

## Utilization of the index of efficiency for estimating the influence of seed vigor on growth and seedling development

### Utilización del índice de eficiencia para estimar la influencia del vigor de las semillas en el crecimiento y desarrollo de plántulas

Marlen Navarro<sup>1</sup>, Gustavo Febles<sup>2</sup> and Verena Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Estación Experimental "Indio Hatuey". Universidad de Matanzas. Central España Republicana. CP 44280. Matanzas. Cuba*

<sup>2</sup> *Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba*  
*Email: boulandier@ihatuey.cu*

For utilizing the index of efficiency as integration measurement and estimative element for determining the influence of seed vigor on initial growth and development of the seedlings, a completely randomized design with factorial arrangement (6 x 13) was applied, determined by the scarification methods (sulphuric acid, hot water, soaking 24 h, cover cut, puncture and the control) and storage times (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 months from starting the storage). According to the methodology, 30 days after sowing the variable seedling height, length of the root system length of the hypocotyl, fresh weight of the root system and fresh weight of the aerial part were evaluated in the nursery. In the six experimental treatments, seedling height outstood as one of the variables of highest preponderance in MC1. The matrices of efficiency showed that 4 mday is the evaluation in which the variables of greater preponderance are expressed in the five scarification methods, while for the control was 0 mday. Pre-sowing treatments included in the soaking method with water at environmental temperature and cover cut, reflected the best represented in the groups of high vigor, with 69.2 and 53.8 % from the total of storage times assessed. The index of efficiency allowed estimating that seeds evaluated at 4 mday propitiate the best growth and development of the seedlings, without disregarding the influence of the evaluations at 2 and 3 mday on seed vigor in 50 % of the pre-sowing methods, even the control.

Key words: *vigor, Albizia, index of efficiency, scarification*

Among the aspects related to agricultural production, seedling establishment is the first real opportunity for the practical assessment of seed quality and the effect of the procedures used at sowing time (Filho 2015).

The use of an adequate methodology for estimating the vigor allows predicting the seed performance under field conditions reducing risks and losses, allowing at the same time market competition by offering a seed of higher quality. In view of this situation, methods are needed for evaluating rapidly and efficiently the physiological quality of the seeds and thus, that will favor the decision-making regarding the harvest, processing, storage and commercialization of seeds (Braga *et al.* 2013). Based on the recent availability of technologies and physiological findings, the evaluation methods improve constantly (Paparella *et al.* 2015). However, the variety of models can offer as result different

Con el propósito de utilizar el índice de eficiencia como medida de integración y elemento estimativo para determinar la influencia del vigor de las semillas en el crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas, se aplicó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (6 x 13), determinado por los métodos de escarificación (ácido sulfúrico, agua caliente, remojo 24 h, corte de cubierta, pinchazo y el control) y los tiempos de almacenamiento 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 meses de iniciado el almacenamiento. De acuerdo con la metodología, a los 30 d posteriores a la siembra, se evaluaron en el vivero las variables altura de la plántula, largo del sistema radicular, longitud del hipocótilo, peso fresco del sistema radicular y peso fresco de la parte aérea. En los seis tratamientos experimentales, se destacó la altura de las plántulas como una de las variables de mayor preponderancia en la CPI. Las matrices de eficiencia mostraron que 4 mdía es la evaluación en la que mejor se expresan las variables de mayor preponderancia en los cinco métodos de escarificación; mientras que para el control, fue 0 mdía. Los tratamientos presiembra, que incluyeron el método del remojo en agua a temperatura ambiente y el corte de cubierta, contemplaron los mejor representados en los grupos de vigor alto, con 69.2 y 53.8 % del total de los tiempos de almacenamiento evaluados. El índice de eficiencia permitió estimar que las semillas evaluadas a 4 mdía propician el mejor crecimiento y desarrollo de las plántulas, sin dejar de mencionar la influencia de las evaluaciones a 2 y 3 mdía en el vigor de las semillas en 50 % de los métodos presiembra, incluso el control.

Palabras clave: *vigor, albizia, índice de eficiencia, escarificación*

Entre los aspectos relacionados con la producción agrícola, el establecimiento de las plántulas es la primera oportunidad real para una evaluación práctica de la calidad de las semillas y del efecto de los procedimientos utilizados en el momento de la siembra (Filho 2015).

El uso de una metodología adecuada para estimar el vigor permite predecir el desempeño de las simientes en las condiciones del campo, lo que reduce los riesgos y las pérdidas, a la vez que permite mejorar la competencia en el mercado, al ofrecer una semilla de mayor calidad. Ante esta situación, se necesitan métodos para evaluar de forma rápida y eficiente la calidad fisiológica de las semillas y, por tanto, propiciar que se tomen decisiones con respecto a la cosecha, procesamiento, almacenamiento y comercialización de las semillas (Braga *et al.* 2013). Sobre la base de la reciente disponibilidad de tecnologías y hallazgos fisiológicos, los métodos de evaluación mejoran

interpretations of seed vigor.

The evaluation of the vigor during germination, emergency and growth of seedlings has two parts: the expression of the vigor punctually and the vigor seen in the time through storage. Navarro *et al.* (2012) have managed combining these aspects with the development of the index of efficiency, without the need of realizing complex laboratory tests.

This index must be interpreted as index of efficiency of the variables studied in the storage times in their relationship with the variability of vigor, since it allows knowing the importance and efficiency of the overall performance of the variables for each storage time.

The objective of this paper was to use the index of efficiency as integration measurement and estimative element for determining the influence of the seed vigor on growth and initial development of seedlings, regardless the scarification type.

### Materials and Methods

For the development of the investigation as model species was used *Albizia lebbbeck* (L.), since its seeds are orthodox and show physical dormancy as similarly occurs in a large number of tropical and subtropical legume species present in the production systems of the region.

In March, for three consecutive years, *A. lebbecken* seeds were collected from a plantation in the areas of the Experimental Station of Pastures and Forages "Indio Hatuey" and the study was carried out with the results of the three seed harvests.

A completely randomized design with factorial arrangement (6 x 13) was used in which the factors were determined by the scarification methods (sulphuric acid, hot water, soaking for 24 h, cover cut, puncture and control) and storage times (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 months).

Measurements for the evaluation of vigor were realized during growth and initial growth of seedlings. All variables were measured 30 days after sowing, and for that 10 seedlings were selected from each one of the four replications of each evaluation (storage time) for each pre-sowing scarification method.

For the sowings bags were used containing a substrate consisting of a mixture in equal parts (1:1) of red ferrallitic soil (Hernández *et al.* 2015) and organic matter. Prior to the sowing different scarification methods (table 1) were applied and also a control was maintained in which seeds did not receive any pre-sowing treatment.

According to the procedures described by Navarro *et al.* (2012), the variables seedling height, length of the root system (LRS), length of the hypocotyl (LH), fresh weight of the root system (WRS) and fresh weight of the aerial part (WAP) were assessed.

As previous step for the determination of the index

constantemente (Paparella *et al.* 2015). No obstante, la variedad de modelos puede dar como resultado diferentes interpretaciones del vigor de la semilla.

La evaluación del vigor durante la germinación, la emergencia y el crecimiento de las plántulas consta de dos partes: la expresión del vigor puntualmente y el vigor visto en el tiempo mediante almacenamiento. Navarro *et al.* (2012) lograron conjugar estos aspectos con el desarrollo del índice de eficiencia, sin necesidad de realizar pruebas de laboratorio complejas.

Este índice se debe interpretar como índice de eficiencia de las variables evaluadas en los tiempos de almacenamiento en su relación con la variabilidad del vigor, debido a que permite conocer la importancia y eficiencia del comportamiento global de las variables para cada tiempo de almacenamiento.

El objetivo de este trabajo fue utilizar el índice de eficiencia como medida de integración y elemento estimativo para determinar la influencia del vigor de las semillas en el crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas, independientemente del tipo de escarificación.

### Materiales y Métodos

Para el desarrollo de la investigación se utilizó como especie modelo a *Albizia lebbbeck* (L.), debido a que sus semillas son ortodoxas y presentan dormancia física, al igual que sucede en gran número de especies de leguminosas tropicales y subtropicales presentes en los sistemas de producción de la región.

En marzo, durante tres años consecutivos, se colectaron semillas de *A. lebbecken* en una plantación de las áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", por lo que el estudio se realizó con los resultados de las tres cosechas de semillas.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (6 x 13), en el que los factores estuvieron determinados por los métodos de escarificación (ácido sulfúrico, agua caliente, remojo 24 h, corte de cubierta, pinchazo y control) y los tiempos de almacenamiento (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 meses).

Las mediciones para la evaluación del vigor se realizaron durante el crecimiento y desarrollo inicial de plántulas. Todas las variables se midieron a los 30 d posteriores a la siembra, para lo que se seleccionaron 10 plántulas en cada una de las cuatro repeticiones de cada evaluación (tiempo de almacenamiento) para cada método de escarificación presiembra.

Para las siembras se utilizaron bolsas con un sustrato compuesto por una mezcla de suelo ferralítico rojo (Hernández *et al.* 2015) 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.

De acuerdo con los procedimientos descritos por Navarro *et al.* (2012), se evaluaron las variables altura de la plántula, largo del sistema radicular (LSR), longitud

Table 1. Scarification methods used prior to nursery sowing in the sun

Method	Procedure
Ácid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> exposure at 96 % concentration for 15 minutes
Hot water	Immersion in H <sub>2</sub> O at 80 °C for 3 minutes
Soaking	Immersion in H <sub>2</sub> O at environmental temperature for 24 hours
Puncture	Puncture with entomological needle at the dorsiventral seed region
Cover cut	Light cut of the seminal covering in the opposite zone to the embryo
Control	-

of efficiency (Ef), the definition was completed of the variables more related to the vigor variability. The Ef values of each pre-sowing treatment allowed the establishment of groups integrated by different storage times and later defining which tallies with the highest or lowest expression of the seed vigor and consequently with its effects on the initial seedling growth.

For the processing of the information obtained, the statistical model proposed by Torres *et al.* (2008) was employed through the combination of two multivariate techniques that would account for the variability and the vigor expression, according to Navarro *et al.* (2012). The statistical analysis allowed identifying and selecting the order of importance of the variables accounting for the vigor variability. In addition, they allowed classifying the evaluations (storage times), according to the pre-sowing scarification methods with the support of the index of efficiency (Ef) and the definition of the groups of high and low vigor for each pre-sowing method particularly.

### Results and Discussion

The index of efficiency strengthens and extends the interpretation of the results on vigor estimation. According to Navarro *et al.* (2012) the Ef depends on the variables of higher preponderance that is why the first stage for the interpretation of the results is centered in the analysis of the matrices of preponderance supplied by the analysis of main components (table 2) and in the selection of the variables with preponderance values above 0.85.

When sulphuric acid was utilized as scarification method, stood out with preponderance values above 0.85 the variables height, LRS and LH in MC1. In MC2 only WAP was superior to the preponderance value established for the selection (table 2). For hot water, the most important variables (MC1) were height and WAP. The MC1 (59.93 % of variability explained) of the soaking method appeared controlled by seedling height. This variable was also identified in the MC1 of the two methods previously explained. For hot water as for soaking in the MC2 the variable WRS outstood.

The selected variables in MC1 for the puncture coincide with those chosen in the acid method for the first component, while for the cover cut and the control were seedling height and LRS, identified in the acid with

del hipocótilo (LH), peso fresco del sistema radicular (PSR) y peso fresco de la parte aérea (PPA).

Como paso previo a la determinación del índice de eficiencia (Ef), se procedió a la definición de las variables que más se relacionan con la variabilidad del vigor. Los valores de Ef en cada tratamiento presiembra permitieron establecer grupos conformados por diferentes tiempos de almacenaje y posteriormente, definir cuál se corresponde con la expresión mayor o menor del vigor de las semillas y por ende, con su efecto en el crecimiento inicial de las plántulas.

Para el procesamiento de la información obtenida, se utilizó el modelo estadístico propuesto por Torres *et al.* (2008) mediante la combinación de dos técnicas multivariadas para explicar la variabilidad y la expresión del vigor, de acuerdo con Navarro *et al.* (2012). Los análisis estadísticos permitieron identificar y seleccionar el orden de importancia de las variables en la explicación de la variabilidad del vigor. Además posibilitaron clasificar las evaluaciones (tiempos de almacenamiento), según los métodos de escarificación presiembra, con el apoyo del índice de eficiencia (Ef) y la definición de los grupos de alto y bajo vigor para cada método presiembra en particular.

### Resultados y Discusión

El índice de eficiencia fortalece y amplía la interpretación de los resultados en la estimación del vigor. Según Navarro *et al.* (2012), el Ef depende de las variables de mayor preponderancia, por lo que la primera etapa para la interpretación de los resultados se centra en el análisis de las matrices de preponderancia, proporcionadas por el análisis de componentes principales (tabla 2), y en la selección de las variables con valores de preponderancia por encima de 0.85.

Cuando se empleó el ácido sulfúrico como método de escarificación, sobresalieron con valores de preponderancia por encima de 0.85 en la CP1 las variables altura, LSR y LH. En la CP2, únicamente PPA fue superior al valor de preponderancia establecido para la selección (tabla 2). Para el agua caliente, las variables más importantes (CP1) fueron altura y PPA. La CP1 (59.93 % de variabilidad explicada) del método de remojo apareció dominada por la altura de las plántulas. Esta variable también se identificó en la CP1 de los dos métodos explicados anteriormente. Para el agua caliente como para el remojo, en la CP2 se destacó la variable PSR.

Table 2. Matrix of the factors of preponderance among the main components (MC) and the variables related to the vigor

Variables	Factors of preponderance											
	Acid		Water		Soaking		Puncture		Cut		Control	
	MC1	MC2	MC1	MC2	MC1	MC2	MC1	MC2	MC1	MC2	MC1	MC2
Height	0.91	0.31	0.86	0.50	0.89	0.36	0.93	0.06	0.88	0.37	0.92	0.01
Length of the root system (LRS)	0.94	0.05	0.76	0.59	0.80	0.43	0.91	0.17	0.96	0.03	0.85	0.19
Length of the hypocotyl (LH)	0.93	0.17	0.71	0.67	0.58	0.70	0.88	0.31	0.68	0.49	0.83	0.42
Weight of the root system (WRS)	0.58	0.34	0.11	0.96	-0.02	0.89	0.08	0.97	0.14	0.96	0.03	0.98
Weight of the aerial part (WAP)	0.17	0.97	0.95	0.00	0.84	-0.25	0.78	-0.29	0.57	0.50	0.70	-0.16
Own value	3.29	0.84	3.86	0.85	3.00	1.13	3.13	1.10	3.23	0.83	2.89	1.08
% of the explained variance	65.90	16.71	77.11	16.98	59.93	22.53	62.64	21.98	64.56	16.51	57.71	21.52
% of the overall variance	65.90	82.61	77.11	94.09	59.93	82.45	62.64	84.62	64.56	81.07	57.71	79.24

very similar values.

In MC2 for the three methods (puncture, cover cut and control) WRS was the variable selected that coincided with the hot water and water soaking at environmental temperature.

It is outstanding that seedling height appeared in all treatments employed, even in the control (table 3). This performance agrees with Paulino *et al.* (2011) in *Jatropha curcas*, on determining that treatments showing the highest growth rates also offered the best seedling quality after the emergence.

With the corresponding factorial scores corresponding to the two main components selected the indexes of

Las variables seleccionadas en la CP1 para el pinchazo coinciden con las escogidas en el método del ácido para la primera componente, mientras que para el corte de cubierta y el control fueron la altura de las plántulas y LRS, identificadas en el ácido con valores muy similares.

En la CP2, para los tres métodos (pinchazo, corte de cubierta y control), fue PSR la variable seleccionada que coincidió con el agua caliente y el remojo en agua a temperatura ambiente.

Se destaca que la altura de las plántulas apareció en todos los tratamientos utilizados, incluso en el control (tabla 3). Este comportamiento coincide con lo informado por Paulino *et al.* (2011) en *Jatropha curcas*,

Table 3. Variables of greater preponderance selected by the analysis of main components for each experimental treatment

Scarification	MC1	MC2
Acid	Height, LRS, LH	WAP
Water	Height, PPA	WRS
Soaking	Height	WRS
Puncture	Height, LRS, LH	WRS
Cut	Height, LRS	WRS
Control	Height, LRS	WRS

efficiency were determined for each pre-sowing method with the purpose of realizing its classification.

The index of efficiency let creating a combination of storage times assessed for each scarification method (besides the control). It is important noting that this index depends on the variables of highest preponderance.

Table 4 shows the efficiency of the variables selected in the two components (MC1 and MC2) for the estimation of the vigor, when seeds were sown at different storage times. The highest positive values indicate which have more influence at each particular storage time for each pre-sowing method studied. The opposite occurs with the highest negative values.

According to the index of efficiency, in the acid method it was noted that in evaluations at 0 and 4 months of storage starting (mday), there was a better performance of the variables height, LRS and LH; while in 1 and 5 mday were worst. In the method of hot water, there was positive effect at 4, 6 and 7 mday for the variables height and WAP, while at 3 mday the worst performance of these variables was registered. On the other hand, the WRS exhibited the best accomplishment at 9 and 10 mday. For soaking, the evaluations where the height was better expressed were 3 and 4 mday and there was a worst performance in 5 mday. In contrast, MC2 displayed the best efficiency for 0, 9 and 10 mday, and the worst at 5 mday.

As per the indices of efficiency for the puncture method, the variables height, LRS and LH displayed positive performance on sowing seeds at 0 and 4 mday. Similar performance was observed in the acid method. Nonetheless, for 5 mday, the efficiency of these variables in vigor manifestation was the lowest. In the cover cut and in the control, both methods with the same variables identified in MC1, 2, 3 and 4 mday for the cut and 0 mday for the control were the storage times in which height and LRS were better expressed. The worst values were found in both methods at 5 mday. In the case of the MC2, that is WRS, outstood by the magnitude of the index of efficiency 9 and 10 mday in the puncture, 0 and 1 mday in the cover cut and 9 mday in the control.

From the analysis of the efficiency matrices, it can be deduced that in the five scarification methods

al determinar que los tratamientos que presentaron las mayores tasas de crecimiento también indicaron la mejor calidad de las plántulas posterior a la emergencia.

Con las puntuaciones factoriales correspondientes a las dos componentes principales seleccionadas, se determinaron los índices de eficiencia de cada método presiembra, con el propósito de realizar su clasificación.

El índice de eficiencia permitió crear una combinación de los tiempos de almacenamiento evaluados en cada método de escarificación (además del control). Es importante resaltar que este índice depende de las variables de mayor preponderancia.

La tabla 4 muestra la eficiencia de las variables seleccionadas en las dos componentes (CP1 y CP2) para la estimación del vigor, cuando las semillas se sembraron a diferentes tiempos de almacenamiento. Los valores positivos más altos indican cuáles tienen más influencia en cada tiempo de almacenamiento particular para cada método presiembra estudiado. Los valores negativos más altos indican lo contrario.

Según los índices de eficiencia, en el método del ácido se observó que en las evaluaciones a 0 y 4 meses de iniciado el almacenamiento (mdia) se expresaron mejor las variables altura, LSR y LH; mientras que en 1 y 5 mdia se expresaron peor. En el método del agua caliente, hubo efecto positivo a 4, 6 y 7 mdia para las variables altura y PPA, mientras que a 3 mdia se registró el peor comportamiento de estas variables. Por su parte, el PSR mostró el mejor desempeño a 9 y 10 mdia. Para el remojo, las evaluaciones en que mejor se expresó la altura fueron 3 y 4 mdia, y en 5 mdia se comportó peor. Por otra parte, la CP2 mostró la mejor eficiencia para 0, 9 y 10 mdia, y la más mala a 5 mdia.

Según los índices de eficiencia, para el método del pinchazo, las variables altura, LSR y LH mostraron comportamiento positivo, al sembrar las semillas a 0 y 4 mdia. Igual comportamiento se observó en el método del ácido. Sin embargo, para 5 mdia, la eficiencia de estas variables en la expresión del vigor fue la más baja. En el corte de cubierta y en el control, ambos métodos con las mismas variables identificadas en la CP1, 2, 3 y 4 mdia para el corte y 0 mdia para el control, fueron los tiempos de almacenamiento en los que mejor se expresaron la altura y LSR. Los peores valores se encontraron en

4 mday was present as storage time in which the variables of greater preponderance were better expressed. Therefore, in this assessment the pre-sowing treatments were more efficient in the vigor expression, since through the variables evaluated at 30 d from sowing the estimation of the seed vigor and the determination of the most appropriate sowing date was possible for favoring emergence and initial growth of seedlings.

For the control, the variables of greater preponderance exhibited the highest performance at 0 mday. This is a correct result, since seeds did not receive any treatment for reducing or removing the typical dormant state of this species and, obviously, at 0 mday, moment coinciding

ambos métodos a los 5 mdia. En el caso de la CP2, es decir PSR, se destacaron por la magnitud del índice de eficiencia 9 y 10 mdia en el pinchazo, 0 y 1 mdia en el corte de cubierta y 9 mdia en el control.

Del análisis de las matrices de eficiencia, se deduce que en los cinco métodos de escarificación estuvo presente 4 mdia como tiempo de almacenamiento en el que mejor se expresaron las variables de mayor preponderancia. Por tanto, en esta evaluación, los tratamientos presiembra fueron más eficientes en la expresión del vigor, puesto que mediante las variables evaluadas a los 30 d de la siembra fue posible la estimación del vigor de las semillas y la determinación de la fecha de siembra más apropiada para favorecer

Table 4 Matrix of efficiency of the indicators created between the variables related to vigor and storage time

Storage (mday)	Index of efficiency																								
	Acid				Water				Soaking				Puncture				Cut				Control				
	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2	EfMC1	EfMC2					
0	1.22	-0.37	0.78	0.98	0.73	1.22	1.55	0.24	0.39	0.24	1.29	1.02	-0.26	-1.95	-0.45	-0.87	-0.82	0.26	-0.14	0.45	-0.52	-0.50	1.87	0.67	-0.11
1	0.14	0.06	0.83	0.52	0.80	-0.61	0.47	-0.45	1.03	-0.45	0.77	0.82	-0.52	0.30	-0.62	-1.06	-0.41	1.14	-0.93	0.52	-0.66	1.29	-1.07	0.60	-0.36
2	1.25	0.18	1.46	-0.01	1.22	-0.40	1.16	-0.16	1.54	-0.16	-0.92	0.45	-0.15	-1.95	-0.45	-0.87	-0.82	-2.39	-1.56	-2.34	-0.86	-2.35	-1.05	-2.77	-0.81
3	-0.27	2.61	1.37	-0.58	0.43	-0.05	0.66	-0.32	-0.18	-0.32	-0.06	-0.27	-0.20	-0.16	1.62	1.08	-0.61	0.70	-0.41	0.11	-0.30	0.10	-0.03	-0.32	-0.32
4	0.37	-0.19	0.49	-0.36	0.53	-0.24	-0.22	-0.56	0.52	-0.56	-0.18	-0.72	-0.50	0.63	-0.48	-0.61	1.67	1.68	-0.59	2.14	-0.48	0.50	0.33	3.08	0.84
5	0.74	-0.37	-0.88	2.07	-0.80	1.88	-0.28	2.21	-0.36	2.21	0.82	-0.22	0.84	-0.11	-0.75	-0.87	-0.82	-0.14	-0.65	-0.44	-0.44	0.12	-0.98	-0.50	-0.34
6	-0.23	-0.79	-0.87	-0.82	0.70	-0.29	-0.84	-0.35	0.45	-0.35	-1.11	-0.75	-0.35	-0.23	-0.79	-0.87	-0.82	0.70	-0.29	-0.84	-0.35	0.45	-1.11	-0.75	-0.35

with the entrance of the seeds to storage, the seminal cover has not still arrived to its maximum waterproof expression (Sano *et al.* 2016).

From the practical viewpoint, these findings suggest that on selecting the biological variables for estimating the performance of the vigor in each scarification method, those of greater preponderance (according to the main components) were, generally, the most reliable. The expression of such variables in the seed vigor was the most efficient, when sowings were carried out in the storage times identified through the index of efficiency.

The subjective analysis of the index of efficiency could indicate that realizing sowings at 4 mday, with previous scarification application, allows greater efficacy in the vigor expression by the performance of variables evaluated during the initial growth, while at 5 mday less reliable results are obtained, since both storage times showed the most negative values in 66.7 and 50 % of the experimental treatments, respectively.

For corroborating this consideration, a conglomerate analysis grouping the storage time was necessary according to the best or worst performance of the variables. From this, groups were created and, in each one, the expression of these variables was analyzed. At this level, it can be selected globally and integrally and with greater degree of reliability and logic which specific pre-sowing treatment must be applied or not to a seed lot which is explained by the relationship of this selection with the vigor.

The analysis of the results confirms that Ef indicates, through multivariate mathematical instruments, the relationship between the development of the variables measured and the storage period. The efficiency of the pre-sowing treatments used also supplies the information on vigor performance, after the application of either of them. However, from the efficiency indices, an analysis was made of the existing storage times with similar performances so as the response to the pre-sowing methods were the most effective and efficient possible for the estimation of seed vigor. The method utilized was the grouping analysis, in which during the crowding together process was decided to perform the cut for a given value of the dissimilarity coefficient (table 5), for the classification of the storage period and the formation of groups.

Table 5 shows the composition of the groups formed for each pre-sowing method, in function of the storage times studied.

Seeds of greater vigor were those that in the storage times showed the best expressions of the variables identified as of greater preponderance in the AMC. That is, those presenting the highest positive values for the index of efficiency, as well as the highest averages of such variables in the group where they were located according to the conglomerate analysis.

la emergencia y el crecimiento inicial de las plántulas.

Para el control, las variables de mayor preponderancia exhibieron el mayor desempeño a 0 mdia. Este es un resultado acertado, ya que las semillas no recibieron ningún tratamiento para atenuar o eliminar el estado dormante característico de esta especie y, obviamente, a 0 mdia, momento que coincide con la entrada de las semillas al almacén, la cubierta seminal aún no ha llegado a su máxima expresión de impermeabilización (Sano *et al.* 2016).

Desde el punto de vista práctico, estos hallazgos sugieren que al seleccionar las variables biológicas para estimar el comportamiento del vigor en cada método de escarificación, las de mayor preponderancia (de acuerdo con los componentes principales) fueron, generalmente, las más confiables. La expresión de dichas variables en el vigor de las semillas fue más eficiente, cuando se realizaron las siembras en los tiempos de almacenaje identificados mediante el índice de eficiencia.

El análisis subjetivo del índice de eficiencia pudiera indicar que realizar las siembras a 4 mdia, con previa aplicación de la escarificación, permite mayor eficacia en la expresión del vigor por el comportamiento de las variables evaluadas durante el crecimiento inicial; mientras que a 5 mdia se obtienen los resultados menos confiables, puesto que ambos tiempos de almacenaje mostraron los valores más negativos en 66.7 y 50 % de los tratamientos experimentales, respectivamente.

Para verificar esta consideración, fue necesario un análisis de conglomerados que agrupara los tiempos de almacenamiento, según el mejor o peor comportamiento de las variables. A partir de aquí se conformaron grupos y, en cada uno, se analizó la expresión de estas variables. A este nivel, se puede elegir, de manera global e integral y con mayor grado de confiabilidad y lógica, qué tratamiento presiembra específico se debe dar o no a un lote de semillas, lo que se explica por la relación de esta selección con el vigor.

El análisis de los resultados ratifica que el Ef indica, mediante instrumentos matemáticos multivariados, la relación entre el desenvolvimiento de las variables medidas y los períodos de almacenamiento. La eficiencia de los tratamientos presiembra utilizados también proporciona la información acerca del comportamiento del vigor, luego de la aplicación de uno u otro indistintamente. No obstante, a partir de los índices de eficiencia, se procedió a analizar la existencia de tiempos de almacenamiento con comportamientos similares para que la respuesta a los métodos presiembra fuera lo más eficaz y eficiente posible en la estimación del vigor de las semillas. El método utilizado fue el análisis de agrupamiento, en cuyo proceso de aglomeración se decidió realizar el corte para un valor determinado del coeficiente de disimilitud (tabla 5), con vistas a la clasificación del período de almacenamiento y la formación de los grupos.

La tabla 5 muestra la conformación de los grupos formados para cada método presiembra, en función de los tiempos de almacenamiento evaluados.

Table 5. Groups formed by the Cluster analysis for each pre-sowing method

Pre-sowing method	Coefficient of dissimilarity	Groups formed	Assessments (mday)
Ácid	1.34	I	0 and 4
		II	1 and 5
		III	2, 3, 8, 9, 10, 11 and 12
		IV	6 and 7
water	1.64	I	0, 2, 4, 6, 7 and 8
		II	1, 3, 5, 11 and 12
		III	9 and 10
Soaking	1.57	I	0
		II	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11 and 12
		III	5
		IV	9 and 10
Puncture	1.29	I	0 and 4
		II	1, 2, 3, 6, 7, 8, 11 and 12
		III	5
		IV	9 and 10
Cut	1.15	I	0, 2, 6 and 7
		II	1
		III	3, 4, 8, 9, 10, 11 and 12
		IV	5
Control	1.15	I	0, 1, 2, 3, 4 and 9
		II	5
		III	6, 7, 8, 10, 11 and 12

In group I, there was the highest average value for the variables LH and WRS, besides the second best value for LRS (table 6). The first two are within those identified in MC1 as those of greater variability for the sulphuric acid method, the same as the last variable mentioned, while the highest positive values of the index of efficiency (Ef) were observed at 0 and 4 mday, assessments from group I.

Group II included the storage times in which seedling not only had lower height, but also exhibited the smallest hypocotyls (table 6). Also, in this group the second worst value for LRS, WRS and WAP was registered. Storage times 1 and 5 mday manifested indices of efficiency considered as the worst, among the negative, of the acid method. From the above mentioned it is considered that in group II seeds express the lowest vigor.

Group III presented the worst values for the variables LRS, WRS and WAP. Similarly, the indices of efficiency for the evaluations integrating the group are considered low. All this performance leads to consider group III very close to group II though it was also viewed as of low vigor.

The analysis completed allowed determining that when acid was applied as pre-sowing scarification method at 0 and 4 mday, the highest seed vigor was expressed.

Las semillas de mayor vigor fueron aquellas que, en los tiempos de almacenamiento, presentaron las mejores expresiones de las variables identificadas como de mayor preponderancia en el ACP. Es decir, aquellas que presentaron los valores positivos más altos para el índice de eficiencia, así como los promedios más altos de dichas variables en el grupo en que se ubicaron, según el análisis de conglomerados.

En el grupo I, se encontró el valor promedio más alto para las variables altura, LH y PSR, además del segundo mejor valor para LSR (tabla 6). Las dos primeras están entre las identificadas en la CP1 como las de mayor variabilidad para el método del ácido sulfúrico, al igual que la última variable mencionada; mientras que los mayores valores positivos del índice de eficiencia (Ef) se observaron a 0 y 4 mday, evaluaciones pertenecientes al grupo I.

El grupo II comprendió los tiempos de almacenamiento en que las plántulas no solo fueron de menor altura, sino también exhibieron los hipocótilos más pequeños (tabla 6). Además, en este grupo se registró el segundo peor valor para LSR, PSR y PPA. Los tiempos de almacenamiento 1 y 5 mday manifestaron índices de eficiencia considerados los peores, entre los negativos, del método del ácido. Por lo antes expuesto, se considera que en el grupo II las semillas expresan el vigor más bajo.

El grupo III presentó los peores valores para las variables LSR, PSR, y PPA. De igual manera, los índices



In group I there was the highest average value for seedling height, LH and WAP (table 6). The first and the last of these variables were identified in MC1. From the six assessments integrating this group, in three of them the highest positive values of the index of efficiency (4, 6 and 7 mday) were observed without underestimating the three remaining (0, 2 and 8 mday). These can equally be considered adequate in view that they were the only positive after those previously mentioned.

In group II the lowest average values coincided for all the variables measured, except for WAP, although this value (0.15 g) is not much far from that registered by the variable mentioned in group III (0.02 g). In this the lowest value of the study was recorded. In table 4, 3 mday is identified as the assessment of higher negative value of the index of efficiency. However, the values at 1, 5, 11 and 12 mday also can be regarded as negative indices which were manifested in the worst performances for the variables of greater preponderance.

This performance indicates that seeds treated with hot water and agglomerated in group II, on arriving at the seedling stage grew and developed weakly. This could be associated with the fact that in the storage times of this group, the water at 80°C for three minutes damaged the feeding reserves contained in the cotyledons. It could also be related to the fact that the damage was produced in the embryo strictly speaking which has been explained by Navarro *et al.* (2010a, 2010b). Group II was classified as that of lowest vigor for seeds treated with hot water.

Results analyzed allowed stating that the highest vigor corresponds to seeds sown at 0, 2, 4, 6, 7 and 8 mday (group I), after staying three minutes in water at 80 °C.

Group II represented the storage times in which the hypocotyls were longest and WAP higher (table 6). In addition, it is appropriate to emphasize that the value recorded for the variable seedling height was the second highest for the method (5.83 cm, SD = 0.35) and was not far from group I, considered the highest value (6.43 cm SD = 2.36). Height at WRS tallied with the selected variables in MC1 and MC2. This group included, among other evaluations, the storage times 3 and 4 mday, considered by the index of efficiency as the highest positive values. In values equally positive there were the rest of the storage times that, in view of their similarity, were arranged in group II.

Group IV showed the maximum value for LRS and WAP representing an adequate valance between the two seedling axes. Even though the previously mentioned variables do not in correspond with those identified by MC1 and MC2, 9 and 10 mday showed high positive values for EfMC2. Therefore, this group can be regarded as of mean vigor or close to the high vigor.

de eficiencia para las evaluaciones que componen al grupo se consideraron bajos. Todo este comportamiento conduce a considerar al grupo III muy cercano al II, por lo que también se valoró como de vigor bajo.

El análisis realizado permitió determinar que cuando se aplicó el ácido como método de escarificación presiembra a 0 y 4 mdia, se expresó el vigor más alto de las semillas.

En el grupo I se encontró el valor promedio más alto para la altura de las plántulas, LH y PPA (tabla 6). La primera y la última de estas variables se identificaron en la CP1. De las seis evaluaciones que componen este grupo, en tres de ellas se observaron los valores positivos más altos del índice de eficiencia (4, 6 y 7 mdia), sin menospreciar los tres restantes (0, 2 y 8 mdia). Estos, igualmente, se pueden considerar adecuados, debido a que fueron los únicos positivos después de los mencionados anteriormente.

En el grupo II coincidieron los valores promedio más bajos para todas las variables medidas, excepto para PPA, aunque este valor (0.15 g) no distó mucho de lo registrado por la variable mencionada en el grupo III (0.02 g). En este se registró el menor valor del estudio. En la tabla 4 se identifica a 3 mdia como la evaluación de mayor valor negativo del índice de eficiencia. No obstante, los valores a 1, 5, 11 y 12 mdia también se pueden valorar como índices negativos, lo que se manifestó en los peores comportamientos para las variables de mayor preponderancia.

Este comportamiento indica que las semillas tratadas con agua caliente y aglomeradas en el grupo II, al llegar a la etapa de plántulas crecieron y se desarrollaron débilmente. Esto pudiera estar asociado a que, en los tiempos de almacenamiento de este grupo, el agua a 80 °C durante tres minutos dañó las reservas alimenticias contenidas en los cotiledones. También se pudiera relacionar con que el daño se produjo en el embrión propiamente dicho, lo que ha sido explicado por Navarro *et al.* (2010a, 2010b). El grupo II se clasificó como el de vigor más bajo para las semillas tratadas con agua caliente.

Los resultados analizados permiten afirmar que el vigor más alto corresponde a aquellas simientes que se sembraron a 0, 2, 4, 6, 7 y 8 mdia (grupo I), luego de permanecer tres minutos en agua a 80 °C.

El grupo II representó los tiempos de almacenaje en los que el hipocótilo era más largo y PPA fue mayor (tabla 6). Además, resulta oportuno destacar que el valor registrado para la variable altura de la plántula fue el segundo mayor para el método (5.83 cm, DS=0.35) y no distó del grupo I, considerado el valor más alto (6.43 cm, DS=2.36). La altura como PSR se correspondieron con las variables seleccionadas en la CP1 y CP2. Este grupo lo integraron, entre otras evaluaciones, los tiempos de almacenaje 3 y 4 mdia, considerados por el índice de eficiencia como los valores más altos positivos. En valores igualmente positivos se encontró el resto de los tiempos de almacenamiento que, por su semejanza, se agruparon en el grupo II.

El grupo IV presentó el máximo valor para LSR y PPA, lo que representó un equilibrio adecuado entre los

On the other hand, group III, or what it is the same, 5 mday, exhibited the minimum values for all the variables under study (table 6), except for WAP, although its value was not far from the minimum registered by group I (2.73 vs. 1.84 cm), since there was a standard deviation of 0.76. Similarly at 5 mday the worst variables of MC1 and MC2 were shown which was confirmed by the values of EfMC1 and EfMC2. This allowed stating that at 5 mday weak seedling were produced, though seed vigor was lower.

Regarding the vigor expression, it can be speculated that group II was of the highest vigor. This can be explained by the fact that 82 % of the storage times grouped herein manifested the best indices of efficiency for the variables identified in the analysis of main components.

dos ejes de las plántulas. Aunque estas variables no se corresponden con las identificadas por la CP1 y la CP2, 9 y 10 mdia presentaron altos valores positivos para la EfCP2. Por ello, este grupo se puede considerar como de vigor medio o cercano al de vigor alto.

Por su parte, el grupo III, o lo que es lo mismo, 5 mdia, presentó los mínimos valores para todas las variables en estudio (tabla 6), excepto para PPA, aunque su valor no estuvo distante del mínimo registrado por el grupo I (2.73 vs. 1,84 cm), puesto que evidenció una desviación estándar de 0,76. De igual manera, a 5 mdia se manifestaron peor las variables de la CP1 y la CP2, lo que se reafirmó por los valores de la EfCP1 y la EfCP2. Esto permite afirmar que a 5 mdia se produjeron plántulas débiles, por lo que el vigor de las semillas fue más bajo.

En cuanto a la expresión del vigor, se puede especular

Table 6. Average and standard deviations of the groups formed for seed vigor in the humid scarification

Group	Ht		Lrs		Lh		Wrs		Wap	
	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
II	2.33	0.29	6.44	5.39	2.67	0.29	3.78	2.78	1.29	1.21
III	5.63	1.62	2.83	0.33	5.63	1.62	2.00	0.38	0.11	0.01
IV	3.33	-	44.00	-	3.83	-	14.67	-	19.95	-
Water										
I	8.25	2.00	18.83	3.06	11.25	1.06	6.67	1.41	2.20	0.80
II	3.27	3.34	2.00	2.82	3.57	3.66	1.10	1.27	0.15	0.29
III	7.00	-	29.33	-	7.67	-	13.00	-	0.02	-
Soaking										
I	6.43	2.36	14.15	8.25	7.91	2.83	5.37	4.24	1.84	0.76
II	5.83	0.35	25.67	4.01	11.33	1.06	14.00	0.94	3.97	0.55
III	3.00	-	31.00	-	4.33	-	10.00	-	7.65	-
IV	2.33	-	0.33	-	2.33	-	0.33	-	2.73	-

In group I were concentrated the assessments with higher seedling height and LH (table 7), two of the variables selected by AMC. At the same time, the highest positive indices of efficiency for the variables of greater preponderance were observed at 0 and 4 mday, both storage times integrated group I. From the above mentioned can be inferred that this group was of the best seed vigor for the puncture method.

In group III the lowest average value for the variables height and LH were registered, as well as the second lowest value for LRS. Results for the index of efficiency show at 5 mday as the assessment in which the variables from MC1 (EfMC1) performed worst. All this explanation confirms that seeds from group III displayed the lowest vigor for the pre-treatment of puncture at the dorsiventral region.

In group III the storage times were arranged in which LRS, WRS and WAP exhibited the highest

que el grupo II fue el del vigor más alto. Esto se explica porque 82 % de los tiempos de almacenamiento agrupados aquí manifestaron los mejores índices de eficiencia para las variables identificadas en el análisis de componentes principales.

En el grupo I se concentraron las evaluaciones con mayor altura de plántulas y LH (tabla 7), dos de las variables seleccionadas por el ACP. Al mismo tiempo, los índices de eficiencia más altos positivos para las variables de mayor preponderancia, se observaron a 0 y 4 mdia, ambos tiempos de almacenaje integraron el grupo I. De lo anterior se deduce que este grupo fue el de mejor vigor de las semillas para el método del pinchazo.

En el grupo III se registró el menor valor promedio para las variables altura y LH, así como el segundo valor más bajo para LSR. Los resultados del índice de eficiencia muestran a 5 mdia como la evaluación en la que peor se expresaron las variables procedentes de la

records (table 7). The first two variables were selected in MC1 and MC2, respectively. Two of the storage times grouped in III, revealed the highest positive values of the index of efficiency for the variables of MC1. The rest of the assessments presented, indistinctly, good performance in MC1 and MC2. The overall analysis identified group III as of the highest vigor.

The variables height and LH had the best values in group I, although it must be noted that only the first one was identified as of greater preponderance. This group, in turn, showed the worst performance for WRS and the second lowest value for LRS (34.05 cm; SD = 1.65) which was close to the lowest (27.22 cm; SD = 10.61) registered by group IV. LRS and WRS were variables contained in MC1 and MC2, respectively, hence its unfavorable performance points at group I as of low vigor.

From the three groups created for the control, I and III showed similar performance regarding the average values of the studied variables, especially outstanding LRS and WAP (table 7). Nonetheless, it is convenient noting that for height and LH, group I was superior. In this same grouping two of the three variables selected excelled in MC1 and MC2; while for storage times of group I, the indices of efficiency of MC1 exhibited the only positive values for the control. Among them were 0 mday considered at the highest positive. From this analysis it can be stated that group I is of higher vigor.

In group II (5 mday) all the variables understudy presented low values, three of them with the lowest and two with the second lowest for the control. In addition, the index of efficiency identified 5 mday as the storage time in which the variables height and LRS (EfMC1) and WRS (EfMC2) were worst expressed.

The effects of the vigor level can persist and influence on the growth of the adult plant, the uniformity of the harvest and the yield of the species (Yue-Ming *et al.* 2013). Nevertheless, it cannot be calculated as a simple measurable property (as germination), since they are a concept describing different characteristics associated with diverse aspect of seed performance in the field (Ambika *et al.* 2014). For this reason, five of the indices were calculated and interpreted that, according to the independent criterion of some authors, determine the phenomenon named seed vigor or are much related to the estimation of such indicator.

Pre-sowing treatments, that included the soaking methods and the cover cut, were best represented in the groups of high vigor with 69.2 and 53.8 % of the total of storage times evaluated. A comparison between both scarifications shows the superiority of the soaking on the growth at 30 d and, consequently, in vigor expression, since it provoked the presence of a lower

CP1 (EfCP1). Toda esta explicación confirma que las semillas del grupo III exhibieron el vigor más bajo para el pretratamiento del pinchazo en la región dorsiventral.

En el grupo III, se agruparon los tiempos de almacenamiento en los que LSR, PSR y PPA exhibieron los registros más altos (tabla 7). Las dos primeras variables se seleccionaron en la CP1 y CP2, respectivamente. Dos de los tiempos de almacenamiento agrupados en III, mostraron los valores positivos más altos del índice de eficiencia para las variables de la CP1. El resto de las evaluaciones presentó, indistintamente, buen comportamiento en la CP1 y la CP2. El análisis en su conjunto identificó al grupo III como el de vigor más alto.

Las variables altura y LH tuvieron los mejores valores en el grupo I, aunque es de señalar que solo la primera se identificó como de mayor preponderancia. A su vez, este grupo mostró el peor comportamiento para PSR y el segundo valor más bajo para LRS (34.05 cm; DS=1.65), que estuvo cercano al menor (27.22 cm; DS=10.61) registrado por el grupo IV. LRS y PSR fueron variables contenidas en la CP1 y la CP2 respectivamente, por lo que su desfavorable comportamiento señala al grupo I como el de vigor bajo.

De los tres grupos que se formaron para el control, I y III mostraron comportamiento similar en cuanto a los valores promedio de las variables estudiadas, en especial se destacaron LRS y PPA (tabla 7). No obstante, es conveniente destacar que para altura y LH, el grupo I fue superior. En esta misma agrupación sobresalieron dos de las tres variables seleccionadas en la CP1 y la CP2; mientras que para los tiempos de almacenamiento del grupo I, los índices de eficiencia de la CP1 exhibieron los únicos valores positivos para el control. Entre ellos se encontraba 0 mdia, considerado el más alto positivo. De este análisis se puede plantear que el I es el grupo de vigor más alto.

En el grupo II (5 mdia), todas las variables en estudio presentaron valores bajos, tres de ellas con los más bajos, y dos con los segundos más bajos para el control. Además, el índice de eficiencia identificó a 5 mdia como el tiempo de almacenamiento en el que peor se expresaron las variables altura y LRS (EfCP1) y PSR (EfCP2). Los razonamientos anteriores conducen a identificar al grupo II como el de vigor más bajo.

Los efectos del nivel de vigor pueden persistir e influir en el crecimiento de la planta adulta, la uniformidad de la cosecha y el rendimiento de la especie (Yue-Ming *et al.* 2013). Sin embargo, no se pueden calcular como una simple propiedad medible (como la germinación), sino que son un concepto que describe varias características asociadas con diversos aspectos del desempeño de las semillas en el campo (Ambika *et al.* 2014). Por esta razón, se calcularon e interpretaron cinco de los índices que, según el criterio independiente de algunos autores, determinan el fenómeno llamado vigor de la semilla o están muy relacionados con la estimación de dicho indicador.

Los tratamientos presiembra, que incluyeron el

Table 7. Average and standard deviations of the groups formed for seed vigor in the dry scarification and the control

Group	Ht		Lrs		Lh		Wrs		Wap	
	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD	x	SD
Puncture										
I	7.67	2.47	24.78	20.51	8.58	1.30	9.56	4.95	5.61	5.34
II	4.67	-	63.00	-	5.00	-	37.00	-	32.07	-
III	1.67	-	9.33	-	1.67	-	8.67	-	3.79	-
IV	5.00	0.94	8.20	1.89	5.67	0.47	3.87	0.47	1.01	0.24
Cut										
I	6.62	0.71	34.05	1.65	7.69	1.18	14.71	1.89	9.09	0.12
II	5.00	-	59.67	-	5.00	-	56.33	-	33.86	-
III	3.00	-	87.67	-	3.00	-	67.67	-	82.89	-
IV	4.17	0.35	27.22	10.61	4.50	0.24	16.22	9.19	6.11	1.64
Control										
I	6.42	0.47	32.54	9.07	9.13	1.30	11.92	1.65	7.29	2.11
II	5.06	0.35	7.22	5.42	6.06	0.47	2.89	0.24	0.69	0.45
III	4.67	0.47	33.50	7.31	5.75	1.06	14.67	1.89	7.62	3.01

amount of assessments in the groups of low vigor (7.7 vs. 30.5 %). On the other hand, the worst performance was for  $H_2SO_4$  application for 15 min. and the puncture at the dorsiventral region of the seeds, both methods with 15.4 % of the total of storage times, although the acid provoked a low vigor performance in 69.2 % of the assessments. From this the scarce applicability of this method is deduced.

Seed stored at 4 mday appeared in the groups of high vigor of all the pre-sowing methods evaluated, besides the control. In spite of this, 2 and 3 mday could be considered as storage times in which seeds expressed similarly a high vigor for water, soaking and control in the first evaluation mentioned and for soaking, cut and control in the second, owing that in each one of these methods 2 and 3 mday appeared in the same group that 4 mday.

The soaking treatments in water at environmental temperature for 24 h and the cover cut exhibited the best performance of the seed vigor. Among these two, the soaking showed evident superiority in vigor expression. Seeds, to which  $H_2SO_4$  were applied for 15 min, as well as manipulated with the puncture at the dorsiventral region, manifested low vigor when evaluated during the initial growth stage of the seedlings (30 d).

The index of efficiency allowed estimating that seeds assessed at 4 mday propitiated the best growth and development of seedlings which leads stating that seeds stored four months after harvest express higher vigor. In the same way, the mathematical sequence used permitted determining the influence of the evaluations at 2 and 3 mday on seed vigor in 50 % of the pre-sowing methods, including the control.

método del remojo y el corte de cubierta, estuvieron mejor representados en los grupos de vigor alto, con 69.2 y 53.8 % del total de los tiempos de almacenamiento evaluados. Una comparación entre ambas escarificaciones muestra la superioridad del remojo en el crecimiento a los 30 d y por ende, en la expresión del vigor, ya que provocó la presencia de una menor cantidad de evaluaciones en los grupos de vigor bajo (7.7 vs. 30.5 %). Por otra parte, el peor comportamiento fue para la aplicación del  $H_2SO_4$  durante 15 min. y el pinchazo en la región dorsiventral de las semillas, ambos métodos con 15.4 % del total de los tiempos de almacenamiento, aunque el ácido provocó un comportamiento bajo del vigor en 69.2 % de las evaluaciones. De esto se deduce la escasa aplicabilidad de este método.

Las semillas almacenadas a 4 mdia aparecen en los grupos de vigor alto de todos los métodos presiembra evaluados, además del control. No obstante, se pudieran considerar 2 y 3 mdia como tiempos de almacenamiento en los que las semillas expresan de igual manera un vigor alto para agua, remojo y control en la primera evaluación mencionada, y para remojo, corte y control en la segunda, debido a que en cada uno de estos métodos, 2 y 3 mdia aparecen en el mismo grupo que 4 mdia.

Los tratamientos de remojo, en agua a temperatura ambiente durante 24 h, y el corte de cubierta mostraron el mejor comportamiento del vigor de las semillas. Entre estos dos, el remojo mostró evidente superioridad en la expresión del vigor. Las simientes, en las que se aplicó  $H_2SO_4$  durante 15 min, así como se manipularon con el pinchazo en la región dorsiventral, manifestaron vigor bajo cuando se evaluó durante la etapa de crecimiento inicial de las plántulas (30 d).

El índice de eficiencia permitió estimar que las semillas evaluadas a 4 mdia propiciaron el mejor crecimiento y desarrollo de las plántulas, lo que conduce

a afirmar que las simientes almacenadas cuatro meses después de la cosecha expresan el vigor más alto. Del mismo modo, la secuencia matemática utilizada permitió determinar la influencia de las evaluaciones a 2 y 3 mdia en el vigor de las semillas en 50 % de los métodos presiembra, con la inclusión del control.

### References

- Ambika, S., Manonmani, V. & Somasundar, G. 2014. "Review on Effect of Seed Size on Seedling Vigour and Seed Yield". *Research Journal of Seed Science*, 7(2): 31–38, ISSN: 1819-3552, DOI: 10.3923/rjss.2014.31.38.
- Braga, S. L. O., Fernandes, V. J., de Araújo, R. C. & Abreu, J. J. de S. 2013. *Sementes: produção, qualidade e inovações tecnológicas*. Brasil: Pelotas, 571 p., Available: <[https://www.researchgate.net/publication/259737821\\_Analise\\_de\\_Imagens\\_na\\_Avaliacao\\_da\\_Qualidade\\_Fisiologica\\_de\\_Sementes](https://www.researchgate.net/publication/259737821_Analise_de_Imagens_na_Avaliacao_da_Qualidade_Fisiologica_de_Sementes)>, [Consulted: December 13, 2016].
- Filho, J. M. 2015. *Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas*. Londrina, PR: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes - ABRATES, 659 p., ISBN: 978-85-64895-03-4, Available: <<http://www.abrates.org.br/tecnico/publicacoes/fisiologia-de-sementes-de-plantas-cultivadas-detail>>, [Consulted: December 13, 2016].
- 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): 187–196, 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): 263–274, ISSN: 0864-0394.
- Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D. & Balestrazzi, A. 2015. "Seed priming: state of the art and new perspectives". *Plant Cell Reports*, 34(8): 1281–1293, ISSN: 0721-7714, 1432-203X, DOI: 10.1007/s00299-015-1784-y.
- Paulino, J., Folegatti, M. V., Flumignan, D. L., Zolin, C. A., Barboza Júnior, C. R. A. & Piedade, S. M. de S. 2011. "Crescimento e qualidade de mudas de pinhão-manso produzidas em ambiente protegido". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(1): 37–46, ISSN: 1807-1929, DOI: 10.1590/S1415-43662011000100006.
- Sano, N., Rajjou, L., North, H. M., Debeaujon, I., Marion-Poll, A. & Seo, M. 2016. "Staying Alive: Molecular Aspects of Seed Longevity". *Plant and Cell Physiology*, 57(4): 660–674, ISSN: 0032-0781, 1471-9053, DOI: 10.1093/pcp/pcv186.
- 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.
- Yue-Ming, L., Nan, H., Li-Hui, S., Qing-Fang, Z. & Yu-Sheng, Y. 2013. "Research Progress of Seed vigor Test Methods". *Liaoning Agricultural Sciences*, (1): 38–40, ISSN: 1002-1728.

**Received: January 4, 2016**