderance among main components (MC) and biological variables associated to vigor for wet scarification

Variable	Acid		Water		Soak	
	MC 1	MC 2	MC 1	MC 2	MC 1	MC 2
Beginning of emergence, d	0.01	0.98	0.57	0.60	0.03	0.90
Emergence, %	0.95	0.24	0.93	0.32	0.98	0.04
Peak day, d	0.15	0.97	0.57	0.74	0.43	0.77
Peak emergence, d	0.89	0.31	0.97	0.22	0.84	0.04
Germination value	0.84	-0.29	0.24	0.90	0.77	-0.55
Germination energy, %/d	0.95	-0.09	0.21	0.96	0.45	-0.87
Emergence rate, %/d	0.95	0.24	0.93	0.32	0.98	0.04
Eigenvalues	4.39	2.08	5.15	1.15	3.70	2.35
% explained variance	62.73	29.68	73.61	16.49	52.82	33.55
% accumulated variance	62.73	92.41	73.61	90.11	52.82	86.37

Table 3. Matrix of factors of preponderance among main components (MC) and biological variables associated to vigor for dry scarification and control

Variables	Puncture		Cut		Control	
	MC 1	MC 2	MC 1	MC 2	MC 1	MC 2
Beginning of emergence, d	-0.07	0.98	-0.12	0.97	-0.32	0.90
Emergence, %	0.98	0.08	0.98	0.03	0.99	-0.02
Peak day, d	0.01	0.99	-0.11	0.99	0.13	0.96
Peak emergence, d	0.97	-0.10	0.92	-0.19	0.91	-0.12
Germination value	0.98	-0.10	0.94	-0.25	0.97	-0.04
Germination energy, %/d	0.99	-0.12	0.93	-0.32	0.96	-0.21
Emergence rate, %/d	0.98	0.08	0.98	0.03	0.99	-0.02
Eigenvalues	4.83	1.97	4.83	1.83	4.90	1.67
% explained variance	68.99	28.13	68.99	26.09	69.97	23.89
% accumulated variance	68.99	97.13	68.99	95.09	69.97	93.86

an agricultural point of view, because it does not allow to achieve, at the same time, a uniform plant population, regarding size and quality. On the other hand, emergence of plantlets is mainly related to time and speed of seed germination, which may be influenced by biotic and abiotic factors, as well as the election of sowing date (Gardarin *et al.* 2011).

This is related to results reported by Navarro *et al.* (2010a, b), because the pre-sowing methods used during time were important for the process of germination and emergence, which expressions are evaluated in this experiment. A definite removal of variables should not be applied on further studies because an analysis of tables 2 and 3 indicates that variables from components 1 and 2 were 71 % of all wet scarification and 100 % of dry (including control), after considering higher and equal to 0.90 values of preponderance.

When sulfuric acid was used as wet scarification method, variables emergence, energy and emergence rate were equally important in the main component 1(MC1). In the second component (MC2), variables beginning of emergence and peak day were also highlighted.

For hot water in MC1, the most important variables were emergence, peak emergence and emergence rate. In MC2, the essential ones were germination value and energy. For MC1 of soak method, emergence and emergence rate were the best variables and, in the second component, only the beginning of emergence was high.

For dry scarification and control, variables selected in MC1 were emergence, emergence peak, germination value, energy and rate of emergence, with similar values. In MC2, beginning of emergence and peak day were selected (table 2).

Because these mentioned variables vary the most, numerically, it may be stated that, through its analysis, seed vigor may be estimated.

tratamientos empleados, incluso en el control (tablas 2 y 3). Este comportamiento indica que la tasa de emergencia es un indicador de considerable importancia para la estimación del vigor, lo que concuerda con lo referido por Copeland y McDonald (2001) y Laskowski y Bautista (2002). Este puede ser un factor adverso desde el punto de vista agrícola, ya que no permite lograr simultáneamente una población uniforme de plantas, en cuanto a tamaño y calidad. Por otra parte, la emergencia de plántulas se relaciona, principalmente, con el tiempo y la velocidad de germinación de las semillas, lo que está condicionado por factores bióticos y abióticos, sin dejar de mencionar la elección de la fecha de siembra (Gardarin *et al.* 2011).

Lo anterior se relaciona con los resultados informados por Navarro *et al.* (2010a, b), ya que los métodos presiembra empleados en el tiempo fueron importantes en el proceso de germinación y emergencia, que son procesos cuyas expresiones se evalúan en este experimento. No se debe aplicar el criterio de eliminar variables de manera definitiva en estudios subsiguientes, pues un análisis de las tablas 2 y 3 indica que las variables que aparecen en los componentes 1 y 2 fueron de 71 % del total en la escarificación húmeda y de 100 % en la seca (incluye el control), al considerar valores de preponderancia mayores e iguales a 0.90.

Cuando se empleó el ácido sulfúrico como método de escarificación húmeda, se encontró que en la componente principal 1 (CP1), se destacaron igualmente las variables emergencia, energía y tasa de emergencia. En la segunda componente (CP2), las variables inicio de emergencia y día pico resultaron también importantes.

Para el agua caliente en la CP1, las variables más importantes fueron: emergencia, emergencia pico y tasa de emergencia. Para la CP2, resultaron ser el valor de germinación y la energía. Mientras que para la CP1 del método de remojo, sobresalieron la emergencia y la tasa de emergencia y, en la segunda, únicamente el inicio de la emergencia.

Para la escarificación seca y el control, las variables seleccionadas en la CP1 fueron: emergencia, emergencia



Emergence rate is positively related to fast emergence in the field and to the development of many species of plantlets, while fast emergence is an obvious advantage for plantlet establishment. Filho (2005) defines germination speed as one of the first properties that are affected during seed deterioration process. Therefore, germination speed is an expression of seed vigor. According to Schmidt (2000), it is called "germination energy".

Time of emergence, usually, determines whether a plant may successfully compete with its surroundings, it is consumed by herbivorous or flowers, reproduces and matures appropriately at the end of its growing stage (Forcella *et al.* 2000). Therefore, an emergence in short periods of time is also an indicator of high vigor in seeds.

Santorum *et al.* (2013), after evaluating vigor in soybean seeds, found that emergence rate, germination speed index and emergence speed were the tests of better correlation to emergence. Similar results were obtained in this study, after selecting variables with better relation in the expression of vigor variability.

*Clasificación de storing times for every pre-sowing scarification methods.* Tables 4 and 5 show the efficiency of each variable for vigor estimation, after seeds are sown at different storing times. Navarro *et al.* (2012) stated that efficiency index depends on variables with the highest preponderance, and also expressed that the highest positive values indicate which have more influence on a particular storing time.

*Wet scarification.* For acid method, in the evaluation at 4 mais, there were better expressions of MC1 variables, without underestimating those values that appear at 9 and 11 mais, while at 6 and 7 mais, these variables had the worst expression.

In MC2 of this method, the analysis should be the opposite. Therefore, the best variables were more efficient at 1, 2, 4 and 8 mais. This is because it is more convenient, for a successful sowing, an emergence that starts as early as possible and, in turn, that the highest number of seedlings achieve emerge in the shortest time, what has been reported by Forcella *et al.* (2000) and Guretzky *et al.* (2004). Higher values for the variables start emergency and peak day are considered undesirable effects, as apparently happened at 0, 7 and 9 mais.

In the hot water method, variables that typify MC1 showed the best positive effect, only at 9 mais, as well as at 0 and 4 mais for MC2, while the effect was negative for 9 mais in this same component. In this storing time, there was the worst expression of variables of MC2 (value of germination and energy). It is necessary to highlight that results of the experiment did not favor these two pre-sowing methods because, in the case of this study, these are aggressive

pico, valor de germinación, energía y tasa de emergencia, con valores muy similares. En la CP2, se seleccionaron el inicio de emergencia y día pico (tabla 2).

Debido a que las variables mencionadas son las que más varían, en términos numéricos, se puede afirmar que mediante su análisis se puede estimar el vigor de las semillas.

La tasa de emergencia se relaciona positivamente con la rápida emergencia en el campo y con el desarrollo de las plántulas de muchas especies; mientras que la emergencia rápida es obviamente una ventaja para el establecimiento de las plántulas. Filho (2005) define a la velocidad de germinación como una de las primeras propiedades que se afectan durante el proceso de deterioro de las semillas. La velocidad de germinación es, por lo tanto, una expresión del vigor de la semilla. Según Schmidt (2000), se le denomina 'energía de germinación'.

El tiempo de emergencia muchas veces determina si una planta puede competir exitosamente con sus vecinos, si es consumida por los herbívoros y si florece, se reproduce y madura apropiadamente al final de su etapa de crecimiento (Forcella *et al.* 2000). Por consiguiente, una emergencia en períodos de tiempo cortos también es indicio de vigor alto en las semillas.

Santorum *et al.* (2013), al evaluar el vigor de las semillas de soya, hallaron que la tasa de emergencia, el índice de velocidad de germinación y la velocidad de emergencia son las pruebas que mejor se correlacionan con la emergencia. Resultados similares se obtuvieron en este experimento, al seleccionar las variables con mayor relación en la expresión de la variabilidad del vigor.

*Clasificación de los tiempos de almacenamiento para cada método de escarificación presembrado.* Las tablas 4 y 5 muestran la eficiencia de cada una de las variables para la estimación del vigor, cuando las semillas se siembran a diferentes tiempos de almacenamiento. Navarro *et al.* (2012) plantearon que el índice de eficiencia depende de las variables de mayor preponderancia, y además definieron que los valores positivos más altos indican cuáles tienen más influencia en cada tiempo de almacenamiento particular.

*Escarificación húmeda.* Para el método del ácido, en la evaluación a 4 mdia fue donde mejor se expresaron las variables de la CP1, sin subestimar los valores que aparecen a 9 y 11 mdia, mientras que en 6 y 7 mdia fue donde peor se expresaron.

En la CP2 de este método, el análisis se debe hacer a la inversa. Por lo tanto, las mejores variables fueron más eficientes a 1, 2, 4 y 8 mdia. Esto se debe a que resulta más conveniente para el éxito de la siembra que la emergencia comience lo más tempranamente posible y, a su vez, que la mayor cantidad de plántulas logren emerger en el menor tiempo, lo que ha sido informado por Forcella *et al.* (2000) y Guretzky *et al.* (2004). Valores altos para las variables inicio de emergencia y día pico se consideran como efectos indeseables, tal y como aparentemente sucedió a 0, 7 y 9 mdia.

En el método del agua caliente se observó que las

Table 4. Matrix of efficiency of variables related to vigor in wet scarification

Storage (mais)	Efficiency index					
	Acid		Water		Soak	
	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2
0	0.01	1.22	0.63	1.43	0.10	0.84
1	-0.94	-1.25	-0.48	-0.42	1.24	0.21
2	-0.43	-1.12	-0.48	-0.36	0.05	0.00
3	-0.67	0.11	-0.65	-0.72	1.64	-2.00
4	2.10	-1.23	0.58	2.15	1.47	0.39
5	-0.98	-0.50	-0.65	-0.72	0.28	0.95
6	-1.09	0.57	-0.18	0.08	0.33	0.82
7	-1.09	1.08	-0.03	0.35	-0.59	0.48
8	-0.14	-1.45	-0.07	0.88	-0.57	-0.98
9	0.91	1.26	2.99	-1.41	-1.59	-1.82
10	0.62	0.45	-0.38	0.20	-0.40	-0.18
11	0.94	0.12	-0.65	-0.72	-0.73	0.42
12	0.75	0.73	-0.65	-0.72	-1.23	0.89

pre-treatments that affect, probably, the embryo. This is consistent with the criteria of Navarro *et al.* (2010a, b).

In the case of soak, it did not occur in the same way. Storing times in which emergence and emergence rate (MC1) had the best expression were 1, 3 and 4 mais. The highest index was at 3 mais and the worst were found at 9 and 12 mais. According to efficiency index, the most negative value for the beginning of emergence (MC2) appeared at 3 mais, but this is biologically beneficial because if there is a high number of days, the delay for the beginning of emergence is lower.

Although the analysis of main components (AMC) only identified three variables in soak, this is not a deficiency of the method because these three are related to important measures in the development and growth of plantlets. Obviously, emergence is a manifestation of seed vigor and, together with emergence rate, it is supposed that plantlets emerge at a faster rate, which is maximized in those plantlets that emerge at a lower time. This coincides with reports from Salinas *et al.* (2001) y Valadez *et al.* (2007).

As previously stated, it is important to highlight that, in the control, all studied variables were distributed between both components. This may indicate that, due to the negative effect of acid and hot water, performance of peak emergence and germination value was affected for the acid method. For hot water, the affected variables were peak day and emergence rate. The fact that these variables had no influence on storing time may be an indication of deterioration of quality and, consequently, seed vigor. This idea was similar to that stated by Mandal *et al.* (2000) and Rajasekaran *et al.* (2005). These indicators

variables que tipifican la CP1 mostraron el mayor efecto positivo, solo a 9 mdia, al igual que a 0 y 4 mdia para la CP2; mientras que en esta misma componente fue negativo para 9 mdia. En este tiempo de almacenaje fue donde peor se expresaron las variables de la CP2 (valor de germinación y energía). Es necesario resaltar que los resultados del experimento no favorecieron a ninguno de estos dos métodos presiembra, debido a que en el caso particular de este estudio se comportan como pretratamientos agresivos que afectan, probablemente, el embrión. Esto concuerda con los criterios de Navarro *et al.* (2010a, b).

En el remojo no ocurrió exactamente así. En este caso, los tiempos de almacenaje en que mejor se expresaron la emergencia y la tasa de emergencia (CP1) fueron 1, 3 y 4 mdia. Se destacó 3mdia con el índice más alto, y en la peor situación se encontraron 9 y 12 mdia. Mientras, según el índice de eficiencia, a 3 mdia se exhibió el valor más negativo para el inicio de la emergencia (CP2), pero esto es biológicamente beneficioso, pues a mayor número de días, menor retraso para el inicio de la emergencia.

Aunque en el remojo el análisis de componentes principales (ACP) sólo identificó tres variables, esto no constituye una deficiencia del método, ya que las tres están vinculadas con medidas trascendentes en relación con el desarrollo y crecimiento de las plántulas. Obviamente, la emergencia es una manifestación del vigor de las semillas, y si a ello se une la tasa de emergencia, se presupone que las plántulas emergen a un ritmo más rápido, lo que se maximiza en aquellas plántulas que logran emerger en el menor tiempo. Esto coincide con lo informado por Salinas *et al.* (2001) y Valadez *et al.* (2007).

Como se expresó anteriormente, no se puede obviar que en el control todas las variables estudiadas estuvieron distribuidas entre las dos componentes. Esto puede ser indicativo de que por el efecto negativo del ácido y el agua caliente, se afectó el comportamiento de las variables

are essential for the processes of germination, emergence and development so there should be a logic agreement to the performance of crops in the field.

*Dry scarification and control.* Regarding vigor manifestation, puncture and cut were less aggressive than acid and hot water. Previously, the way in which both methods may contribute to performance of germination and emergence was stated, which is confirmed with the values from table 5

According to this table, there was a positive performance for variables that typify MC1, sowing seeds that received a puncture at 3 mais. Likewise, there were positive results of sowings at 0, 5 and 9 mais, for selected indicators in MC2. At 2 and 4 mais, there were negative results.

In the case of cover cut, at 2 and 3 mais, there was a better expression of MC1 variables, and at 5 mais for

emergencia pico y valor de germinación para el método del ácido; mientras que para el agua caliente se afectaron las variables día pico y tasa de emergencia. El hecho de que estas variables no influyeran en el tiempo de almacenamiento, puede ser un indicativo del deterioro de la calidad y por ende, del vigor de las semillas. Esta idea fue muy similar a la expresada por Mandal *et al.* (2000) y Rajasekaran *et al.* (2005). Estos indicadores son esenciales en los procesos de germinación, emergencia y desarrollo, por lo que deben tener una lógica correspondencia con el comportamiento de las siembras en el campo.

*Escarificación seca y control.* En cuanto a la manifestación del vigor, el pinchazo y el corte fueron menos agresivos que el ácido y el agua caliente. Antes se explicó la forma en que ambos métodos pueden contribuir al comportamiento de la germinación y la emergencia, lo que se refleja en los resultados que se presentan en la tabla 5.

Según muestra esta tabla, para las variables que

Table 5. Matrix of efficiency of variables related to vigor in dry scarification and control

Storage (mais)	Efficiency index					
	Puncture		Cut		Control	
	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2
0	0.08	1.05	-0.80	0.34	-0.93	-0.43
1	0.70	0.50	0.55	0.96	0.52	0.32
2	-0.42	-2.14	1.16	-0.19	0.81	-1.28
3	2.73	-0.64	2.54	-1.16	1.37	-0.91
4	-0.37	-1.05	-0.37	-1.15	1.11	0.67
5	-0.67	1.12	-0.54	1.31	-0.57	1.81
6	0.79	0.71	0.26	0.79	1.45	0.81
7	0.55	0.31	0.24	0.92	0.73	-0.05
8	-0.80	-0.59	-1.31	-1.91	-0.72	-1.26
9	-0.65	1.41	-0.27	0.91	-0.98	1.05
10	-0.81	-0.59	-0.81	-0.68	-1.08	-1.37
11	-0.52	-0.13	-0.22	-0.35	-0.75	0.55
12	-0.61	0.02	-0.44	0.21	-0.97	0.09

MC2. The worst values were found at 8 mais (MC1) and at 3, 4 and 8 mais (MC2) for variables beginning of emergence and peak day.

In control treatment, the best values appeared at 3, 4 and 6 mais for the best represented variables in MC1. For MC2, the most positively related storing times were 5 and 9 mais, while the most negative were 2, 8 and 10 mais.

These results agree with reports of Navarro *et al.* (2010a, b), which refer that cut showed high efficiency in the surpassing of dormant states for *A. lebeck* species.

According to the highest positive Ef value, which corresponds to a determined storing time, should be the rest of the times that could show an acceptable and similar performance of vigor. In order to

tipifican la CP1 hubo un comportamiento positivo, al sembrar las semillas que recibieron un pinchazo a 3 mdia. Igualmente positivos fueron los resultados de las siembras a 0, 5 y 9 mdia, para los indicadores seleccionados en la CP2. No fue así para 2 y 4 mdia, evaluaciones en las que los resultados fueron negativos.

En el caso del corte de cubierta, 2 y 3 mdia fueron los tiempos de almacenamiento en los que mejor se expresaron las variables de la CP1, y a 5 mdia las de la CP2. Los peores valores se encontraron a 8 mdia (CP1) y a 3, 4 y 8 mdia en las variables inicio de emergencia y día pico (CP2).

En el tratamiento control, los mejores valores correspondieron a 3, 4 y 6 mdia para las variables mejor representadas en la CP1. Mientras que para la CP2 fueron 5 y 9 mdia los tiempos de almacenamiento relacionados más positivamente; los más negativos, 2, 8 y 10 mdia.

verify this statement, a conglomerate analysis was conducted.

*Group formation.* From the efficiency indexes in each pre-sowing method, there was an analysis of the existence of storing times with similar performances, so responses to pre-sowing methods were the most efficient as possible in the estimation of seed vigor.

In the grouping process of each pre-sowing method, it was decided to perform the cut for a certain dissimilarity coefficient (table 6), which favored the classification of storing period (evaluations) and the formation of groups. Space representation of dissimilarity coefficient in known as dendrogram. According to Hair *et al.* (1999), this is a quantitative estimator that describes the degree of association of similarity among compared elements.

*Definition of vigor groups.* For the selection of groups, where vigor was more efficiently expressed, those selected had the best global performance in variables with the best preponderance in the MCI for each scarification method.

*Acid.* In the evaluation at 4 mais (group IV), the highest means appeared for variables germination value, emergence, energy and rate of emergence (table 7). In

Estos resultados están en correspondencia con los informes de Navarro *et al.* (2010a, b), en los que refiere que el corte mostró alta eficacia en la superación de los estados dormantes para la especie *A. lebeck*.

En torno al valor del Ef positivo más alto, que se corresponde con un tiempo de almacenamiento determinado, deben estar los otros tiempos, que pueden presentar un comportamiento similar y aceptable del vigor. Para verificar esta consideración, se realizó el análisis de conglomerado.

*Formación de los grupos.* A partir de los índices de eficiencia en cada método presiembra, se procedió a analizar la existencia de tiempos de almacenamiento con comportamientos similares, para que las respuestas a los métodos presiembra fueran lo más eficaces y eficientes posible en la estimación del vigor de las semillas.

En el proceso de aglomeración en cada método presiembra, se decidió realizar el corte para un valor determinado del coeficiente de disimilitud (tabla 6), lo que dio lugar a la clasificación del período de almacenamiento (evaluaciones) y a la formación de los grupos. La representación espacial del coeficiente de disimilitud es lo que se conoce como dendrograma. Según Hair *et al.* (1999), este es un estimador cuantitativo, que describe el grado de asociación o semejanza entre los elementos comparados.

Table 6. Groups formed for the analysis of conglomerates for each pre-sowing method

Pre-sowing method	Dissimilarity coefficient	Formed groups	Evaluations, mais
Acid	1.29	I	0, 9, 10, 11 and 12
		II	1, 2 and 8
		III	3, 5, 6 and 7
		IV	4
Hot water	1.30	I	0 and 4
		II	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11 and 12
		III	9
Soak	1.89	I	0, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12
		II	1 and 4
		III	3
		IV	9
Puncture	1.86	I	0, 1, 5, 6, 7 and 9
		II	2
		III	3
		IV	4, 8, 10, 11 and 12
Cover cut	1.16	I	0, 1, 5, 6, 7, 9 and 12
		II	2
		III	3
		IV	4, 10 and 11
		V	8
Control	1.83	I	0, 8 and 10
		II	1, 4, 6 and 7
		III	2 and 3
		IV	5, 9, 11 and 12



addition, according to results of table 3, the highest positive value of efficiency index was registered at 4 mais.

It is important to state that the analysis allowed to determine that the highest value of vigor is expressed after the application of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as a pre-sowing treatment in seeds with 4 mais. Nevertheless, this criteria could be too rigid and, probably, it should be convenient to flexibilize this concept and evaluate

*Definición de los grupos de vigor:* Para la elección de los grupos donde se expresó más eficientemente el vigor, se seleccionaron aquellos en los que hubo mejor comportamiento global en las variables con mayor preponderancia en la CPI para cada método de escarificación.

*Ácido.* En la evaluación a 4 mdia (grupo IV), se presentaron los promedios más altos para las variables valor de germinación, emergencia, energía y tasa de emergencia (tabla 7). Además, de acuerdo con los

Table 7. Mean of variables and standard deviation of groups formed for seed vigor during plantlet emergence

Method	Groups	E, d		Emer, %		PD, d		PE, %		GV		Ener, %/d		ER, %/d	
		x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD
Acid	I	5.93	0.92	31.40	3.31	6.63	0.92	15.80	3.35	3.32	1.77	3.44	1.79	1.50	0.16
	II	2.33	0.29	6.44	5.39	2.67	0.29	3.78	2.78	1.29	1.21	1.37	1.33	0.31	0.26
	III	5.63	1.62	2.83	0.33	5.63	1.62	2.00	0.38	0.11	0.01	0.33	0.04	0.13	0.02
	IV	3.33	-	44.00	-	3.83	-	14.67	-	19.95	-	6.54	-	2.095	-
Water	I	8.25	2.00	18.83	3.06	11.25	1.06	6.67	1.41	2.20	0.80	1.24	0.40	0.90	0.15
	II	3.27	3.34	2.00	2.82	3.57	3.66	1.10	1.27	0.15	0.29	0.20	0.28	0.10	0.13
	III	7.00	-	29.33	-	7.67	-	13.00	-	0.02	-	0.02	-	1.40	-
Soak	I	6.43	2.36	14.15	8.25	7.91	2.83	5.37	4.24	1.84	0.76	1.36	0.62	0.67	0.39
	II	5.83	0.35	25.67	4.01	11.33	1.06	14.00	0.94	3.97	0.55	2.24	0.44	1.22	0.19
	III	3.00	-	31.00	-	4.33	-	10.00	-	7.65	-	4.05	-	1.476	-
	IV	2.33	-	0.33	-	2.33	-	0.33	-	2.73	-	2.69	-	0.016	-
Puncture	I	7.67	2.47	24.78	20.51	8.58	1.30	9.56	4.95	5.61	5.34	2.20	1.89	1.18	0.98
	II	1.67	-	9.33	-	1.67	-	8.67	-	3.79	-	1.73	-	0.44	-
	III	4.67	-	63.00	-	5.00	-	37.00	-	32.07	-	8.34	-	3.00	-
	IV	5.00	0.94	8.20	1.89	5.67	0.47	3.87	0.47	1.01	0.24	1.03	0.23	0.39	0.09
Cut	I	6.62	0.71	34.05	1.65	7.69	1.18	14.71	1.89	9.09	0.12	3.29	0.18	1.62	0.08
	II	5.00	-	59.67	-	5.00	-	56.33	-	33.86	-	11.27	-	2.841	-
	III	3.00	-	87.67	-	3.00	-	67.67	-	82.89	-	22.75	-	4.175	-
	IV	4.17	0.35	27.22	10.61	4.50	0.24	16.22	9.19	6.11	1.64	4.20	1.82	1.30	0.51
	V	2.33	0.71	6.67	-	2.33	-	3.33	-	1.35	-	1.56	-	0.317	-
Control	I	5.06	0.35	7.22	5.42	6.06	0.47	2.89	0.24	0.69	0.45	0.67	0.25	0.34	0.26
	II	6.42	0.47	32.54	9.07	9.13	1.30	11.92	1.65	7.29	2.11	2.61	0.08	1.55	0.43
	III	4.67	0.47	33.50	7.31	5.75	1.06	14.67	1.89	7.62	3.01	3.56	0.23	1.60	0.35
	IV	8.42	0.12	6.38	1.89	9.25	0.94	3.25	0.71	0.53	0.13	0.53	0.18	0.30	0.09

another or other groups close to the best, according to the performance of variables that appear in MC and MC2, and with efficiency index. According to these assumptions, group I may be evaluated, which includes 0, 9, 10, 11 and 12 mais storing times. Likewise, variables selected in the AMC (table 2) in groups 1 and 4 (78 %), have a relatively superior expression in the months that appear in both groups (tables 2, 5 and 6). This interpretation is supported by the analysis of storing times included in both groups and efficiency index. The best expression of variables was at 4 mais and in the 80% of storing times from MC1 and/or MC2.

*Hot water.* In group III, the highest means for emergence, peak emergence and emergence rate were observed. It means that seeds from this group emerged in a higher percentage, more regular and at a higher rate (table 7). These same variables were identified by the AMC as those that varied the most when seeds received pre-sowing treatment with hot water (table 2).

Results lead to state that the highest vigor corresponded to those seeds that were sown at 9 mais (group III), after remaining three minutes under water at 80 °C.

Group II included the evaluations that, together, showed the lowest values of beginning of emergence, peak day and emergence rate. This performance indicates that seeds from this group had a faster beginning of emergence and, at the same time, maximum daily emergences were registered earlier. However, they showed the worst percentage of plantlets at the end of the test (21 d) and the lowest percentage of plantlets during the same day. These last variables, besides the emergence rate, were the ones represented in the MC1 (table 2). At the same time, evaluations comprising group II showed negative values of efficiency index (table 4). Therefore, unfavorable performance in group II identifies it as the worst expression of vigor.

The highest values for beginning of emergence and peak day were found in group I. This agrees with the results of group I with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> treatment. The effect represented by both values was previously explained. However, these two variables were not considered in the extracted main components (table 2). Group I had the highest means for germination value and energy (variables of MC2), and these variables showed efficiency in the evaluations 0 and 4 mais (group I). All this reasoning allows to state that group I shows seeds with mean vigor expression.

*Soak.* Group III (3 mais) showed the maximum emergence percentage of plantlets, and the maximum value of germination, energy and emergence rate (table 7). In this treatment, at 3 mais, it was possible to express the highest seed vigor. Ramirez *et al.* (2012) reported that leucaena seeds receiving treatment of

resultados de la tabla 3, el valor más alto positivo del índice de eficiencia se registró justamente a 4 mdia.

Es importante señalar que el análisis realizado permitió determinar que cuando se aplica H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como tratamiento presiembra en semillas con 4 md, se expresa el vigor más alto. No obstante, este criterio pudiera ser demasiado rígido y, probablemente, sería conveniente flexibilizar este concepto y valorar otro u otros grupos que se acerquen al mejor, de acuerdo con el comportamiento de las variables que aparecen en las CP y CP2 y con el índice de eficiencia. De acuerdo con estas asunciones, se puede valorar el grupo I, que contempla los tiempos de almacenamiento 0, 9, 10, 11 y 12 mdia. Así, las variables seleccionadas en el ACP (tabla 2) en los grupos 1 y 4 (78 % del total), se expresan relativamente superiores en los meses que aparecen en ambos grupos (tablas 2, 5 y 6). Esta interpretación se apoya en el análisis de los tiempos de almacenamiento incluidos en los dos grupos y en el índice de eficiencia. Aquí se notó que la mejor expresión de las variables fue a 4 mdia y en el 80% de los tiempos de almacenaje que se encuentran en la CP1 y/o la CP2.

*Agua caliente.* En el grupo III se observaron los promedios mayores para la emergencia, emergencia pico y tasa de emergencia. Es decir, las semillas agrupadas aquí no solo emergieron en mayor porcentaje, sino que lo hicieron más uniformemente y a un ritmo más alto (tabla 7). Estas mismas variables se identificaron por el ACP como las que más variaron, cuando las semillas recibieron tratamiento presiembra con agua caliente (tabla 2). También a 9 mdia se registró el índice de eficiencia más alto positivo para el método del agua caliente (tabla 4).

Los resultados conducen a afirmar que el vigor más alto correspondió a aquellas simientes que se sembraron a 9 mdia (grupo III), luego de permanecer tres minutos en agua a 80 °C.

En el grupo II, se agruparon las evaluaciones que, de conjunto, exhibieron los menores valores de inicio de emergencia, día pico y tasa de emergencia. Este comportamiento indica que las semillas en este grupo iniciaron más rápido la emergencia y, a su vez, más tempranamente se registraron las máximas emergencias diarias. Sin embargo, ellas mismas mostraron el peor porcentaje de plántulas al final de la prueba (21 d) y el menor porcentaje de plántulas emergidas en un mismo día. Estas últimas variables, además de la tasa de emergencia, fueron las representadas en la CP 1 (tabla 2). A su vez, las evaluaciones que comprende el grupo II mostraron valores negativos del índice de eficiencia (tabla 4). Por ello, el comportamiento desfavorable en el grupo II lo identifica como el de peor expresión del vigor.

En el grupo I, se encontraron los valores más altos para el inicio de la emergencia y el día pico. Esto concuerda con lo obtenido para el grupo I del tratamiento con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El efecto que representan ambos valores se explicó anteriormente. No obstante, estas dos variables no se contemplaron en las componentes principales extraídas (tabla 2). El grupo I registró el promedio

soak in water for 24 h produced high emergence percentage.

In order to assess other groups, close to that with the highest vigor, group II was analyzed, which owns storing times 1 and 3 mais. In this group, the two variables selected in MC1 (table 2) showed values relatively close to those of group III (high vigor). Variables of MC1 (EfMC1) had the best expression at 1 and 3 mais.

In group IV (9 md), the emergence began faster, but the percentage of emerged plantlets was lower for the soaking method and, in turn, occurred the worst mean values for peak emergence and emergence rate. Added to this, the efficiency index was the highest negative value at 9 mais (table 5), which was manifested in the variables expressed in MC1 showed the worst performance in this evaluation. This analysis showed that group IV had the worst performance for seed vigor expression in the soaking method.

*Puncture.* In the puncture, it was deduced that seeds showed the highest vigor at 3 mais (group III). The highest values of the variables, chosen in the MC1 (tables 3 and 7), and the highest positive value of the efficiency index (table 5) appeared at 3 mais.

Group IV showed the lowest mean values for percentage of emergence, peak emergence, germination value and energy, which are four out of five variables identified in the component 1 (table 3). In the evaluations of group IV, there were negative efficiency indexes (EfMC1), which allowed to decide that this group showed the worst performance of seed vigor expression.

*Cover cut.* After conducting a cut on the seminal cover at 3 mais, seed vigor was higher. In group III, as in the best group of puncture (3 mais), the best mean values of emergence, peak emergence, germination value, energy and emergence rate (table 7) were found, which were the same variables that represented MC1 (table 3). Table 4 shows that, at 3 mais, the highest positive efficiency index was found for EfMC2, and one of the highest negative EfMC2. In the latter, this performance is advantageous, in which, as explained above, variables beginning of emergence and peak day were more favorable as their values were lower. However, deciding that 3 mais was the evaluation of the highest vigor is a rigid assertion. Group II (2 mais) contained the second best values for the variables identified in the MC1 (56%), and its expression in the efficiency index was similar to that exhibited at 3 mais.

Group IV showed the lowest values of emergence: peak day, peak emergence, germination value, energy and emergence rate. According to Table 5, in this evaluation, the highest negative value of the efficiency index was recorded, indicating the negative performance of MC1 variables (Table 3) in this storing

más alto para el valor de la germinación y la energía (variables de la CP2), y dichas variables mostraron eficiencia en las evaluaciones 0 y 4 mdia (grupo I). Todo este razonamiento permite declarar al grupo I como aquel en que las semillas expresan el vigor medio.

*Remojo.* El grupo III (3 mdia) presentó el máximo porcentaje de emergencia de plántulas, así como el máximo valor de germinación, energía y tasa de emergencia (tabla 7). En este tratamiento, a 3 mdia, se logró expresar el vigor más alto de las simientes. Ramírez *et al.* (2012) informaron que las semillas de leucaena que recibieron un tratamiento de remojo en agua durante 24 h, produjeron alto porcentaje de emergencia.

Con la intención de valorar otros grupos que se acercaron al que resultó el del vigor más alto, se analizó el grupo II, al que pertenecen los tiempos de almacenamiento 1 y 3 mdia. En este, las dos variables seleccionadas en la CP 1 (tabla 2) mostraron valores relativamente cercanos a los del grupo III (vigor alto); mientras que 1 y 3 mdia fueron los tiempos de almacenamiento en los que mejor se expresaron las variables de la CP1 (EfCP1).

En el grupo IV (9 md), se inició más rápido la emergencia, pero el porcentaje de plántulas emergidas fue más bajo para el método del remojo y, a su vez, ocurrieron los peores valores promedio para emergencia pico y tasa de emergencia. Unido a ello, el índice de eficiencia fue el valor negativo más alto a 9 md (tabla 5), lo que se manifestó en que las variables expresadas en la CP1 mostraron el peor comportamiento en esta evaluación. De este análisis se deduce que el grupo IV fue el de peor comportamiento para la expresión del vigor de las semillas en el método del remojo.

*Pinchazo.* En el pinchazo se dedujo que las semillas a 3 mdia (grupo III) exhibieron el vigor más alto. A 3 mdia pertenecían los valores más altos de las variables que se escogieron en la CP1 (tablas 3 y 7) y el valor positivo mayor del índice de eficiencia (tabla 5).

El grupo IV mostró los valores promedio más bajos para el porcentaje de emergencia, la emergencia pico, el valor de germinación y la energía, cuatro de las cinco variables identificadas en la componente 1 (tabla 3). En las evaluaciones comprendidas en el grupo IV, hubo índices de eficiencia negativos (EfCP1), lo que permitió decidir que en este grupo el vigor de las semillas expresó su peor comportamiento.

*Corte de cubierta.* Cuando se realizó un corte en la cubierta seminal a los 3 mdia, el vigor de las semillas fue más alto. En el grupo III, al igual que en el mejor grupo del pinchazo (3 mdia), se exhibieron los mejores valores promedio de emergencia, emergencia pico, valor de germinación, energía y tasa de emergencia (tabla 7), las mismas variables que representaron la CP1 (tabla 3). En la tabla 4 se muestra que, justamente a 3 mdia, se encontró el índice de eficiencia más alto positivo para EfCP, y uno de los más altos negativos para EfCP2. En este último, es ventajoso dicho comportamiento, en el que, como se explicó antes, las variables inicio de emergencia y día

time, so group IV is considered as the group with the worst vigor.

*Control.* In group III, there were evaluations in which seeds expressed the highest vigor. This group contained the highest means for the percentage of plantlet emergence, peak emergency, germination value, energy and emergence rate, as well as the lowest value for the beginning of emergence (table 7), which is a very positive aspect. In general, it can be stated that the seven variables related to vigor in group III (2 and 3 mais), distributed between MC1 and MC2 (table 3), showed the best performance, which is also demonstrated in table 4. It should be noted that 3 mais corresponded to the evaluation that recorded one of the highest positive values of the efficiency index (EfMC1) and, simultaneously, a considerably high negative value (close to 1) for EfMC2. A similar performance for efficiency indexes was observed at 2 mais.

Nevertheless, storage times 1, 4, 6 and 7 mais, contained in group II, should not be discarded, because results pointed this group as the closest performance to group III, due to the means of selected variables by the MCA, but also by the efficiency with which variables were expressed at storing time. Group II can be considered of medium vigor.

Group IV (table 5) had the minimum evaluations (table 7) for percentage of emerged plantlets, germination value, energy and emergence rate, as well as the highest mean value of beginning of emergence and peak day. As it has been repeatedly explained, these values are adverse for the plantation. Added to this, table 4 shows that evaluations of group IV presented high negative values for the efficiency index in the MC1 (EfMC1) and high positive values in the MC2 (EfMC2). Seeds evaluated in storing times (5, 9, 11 and 12 mais), contained in this group, showed the lowest vigor for control method.

Group I presents the lowest mean value of peak emergence and variables emergence, germination value, energy and emergence rate had values very close to those of group IV. In addition, the analysis of efficiency index at 0, 8 and 10 mais, for MC1 and MC2 (table 5), showed that group I, regarding seed vigor, had a close performance to group IV, considered as the one with the worst vigor for seeds that receive no pre-sowing treatment.

A general assessment of the results of different scarification treatments demonstrated the effect that produce acid and hot water methods on vigor expression of albizia seeds. Navarro *et al.* (2012), in a study on the germination performance of albizia seeds, ratified the aggressiveness of both pre-sowing methods for the embryo. As for the storing time, results are consistent with Corbineau (2012), who stated that seed vigor affects the sensitivity of plantlets to external factors and storing capacity of seed

pico fueron más favorables a medida que sus valores resultaron menores. No obstante, decidir que 3 mdia fue la evaluación de vigor más alto constituye una aseveración rígida. El grupo II (2 mdia) se encontraron los segundos mejores valores para las variables identificadas en la CP1 (56 % del total), y su expresión en el índice de eficiencia fue semejante a la que exhibió 3 mdia.

En el grupo IV se recogen los valores promedio más bajos de emergencia: día pico, emergencia pico, valor de germinación, energía y tasa de emergencia. Según la tabla 5, en esta evaluación se registró el valor más alto negativo del índice de eficiencia, lo que indica el comportamiento negativo de las variables de la CP1 (tabla 3) en este tiempo de almacenamiento, por lo que el grupo IV se considera como el de peor vigor.

*Control.* En el grupo III estuvieron las evaluaciones en que las semillas expresaron el vigor más alto. En este agrupamiento se encontraron los promedios más altos para el porcentaje de emergencia de plántulas, emergencia pico, valor de germinación, energía y tasa de emergencia, al igual que el menor valor para el inicio de emergencia (tabla 7), lo que es un aspecto muy positivo. En sentido general, se puede plantear que en el grupo III (2 y 3 mdia) las siete variables relacionadas con el vigor, distribuidas entre la CP1 y la CP2 (tabla 3) mostraron el mejor comportamiento, lo que también se refleja en la tabla 4. Se debe destacar que 3 mdia se correspondió con la evaluación en que se registró uno de los valores positivos más altos del índice de eficiencia (EfCP1) y, a la vez, un valor negativo considerablemente alto (cercano a 1) para la EfCP2. Un comportamiento similar para los índices de eficiencia se observó a 2 mdia.

No obstante, no se deben descartar los tiempos de almacenamiento 1, 4, 6 y 7 mdia contenidos en el grupo II, ya que los resultados apuntaron a este grupo como el de un comportamiento más cercano al III, no sólo por los promedios de las variables seleccionadas por el ACP, sino también por la eficiencia con que se expresaron en los tiempos de almacenamiento. El grupo II se puede considerar de vigor medio.

El grupo IV (tabla 5) recogió las evaluaciones mínimas (tabla 7) para el porcentaje de plántulas emergidas, el valor de la germinación, la energía y la tasa de emergencia, además del valor promedio más alto de la variable inicio de emergencia y día pico. Como se había explicado reiteradamente, estos elementos resultan adversos para la plantación. Unido a ello, en la tabla 4 se muestra que las evaluaciones del grupo IV presentaron altos valores negativos para el índice de eficiencia en la CP1 (EfCP1) y altos positivos en la CP 2 (EfCP2). Las semillas evaluadas en los tiempos de almacenamiento (5, 9, 11 y 12 md) contenidos en este grupo mostraron el vigor más bajo para el método control.

En el grupo I se observó que este agrupa el valor promedio menor de la emergencia pico, y que las variables emergencia, valor de germinación, energía y tasa de emergencia presentaron valores muy cercanos a los del IV. También el análisis del índice de eficiencia a 0, 8 y 10 mdia,



lots.

### Conclusions

With the use of appropriate methods, aspects of seed quality were evaluated through the study of germination viability, dormancy and aging. Pre-sowing treatments, through wet and dry scarification, showed the efficiency of cover cut and soaking, respectively, as propellant methods of germination, emergence and vigor efficiency. Except for the treatments with acid and hot water, the rest showed the best expression of variables related to vigor at 3 mais.

para la CP1 como la CP2 (tabla 5), mostró que el grupo I, en cuanto al vigor de las semillas, tuvo un comportamiento cercano al IV, considerado el de peor vigor para las semillas que no recibieron tratamientos presiembra.

Una valoración general de los resultados de los diferentes tratamientos de escarificación demostró la afectación que producen los métodos del ácido y el agua caliente en la expresión del vigor de las semillas de albizia. Navarro *et al.* (2012), en un estudio sobre el comportamiento germinativo de las semillas de albizia, ratificaron la agresividad de ambos métodos presiembra para el embrión. En cuanto al tiempo de almacenaje, los resultados concuerdan con Corbineau (2012), quien planteó que el vigor de la semilla afecta la sensibilidad de las plántulas a factores externos y la capacidad de almacenamiento de los lotes de semillas.

### Conclusiones

Con métodos apropiados se evaluaron los aspectos de la calidad de la semilla mediante el estudio de la germinación, la viabilidad, la dormancia y el envejecimiento. Los tratamientos pre-siembra, aplicados mediante la escarificación seca y húmeda, mostraron la eficacia del corte de cubierta y el remojo, respectivamente, como métodos propulsores de la germinación, la emergencia y la eficiencia del vigor. Con excepción de los tratamientos con ácido y agua caliente, el resto mostró la mejor expresión de las variables relacionadas con el vigor a los 3 mdia.

### References

- Copeland, L. O. & McDonald, M. B. 2001. Principles of Seed Science and Technology. 4th ed., Boston, M. A: Springer US, 467 p., ISBN: 978-1-4613-5644-8, Available: <<http://link.springer.com/10.1007/978-1-4615-1619-4>>, [Consulted: August 4, 2016].
- Corbineau, F. 2012. "Markers of seed quality: from present to future". Seed Science Research, 22(S1): 61–68, ISSN: 0960-2585, 1475-2735, DOI: 10.1017/S0960258511000419.
- Febles, G., Torres, V., Baños, R., Ruiz, T. E., Yañez, S. & Echeverría, J. 2011a. "Multivariate analysis application to determine the preponderance of edaphoclimatic factors in the production of seeds from tropical prairie grasses". Cuban Journal of Agricultural Science, 45(1): 45–51, ISSN: 2079-3480.
- Febles, G., Torres, V., Baños, R., Ruiz, T. E., Yañez, S. & Echeverría, J. 2011b. "Utilization of the impact index to interpret the relative influence of edaphoclimatic factors on the production of tropical pasture seeds". Cuban Journal of Agricultural Science, 45(1): 53–57, ISSN: 2079-3480.
- Filho, J. M. 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. FEALQ, 495 p., ISBN: 978-85-7133-038-2, Available: <[https://books.google.com.br/books/about/Fisiologia\\_de\\_sementes\\_de\\_plantas\\_cultiv.html?hl=pt-PT&id=01VfAAAACAAJ](https://books.google.com.br/books/about/Fisiologia_de_sementes_de_plantas_cultiv.html?hl=pt-PT&id=01VfAAAACAAJ)>, [Consulted: August 4, 2016].
- Filho, J. M. 2011. "Testes de vigor: dimensão e perspectivas". Seed News, 15(1), ISSN: 1415-0387.
- Forcella, F., Benech Arnold, R. L., Sanchez, R. & Ghersa, C. M. 2000. "Modeling seedling emergence". Field Crops Research, 67(2): 123–139, ISSN: 0378-4290, DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00088-5.
- Gardarin, A., Dürr, C. & Colbach, N. 2011. "Prediction of germination rates of weed species: Relationships between germination speed parameters and species traits". Ecological Modelling, 222(3): 626–636, ISSN: 0304-3800, DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2010.10.005.
- Guretzky, J. A., Moore, K. J., Knapp, A. D. & Brummer, E. C. 2004. "Emergence and Survival of Legumes Seeded into Pastures Varying in Landscape Position". Crop Science, 44(1): 227, ISSN: 1435-0653, DOI: 10.2135/cropsci2004.2270.
- Hair, J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. & Black, W. C. 1999. Análisis Multivariante. Prentice, E. & Cano, D. (trans.), 5th ed., Madrid: Prentice Hall, 832 p., ISBN: 978-84-8322-035-1, Available: <<https://www.amazon.es/An%C3%A1lisis-multivariante-datos-Joseph-Hair/dp/8483220350>>, [Consulted: August 4, 2016].
- Laskowski, L. & Bautista, D. 2002. "Efecto de la escarificación y profundidad de siembra sobre la germinación y emergencia de *Malpighia emarginata* DC". Bioagro, 14(2): 77–83, ISSN: 1316-3361.
- Mandal, A. K., De, B. K., Saha, R. & Basu, R. N. 2000. "Seed invigoration treatments for improved storability, field emergence and productivity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill)". Seed Science and Technology, 28(2): 349–355, ISSN: 0251-0952.
- Martín, Q. M., Cabero, M. T. M. & de Paz, Y. del R. S. 2008. Tratamiento estadístico de datos con SPSS. Madrid, España:

- Thomson, 596 p., ISBN: 978-84-9732-553-0, OCLC: 268784812.
- Matthews, S., Noli, E., Demir, I., Khajeh-Hosseini, M. & Wagner, M.-H. 2012. "Evaluation of seed quality: from physiology to international standardization". *Seed Science Research*, 22(S1): 69–73, ISSN: 0960-2585, 1475-2735, DOI: 10.1017/S0960258511000365.
- Navarro, M., Febles, G. & Herrera, R. S. 2015. "Vigor: essential element for seed quality". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4): 509–514, ISSN: 2079-3480.
- Navarro, M., Febles, G. & Torres, V. 2012. "Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial". *Pastos y Forrajes*, 35(3): 233–246, ISSN: 0864-0394.
- Navarro, M., Febles, G., Torres, V. & Noda, A. 2010a. "Efecto de la escarificación húmeda y seca en la capacidad germinativa de las semillas de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth". *Pastos y Forrajes*, 33(2): 1–11, ISSN: 0864-0394.
- Navarro, M., Febles, G., Torres, V. & Noda, A. 2010b. "Efecto de la escarificación húmeda y seca en la emergencia de plántulas de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth". *Pastos y Forrajes*, 33(3): 1–9, ISSN: 0864-0394.
- Rajasekaran, R., Balamurugan, P. & Reshma, C. 2005. "Effect of eco-friendly seed treatments and containers on storability of niger (*Guizotia abyssinica* L.f. Cass.) cv. Paiyur 1". *The Madras Agricultural Journal*, 92(1–3): 95–100, ISSN: 0024-9602.
- Ramírez, M., Hallely, S., Regino, M., Brigida, C. & García, D. E. 2012. "Respuesta a tratamientos pregerminativos y caracterización morfológica de plántulas de *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* y *Ziziphus mauritiana*". *Pastos y Forrajes*, 35(1): 29–42, ISSN: 0864-0394.
- Salinas, A. R., Yoldjian, A. M., Cravotto, R. M. & Bisaro, V. 2001. "Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(2): 371–379, ISSN: 0100-204X, DOI: 10.1590/S0100-204X2001000200022.
- Santorum, M., Nóbrega, L. H. P., de Souza, E. G., dos Santos, D., Boller, W. & Mauli, M. M. 2013. "Comparison of tests for the analysis of vigor and viability in soybean seeds and their relationship to field emergence". *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(1), ISSN: 1807-8621, 1679-9275, DOI: 10.4025/actasciagron.v35i1.14955, Available: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/14955>>, [Consulted: August 4, 2016].
- Schmidt, L. 2000. *Guide to handling of tropical and subtropical forest seed*. Humlebaek, Denmark: Danida Forest Seed Centre, 511 p., ISBN: 978-87-982428-6-4, OCLC: 48575968.
- StatPoint Technologies 2010. *Statgraphics Centurion*. (ser. Centurion), version 16.1 (XV), [Windows], Available: <<http://statgraphics-centurion.software.informer.com/download/>>.
- Torres, V., Ramos, N., Lizazo, D., Monteagudo, F. & Noda, A. 2008. "Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 42(2): 133–139, ISSN: 2079-3480.
- Valadez, G. J., Mendoza, O. L. E., Córdoba, T. L., Vaquera, H. H., Mendoza, C. M. del C. & García, de los S. G. 2007. "Tamaños de semilla, sustancias vigorizantes y pruebas de vigor en sorgos tolerantes al frío". *Agrociencia*, 41(2): 169–179, ISSN: 1405-3195.

**Received: September 28, 2015**