



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**  
**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES**  
*Indio Hatuey*

**Tesis presentada en opción al título de Máster en Pastos y  
Forrajes**

**Efecto de la escarificación y el EcoMic® en el vigor de las semillas  
de *Albizia lebeck* (L.)**

**Autor(a):**

**Ing. Maylin Rodríguez García**

**Tutor(a):**

**Dr. C. Odalys de la C. Toral Pérez**

**Yaguajay, Sancti Espiritu**

**2018**

## Tabla de contenido

Introducción.....	5
Capítulo I. Revisión Bibliográfica .....	4
I.1 Albizia lebbeck (L.) Benth.....	4
I.1.1 Usos en sistemas productivos.....	6
I.2 Germinación y emergencia .....	8
I.2.1 La dormancia física .....	10
I.2.2 La escarificación como método presiembra.....	11
I.3 El vigor de las semillas.....	14
I.4 El EcoMic®.....	17
Capítulo II. Materiales y Métodos .....	19
Procedencia del material experimental .....	19
Diseño experimental y tratamientos .....	19
Variables estudiadas .....	20
Procesamiento estadístico de los resultados .....	21
Capítulo III. Resultados y Discusión .....	1
Comportamiento a los 30 días.....	2
Comportamiento a los 60 días.....	7
Estimación del vigor .....	11
Conclusiones.....	40
Recomendaciones.....	41
Referencias Bibliográficas .....	42

## **Dedicatoria**

**A mi familia**, por su cariño y amor infinito, por creer en mí y apoyarme en el desarrollo de mis estudios.

**A mis compañeros de trabajo y mis amigos**, por su ayuda incondicional.

**A todos** los que creen que un mundo mejor es posible.

## **Agradecimiento**

Aunque el presente trabajo tiene un carácter individual, en él está presente el esfuerzo de de un grupo de personas y colectivos.

A la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey y a sus profesores en sentido general, por su participación en mi formación profesional.

A la Filial Universitaria de Yaguajay y sus profesores, por su participación en todo el proceso de la Maestría.

Agradezco, muy personalmente, a la Dra. Mildrey Soca Pérez, profesora de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey por su apoyo en la realización del proyecto de tesis.

A la Dra. C. Martha Hernández Chávez y la M. Sc. Wendy Ramírez Suarez por su valiosa ayuda en la tutoría del presente trabajo.

A todos los que me ayudaron incondicionalmente.

A todos muchas gracias.

## Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de los tratamientos presiembra en el vigor de las semillas de *Albizia lebbbeck* (L.) durante el crecimiento inicial de las plántulas, fueron colectadas de árboles madres en una plantación que se encuentra en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”. Las siembras se realizaron en un vivero a pleno sol, se utilizaron bolsas con un sustrato compuesto por una mezcla de suelo ferralítico rojo y materia orgánica, en partes iguales (1:1). El riego fue a saturación. Para el estudio de las variables medidas durante la emergencia de plántulas en cada tratamiento presiembra, se empleó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (7x2), en el que los factores estuvieron determinados por los métodos presiembra (7) y los tiempos de evaluación (2). En cada uno de los métodos y evaluaciones se emplearon 400 semillas, distribuidas en cuatro repeticiones. Los tratamientos estudiados fueron: Ácido + EcoMic®, Agua caliente + EcoMic®, Remojo + EcoMic®, Pinchazo + EcoMic®, Corte + EcoMic®, EcoMic® y Control. Las variables fueron medidas a los 30 y 60 días posteriores a la siembra y se seleccionaron 10 plántulas en cada una de las repeticiones por cada método de escarificación presiembra: altura de la plántula, largo sistema radicular y longitud hipocótila. A los 30 días posteriores a la siembra el tratamiento que combina el corte de cubierta y la aplicación del EcoMic® fue el que mostró el mejor comportamiento para todas las variables en estudio. La evaluación de las plántulas de albizia en el vivero a los 60 días indicó que los valores más altos para las variables peso del sistema radicular y el peso de la parte aérea se registraron en el tratamiento pinchazo+ EcoMic® y a su vez el largo del sistema radical y la longitud del hipocótilo mostraron el mejor comportamiento en el tratamiento corte de cubierta + EcoMic®. La altura de las plántulas fue mayor en ambos tratamientos presiembra. Se recomienda la aplicación de los tratamientos con el corte de cubierta y la combinación de bioestimulantes del crecimiento

Palabras claves: Albizia, tratamientos presiembra, bioestimulantes del crecimiento.

## Introducción

Dentro de la inmensa diversidad biológica que ofrecen las regiones tropicales, se encuentra la leñosa perenne *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. Diferentes estudios en Cuba ratifican sus bondades como árbol multipropósito (Febles y Ruiz, 2008) y de acuerdo con Paretas y López (2006) esta es una de las especies arbóreas tropicales que en Cuba se ha identificado como promisoría para los sistemas productivos actuales, que involucran plantas y animales en un contexto agroecológico (Paretas y López 2006).

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 (Marcos 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).

La emergencia de plántulas se relaciona, principalmente, con el tiempo y la velocidad de germinación de las semillas, lo que a su vez está condicionado por la dormancia y la temperatura del sustrato, sin dejar de mencionar la disponibilidad de agua y la elección de la fecha de siembra (Gardarin, Dürr y Colbach, 2011).

De acuerdo con Navarro, Febles y Torres (2012), la estimación del vigor –en su concepto integrado y dinámico– constituye la interacción de las propiedades bióticas y abióticas que influyen en las semillas y que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de estas en el tiempo, tales como: las expresiones de la viabilidad, la dormancia, la germinación y la emergencia. Por ello, para predecir la emergencia de las plántulas en el campo se debe considerar el vigor de la semilla como parte esencial de la calidad.

La presencia de dormancia en las semillas de *A. lebbeck* limita la uniformidad del crecimiento inicial y por ende la supervivencia en campo de esta especie. En el país esta especie constituye una alternativa para los actuales sistemas de producción agrosilvopastoriles y con el propósito de potenciar la germinación, emergencia y crecimiento se ha estudiado el comportamiento durante el almacenamiento, los métodos de escarificación para la ruptura de la dormancia, así como el momento más idóneo para la siembra en vivero.

### **Problema científico**

se desconoce cómo interactúan los diferentes métodos de escarificación seca y húmeda en combinación con un bioproducto de producción nacional como el EcoMic® cuando las siembras se realizan en la fecha donde las semillas expresan el mejor comportamiento durante el almacenamiento al ambiente.

### **Hipótesis**

Si la escarificación de las semillas de *Albizia lebbeck*, como tratamiento para la ruptura de la dormancia física, se combina con la aplicación del EcoMic® entonces el vigor de las simientes podría ser mayor si se estima a partir de las evaluaciones durante el crecimiento inicial de las plántulas.

Para dar respuesta a esta hipótesis de trabajo se establecieron los objetivos que se mencionan a continuación.

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto de los tratamientos presiembra en el vigor de las semillas de *Albizia lebbeck* (L.) durante el crecimiento inicial de las plántulas

### **Objetivos generales**

- Evaluar el comportamiento de la escarificación húmeda, seca y la aplicación del EcoMic® como tratamientos presiembra a los 30 y 60 días en el vivero a pleno sol.
- Determinar la eficiencia de los tratamientos presiembra en la expresión del vigor de las semillas a los 30 y 60 días en el vivero a pleno sol.

## Capítulo I. Revisión Bibliográfica

### I.1 *Albizia lebeck* (L.) Benth

*Albizia lebeck* (L.) Benth. es una especie leñosa perenne del género *Albizia* Durazz. que se ubica dentro de la familia *Leguminosae*, subfamilia *Mimosoideae* (Lowry et al. 1994). El género *Albizia* ha sido descrito por Nielsen (1992) y comprende unas 150 especies que predominan en el pantrópico (Joker 2000); en la flora de Cuba aparece representado por sólo dos especies: *Albizia lebeck* (L.) Benth. y *A. cubana* Britton & Wilson, esta última endémica (Bässler 1998).

Es una especie nativa del sudeste asiático y el norte de Australia, áreas con una marcada estación seca y con influencia del monzón, respectivamente. Según Sosef *et al.* (1998) se adapta a diversas condiciones de suelo y clima. En Cuba fue introducida y naturalizada en la vegetación secundaria de montes semicaducifolios (Betancourt 2000) y se encuentra sembrada en lugares ruderales (Bässler 1998).

*A. lebeck* también se conoce por diferentes basónimos o sinónimos, estos son: *Mimosa lebeck* L., *Acacia lebeck* (L.) Willd., *Feuilleea lebeck* (L.) Kuntze., *Acacia speciosa* (Jacq.) Willd. y *Mimosa sirissa* Roxb. (Barneby y Grimes 1996; Bässler 1998).

A esta especie se le atribuye una amplia variedad de nombres vernáculos, los cuales varían en dependencia de la región geográfica donde se encuentre (Betancourt 2000); en Cuba se le conoce como algarrobo de olor, músico, aroma francés, faurestina, florestina y cabellos de ángel (Baró y Ventosa 1999).

Aunque en febrero se produce la desecación masiva de las legumbres, éstas permanecen un período suficientemente amplio en la planta, el cual facilita la recolección manual, que debe comenzar con el cambio de coloración del verde al pardo claro, o sea, al desaparecer las últimas manchas verdes.

Según Jøker (2000) las plantas comienzan su floración y fructificación cuando tienen altura de 1,5-3,0 m e incrementan sus rendimientos con la adultez, llegando a producir entre 30 y 40 kg de legumbres secas, cada una de las cuales aloja transversalmente entre 6 y 12 semillas. Este mismo autor señaló que en 1 kg pueden encontrarse de 7 000 a 12 000 simientes.

Las semillas del algarrobo son pequeñas (de 7 a 11 por 6 a 9 mm) y se ha reportado que se encuentra entre 7 000 a 11 000 semillas/kg en Brasil (Sánchez, 2013), sin embargo, en México el número de semillas reportado por kilogramo es de 4 800 a 9 200, pudiéndose alcanzar hasta 16 000 semillas (Kohai, 2009). Mientras que en Cuba, se ha reportado, por Matías y Ruz (1996), la mayor producción en cuanto a rendimientos en el tercer año de establecimiento de la planta (977,4 kg/ha) con marco de siembra de 16 m<sup>2</sup>.

Crece en una amplia gama de regímenes de lluvia que puede variar entre 600 y 2 500 mm anuales, e incluso muestra buen crecimiento en zonas con precipitaciones cercanas a los 300 mm. En sentido general, se puede establecer en áreas con irregularidad en la frecuencia de lluvia (Toky *et al.* 1996).

Es un árbol fijador de nitrógeno que se desarrolla en altitudes que pueden variar desde 0 hasta 1 800 msnm, con temperatura anual media de 20-35°C, y en suelos francos bien drenados, pero pobres en arcillas pesadas. Es tolerante a la acidez, la alcalinidad, la sequía, a los suelos erosionados y pesados y a los terrenos anegados (Jøker 2000).

La dispersión de las semillas suele ocurrir, principalmente, debido a la acción del viento fuerte, y se pueden trasladar hasta centenares de metros de distancia. Además se plantea que algunas simientes logran atravesar el tracto intestinal del ganado (Lowry *et al.* 1994).

Es una especie fotoperiódica de días cortos y las primeras flores aparecen en los meses de abril y mayo. Sin embargo, no se aprecian frutos hasta la floración del inicio de la época seca (noviembre-diciembre) y produce una sola cosecha de semillas, comprendida entre los meses de febrero y abril en dependencia de la región (Hechavarría *et al.* 2000).

Según el comportamiento de las semillas durante el almacenamiento, *A. lebbbeck* es una especie ortodoxa y la viabilidad se mantiene por algunos años en cámaras frías con bajo contenido de humedad y en envases herméticos (Jøker, 2000).

Puede ser establecida mediante: i) la siembra directa en el campo; ii) usando bolsas con sustrato para la estimulación del crecimiento; o iii) como plántulas de raíz desnuda. Cuando se siembra directamente en el campo es necesario la limpieza de las malezas. Para reducir el período de establecimiento en campo las plántulas pueden permanecer en el vivero y luego ser trasplantadas; se ha demostrado que a los 3-4 meses después de la

siembra en el vivero (bolsas) es el momento idóneo para el trasplante al campo (Burrows y Prinse 1992).

### **I.1.1 Usos en sistemas productivos**

Matías (2000), al estudiar el efecto combinado de la densidad de plantas por hectárea y la frecuencia de poda, concluyó que con 16 m<sup>2</sup> /planta (833 plantas/ha) como marco de siembra y la poda cada 2 años se obtienen altos rendimientos de semilla.

Los conejos mostraron un crecimiento adecuado cuando se alimentaron con hojas de albizia, incluidas hasta 50% en la dieta (Lowry *et al.* 1992).

Los ovinos tuvieron un alto consumo voluntario de las hojas caídas. Schlink *et al.* (1991) demostraron que todas las fracciones ofrecidas como suplemento produjeron incremento en el consumo de materia seca digestible, en dietas basales de baja calidad.

Las hojas, las flores y las vainas caen secuencialmente durante la época seca, por lo que se pueden utilizar por los animales en pastoreo; por tanto, se puede afirmar que existe un valor suplementario directo de la albizia en sistemas de pastoreo extensivo (Kaitho *et al.* 1997).

Por sus características la albizia también se puede usar en sistemas Taungya, donde se combinan árboles con cultivos temporales en los primeros años de establecimiento (Schlönvoigt 1998).

Uno de los aspectos más interesantes de *A. lebbeck* en el papel multipropósito es que, además de suministrar alimento directamente, contribuye a incrementar la productividad y calidad de la dieta (Lowry *et al.* 1994).

Estudios realizados en Australia mostraron que la calidad del pasto bajo los árboles se mantuvo 2 meses después del inicio de la época seca (Wild *et al.* 1993). La causa de este efecto pudiera estar relacionada con el mejoramiento de la humedad en la superficie del suelo sombreado, lo cual incrementa la descomposición de la hojarasca y la mineralización de la materia orgánica (Larby *et al.* 1996); ello parece indicar que el árbol proporciona una solución biológica al problema de la disminución de la calidad del pasto en la estación seca. No obstante, en los sistemas agroforestales no se pueden obviar

otros efectos como la temperatura, la radiación solar que llega al suelo y la especie de pasto que crece bajo su dosel (Ruiz y Febles 2003).

De acuerdo con los resultados de Soca *et al.* (1999), el heno de esta especie arbórea presenta apreciable potencial alimenticio para los rumiantes en el área tropical; mientras que Lamela y Simón (1998) sugieren que la harina de legumbres en proporciones entre 50 y 85% ofrece perspectivas como suplemento para las vacas en ordeño.

Cáceres (1998), al determinar el valor nutritivo del follaje de *A. lebbbeck*, encontró valores de proteína bruta de 25,0 y 23,5%, con digestibilidad de 76,4 y 79,4%; la digestibilidad de la materia orgánica fue de 61,2 y 61,7%, el contenido de energía metabolizable de 8,91 y 9,00 MJ/kg de MS y el consumo de materia seca de 58,7 y 47,0 g/kg PV<sup>0,75</sup> para lluvia y seca, respectivamente. Estos resultados indican que el follaje de esta leguminosa arbórea presenta un potencial alimenticio apreciable para los rumiantes en el trópico. Además, otros estudios exponen lo ventajosa que resulta la utilización de dicho follaje en mezcla con forraje de king grass, al elevar el valor nutritivo de la ración (Santana *et al.* 1998).

Crespo y Fraga (2002) determinaron que entre los componentes de la hojarasca acumulada por *A. lebbbeck*, la mayor contribución la hacen las vainas, que además contribuyen en mayor medida al retorno de nutrientes, principalmente de N, en el sistema. Diversos autores informaron el elevado valor de la concentración de N en las vainas de esta planta.

La leña que produce *A. lebbbeck* es densa y el valor calorífico de la madera secada al aire es de 5 200 kcal/kg (Bhat 1997); la madera es relativamente dura pero fácilmente trabajable; se usa para muebles, en construcciones interiores y postes. También es valorada para el establecimiento de cortinas rompevientos y como árbol melífero, gracias a la producción tanto de néctar como de polen; además, su profundo sistema radicular la convierte en una buena opción para la conservación del suelo y el control de la erosión (Jøker, 2000).

La *A. lebbbeck* también se emplea en la permacultura en sistemas agroforestales dispersos en potreros, linderos, en asociaciones de cultivos. Proporciona un efecto restaurador como acolchonado (hojarasca) conservando los suelos de la erosión (presenta nódulos fijadores

de nitrógeno en las raíces), como barreras rompe vientos y para el consumo animal (Benites, 2016).

Esta especie también se ha empleado en la alimentación animal. En este sentido se reporta el estudio realizado por Lamela y Simón (1998) quienes midieron el efecto de suministrar durante el ordeño un suplemento confeccionado con harina de legumbres secas de *A. lebbeck* sola o combinada con saccharina rústica en cuatro tratamientos. El resultado fue alentador, superior al 50 %, y se alcanzó una producción de leche similar a la que se obtiene cuando se emplea un concentrado comercial a base de materias primas de importación.

También Montejo *et al.* (2010) emplearon pienso criollo con harina de *A. lebbeck* para la ceba de conejos alimentados con bejuco de boniato, alcanzándose como resultados que al garantizar 29,1 % de los 150 g de MS que deben consumir los conejos de ceba con un pienso criollo elaborado con esta harina y diferentes suplementos energéticos–proteicos y cubrir el otro 70,9 % con forraje de bejuco de boniato, los conejos obtienen una ganancia por encima de 16 g/día.

### **1.2 Germinación y emergencia**

La germinación se define como aquellos eventos que se inician con la captación de agua por la semilla y finalizan con la elongación de los ejes embrionarios y la penetración de la radícula por las estructuras que rodean el embrión (Bewley, 1997). Según Besnier (1965) la aparición de la radícula a través de las cubiertas seminales es el primer indicio visible de la germinación. Esta marca la transición desde un estado dependiente de la fuente de nutrimentos (planta madre) hacia un germen independiente, capaz de tomar las sustancias minerales y crecer por sí solo; por ello la germinación conforma el eslabón final del proceso de manipulación de la semilla.

Mientras que la mayoría de las semillas son resistentes a condiciones ambientales adversas, los brotes recién germinados y las plántulas jóvenes son frecuentemente muy vulnerables. Una vez que la germinación ha comenzado, el estrés por agua, luz y temperatura puede ser fatal; por ello se requieren las mejores condiciones posibles durante el proceso germinativo y el establecimiento (Baskin y Baskin 2014; Baskin *et al.* 2006a).

En la germinación epigea se hace visible un tallito alargado y luego ocurre el rápido alargamiento del hipocótilo, que trae como consecuencia la emergencia de los cotiledones y la plúmula. Una vez emergidos los cotiledones, se comienza a alargar la plúmula que hasta ese momento se desarrolló poco; de este alargamiento surge el futuro tallo.

La emergencia de plántulas es, el evento fenológico que más influye en el éxito de una plantación; representa el momento en el cual una plántula se hace independiente de las reservas seminales no renovables, originalmente producidas por sus progenitores, y cuando comienza el autotrofismo fotosintético, el tiempo de emergencia muchas veces determina si una planta compite exitosamente con sus vecinos, si es consumida por los herbívoros, infestada por las enfermedades y si florece, se reproduce y madura al final de su etapa de crecimiento (Forcella et al. 2000). No obstante, los factores ambientales durante estos eventos no pueden obviarse.

En condiciones de campo, la emergencia de plántulas está determinada por múltiples y complejas interacciones entre las condiciones ambientales, el suelo y las características intrínsecas de la semilla y de la plántula (Wang 2005).

La *A. lebeck*, presenta germinación epigea (Saavedra, 2013). En este tipo de germinación los cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). Posteriormente, en los cotiledones se diferencian los cloroplastos transformándolos en órganos fotosintéticos y actuando como si fueran hojas. Finalmente comienza el desarrollo del epicótilo (porción del eje comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas), según lo planteado por (Alzugaray et al. 2007).

Luego de la emergencia de las semillas, la plántula pasa por un estado de transición, durante el cual va produciendo algunos asimilados, pero aun depende de desdoblamiento de sustancias de reserva. A medida que la plántula se fija en el suelo o sustrato preparado donde previamente se sembraron las semillas para luego ser trasplantadas, gradualmente se independiza de los tejidos de reserva ya cansados y se completa el proceso. De ahí la plántula comienza a absorber agua y a fotosintetizar autónomamente donde ya si es posible que ya se haya terminado el proceso de germinación.

### **I.2.1 La dormancia física**

Para un amplio número de especies las semillas intactas no germinan cuando se les brindan las condiciones que normalmente favorecen el proceso germinativo (Cohn, 2006) y éstas pueden ser: humedad adecuada (agua), régimen apropiado de temperaturas, una atmósfera normal (oxígeno) y en algunos casos la luz (Hilhorst y Toorop, 1997). A este fenómeno en la fisiología de las plantas se le denomina con el término dormancia. Diversos esquemas para la clasificación de la dormancia se publicaron internacionalmente. Los más notables son los de Harper (1977), Nikolaeva (1969, 1977) y Lang (1987).

La dormancia es una característica dependiente de la especie y el genotipo; además, los factores ambientales pueden tener efectos significativos en la expresión fenotípica de la germinación y se conoce que estos interactúan con el genotipo (Foley y Fennimore 1998; Geneve 2003; Dias 2005).

Según Li y Foley (1997) y Baskin y Baskin (2005), la presencia de dormancia en las semillas actúa como modulador de la regeneración de las especies vegetales, además de convertirse durante la evolución de las plantas en una estrategia para evitar la germinación en las condiciones donde es probable que la supervivencia de la plántula sea baja.

La dormancia física es causada por una densa capa de células empalizadas, impregnadas con sustancias repelentes al agua, las cuales inhiben la imbibición (Baskin y Baskin, 2014) y ofrecen alta resistencia física para el crecimiento del embrión (Allen y Meyer 1998; Alves et al. 2004). Esto ocurre en aproximadamente 15 familias de plantas superiores que incluyen a Leguminosae (Morrison et al. 1998; Baskin et al. 2000; Turner et al. 2005) y de acuerdo con Kigel (1995) y Baskin y Baskin (1998) es la forma más común de dormancia en árboles y arbustos de regiones tropicales, entre los que se destacan según Willan (2000) los géneros *Acacia*, *Prosopis*, *Ceratonia*, *Robinia*, *Albizia* y *Cassia*.

Navarro *et al.* (2016a) al estudiar la capacidad germinativa de las semillas de *A. lebbeck* determinaron que existe una dormancia de aproximadamente 50%, que no disminuye de manera perceptible en el transcurso de un año y además concluyeron que el almacenamiento de las semillas durante un año fue un método útil, mediante el que se

pudo determinar la existencia de dormancia y el comportamiento de la viabilidad, la germinación y la emergencia.

### **I.2.2 La escarificación como método presiembra**

La escarificación es una técnica elemental para romper la dormancia de las semillas duras (van Klinken et al. 2006) de leguminosas arbóreas, como por ejemplo: Acacia, Leucaena y Albizia, que son un componente importante de los bosques tropicales. Las cortezas seminales duras constituyen el medio para proteger las semillas contra ataques fúngicos y también de insectos, en condiciones de altas temperaturas y humedad (Leadem 1997).

Según Hilhorst *et al.* (2010) el pretratamiento con agua caliente se considera de influencia en la permeabilidad de los estrofiolos. Sin embargo, cualquier parte de la cubierta seminal se puede convertir en un punto más débil donde el agua, finalmente, penetra.

Como las semillas pierden agua durante el proceso de maduración, las células del parénquima en empalizada se convierten en una capa mucho más herméticamente condensada, por lo que la cubierta seminal es más impermeable (Schmidt 2000).

Dentro de cualquier especie la dormancia puede variar desde muy superficial hasta muy profunda entre los diferentes lotes y entre semillas individuales dentro del lote. Un ejemplo lo constituyen las semillas recién colectadas de *Albizia gummifera* de la procedencia Kakamega, que según Schmidt (1988) germinaron rápidamente en el bosque húmedo, lo cual indica que en estas condiciones no exhibieron la dormancia física fuerte propia de la especie.

Se conoce que el grado de dormancia física difiere entre las especies, el estado de madurez y el grado de desecación, por lo que es aconsejable que la elección del pretratamiento se ajusta apropiadamente a cada especie (Taylor 2003). De acuerdo con CATIE (2000a), la destrucción de la impermeabilidad en un punto único de la cubierta seminal es suficiente para permitir la imbibición e intercambio de gases.

El contenido de humedad (CH) de las semillas se relaciona con la dormancia física, por lo que las simientes jóvenes tienden a mostrar menos dormancia que las semillas viejas. La impermeabilidad completa en *Leguminosae* se desarrolla con un CH entre 12 y 14%. Sin

embargo, la dormancia continúa manifestándose aún con contenidos de humedad menores (Poulsen et al. 1998).

El corte o la eliminación de una pequeña porción de la corteza en el extremo opuesto al embrión, con un instrumento filoso, puede ser eficaz cuando se realiza con cuidado, ya que la semilla manipulada manualmente permite realizar el corte individual de acuerdo con el espesor de la cubierta seminal; el uso de este método es frecuente, ya que virtualmente todas las semillas se pueden convertir en permeables y el riesgo de sobretatamiento (daño) es pequeño, dado que se evita manipular en las cercanías de la región radicular (Poulsen y Stubsggard 2000). No obstante, se requieren estudios para industrializar este procedimiento a gran escala.

En las semillas de árboles leguminosos las células de la capa empalizada extraen agua; el proceso de reblandecimiento, luego de un delicado corte, pasa del lugar inicial de la imbibición a la cubierta seminal completa en pocas horas, una vez que se sitúa en un sustrato humedecido (Schmidt, 2000).

En ensayos con ocho especies de *Acacia* spp., en Australia y Tailandia, el corte de cubierta fue uno de los mejores tratamientos, con una germinación que sobrepasó el 90% (30 días) en un estudio donde los testigos sólo alcanzaron valores de 10%. Con este método también se reportaron altos valores de germinación en experimentos con dos especies de corteza dura endémicas de Kenya, *Acacia xanthophloea* y *Trachylobium verrucosum*; mientras que en Zimbawe ésta fue casi tan buena como el tratamiento con ácido en *Acacia albida*, nuevamente con más de 90% de germinación (Schmidt 1988; Masamba 1994).

Un tratamiento apropiado para una semilla de testa gruesa puede ser excesivo para una de testa delgada, penetrando así el delicado embrión y destruyéndolo (Poulsen y Stubsggaard, 2000).

Aunque se han probado varios líquidos como un medio para romper la dormancia por cubierta dura, sólo dos han sido ampliamente adaptados: el agua y el ácido.

El ácido utilizado para los pretratamientos es el sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), que causa algún tipo de combustión húmeda en la corteza seminal y es igualmente efectivo en leguminosas y en

no leguminosas; sin embargo, el método no es aplicable a las semillas que fácilmente se convierten en permeables, debido a que el ácido penetra y daña el embrión. La duración de este pretratamiento debe tener como objetivo el alcance de un balance en el cual la corteza de la semilla (o pericarpio) sea suficientemente rota para permitir la imbibición, pero sin que el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> alcance al embrión (Teketay 1996).

El agua caliente elimina la dormancia física en *Leguminosae* mediante el incremento de la presión, lo cual causa la ruptura de la capa macroscleroidal, o a través de la alteración del tapón estrofiolar. El método es más efectivo cuando las semillas se sumergen en agua caliente, o sea, no calentadas junto al agua, y cuando la inmersión es rápida, ya que evita los daños por calor en el embrión (Kannan et al. 1996).

En ocasiones el remojo en agua a temperatura ambiente incrementa la velocidad de germinación en semillas sin dormancia o con ligeros valores de ésta; también se utiliza conjuntamente con un tratamiento más fuerte o seguido de éste (CATIE 2000a). En ambos casos el efecto parece ser la imbibición más rápida a partir del agua que rodea la semilla, si se compara con la que se puede lograr en una cápsula Petri con un sustrato humedecido (prueba estándar de germinación).

Schmidt (2000) planteó que donde la dormancia física es relativamente débil, como en las semillas frescas de leguminosas, el remojo en agua a temperatura ambiente es muchas veces suficiente para permitir la permeabilidad de la corteza seminal; mientras que el efecto de este mismo tratamiento en semillas duras varía con la especie. Esto indica que en algunas especies las semillas se convierten en permeables y en otras existe un pobre efecto del remojo continuo.

Soto Pinto (1996), al estudiar diferentes métodos de escarificación para las simientes de *Cassia tormentosa* y *C. xiphoidea*, encontró que el remojo en agua a temperatura ambiente y a 60°C para las dos especies, así como los tratamientos a altas temperaturas (90°C y ebullición) para *C. tormentosa*, mostraron bajos porcentajes de germinación; de esto se deduce que la aplicación de un único tratamiento de esta naturaleza es ineficaz cuando se pretende romper la dormancia física fuerte de una semilla, lo cual fue informado por CATIE (2000b).

Un estudio de ruptura de dormancia en semillas de *A. lebbbeck* realizado por González y Hernández (2000), mostró que durante el almacenamiento en condiciones ambientales todos los tratamientos aplicados produjeron incrementos significativos de la germinación en relación con el control; los valores superiores se obtuvieron con el corte de cubierta (96,8%) y con el ácido sulfúrico durante 40 minutos (98,0%), ambos en la evaluación correspondiente a cero meses.

Según un estudio realizado por Navarro *et al.* (2016b y 2016c) las semillas de albizia almacenadas a 4 mdia aparecieron en los grupos de vigor alto de todos los métodos presiembra evaluados, además del control. Estos mismos autores concluyeron 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 la germinación, la emergencia y el crecimiento inicial.

### ***1.3 El vigor de las semillas***

El concepto de vigor surge por la necesidad de distinguir entre lotes de semillas con diferentes potenciales, capaces de producir plántulas normales, vigorosas, sanas, que se establecen en el campo en amplia gama de condiciones ambientales (Delouche, 1976 y Perry, 1984). A pesar de que no hay una definición de vigor universalmente aceptada, existe consenso general en el sentido de considerarlo como el factor más importante de la calidad de la semilla.

Desde el punto de vista bioquímico, el vigor involucra la capacidad que tiene un organismo para la biosíntesis de energía y compuestos metabólicos, como proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos. Todo ello asociado a la actividad celular, la integridad de las membranas celulares y el transporte o utilización de sustancias de reserva (Bewley y Black 1994). La manifestación del vigor en la germinación se manifiesta con rapidez, uniformidad e intensidad, al igual que la tolerancia de las plántulas a las condiciones ambientales desfavorables (Marcos Filho 2015).

El concepto calidad de la semilla, además de estar relacionado con la respuesta germinativa, también implica aspectos genéticos, fisiológicos y morfológicos (Carvalho y Nakagawa 2012), por lo que la prueba de germinación no es suficiente para expresar el grado de calidad de las simientes. Marcos Filho (2015) planteó que este último examen es

incapaz de encontrar las diferencias en calidad entre los lotes de semillas con altos porcentajes de germinación; mientras que los análisis del vigor muestran mayor sensibilidad para encontrar estas diferencias.

Las investigaciones, incluso las de naturaleza biológica, relacionadas con el vigor y la confección de metodologías apropiadas insisten, fundamentalmente, en especies hortícolas de diferentes ambientes, principalmente en áreas de clima templado. Sin embargo, el trabajo en esta dirección es, en general, escaso y fragmentado, en especies tropicales pratenses y aún más en plantas de leguminosas de hábito de crecimiento arbustivo y arbóreo (Navarro *et al.*, 2015)

Navarro (2009), al conceptualizar el término vigor logró un enfoque nuevo, como concepto integrado y dinámico. Según refiere, el vigor se puede considerar como la interacción de aquellas propiedades bióticas y abióticas que influyen en las semillas y que determinan su nivel de actividad y su comportamiento en el tiempo: las expresiones de viabilidad, la dormancia, la germinación y la emergencia. Por ello, la autora sostiene que el vigor no se puede desvincular como parte esencial de la calidad de las semillas.

Los efectos del vigor pueden persistir e influir en el crecimiento de la planta adulta, en la uniformidad de la cosecha y en el rendimiento de la especie, por lo que se utilizan varios métodos para caracterizar el vigor de las semillas (Tekrony 2003). Adicionalmente, el vigor afecta la viabilidad de la semilla, la velocidad de germinación, el crecimiento, la sensibilidad de las plántulas a los factores externos y la capacidad de almacenamiento de diferentes lotes de semillas (Corbineau 2012).

Las pruebas de vigor de semillas están basadas en conceptos tales como la resistencia al estrés, la velocidad de germinación, la integridad de las membranas y el desarrollo de plántulas (Matthews *et al.* 2012). Sobre la base de las tecnologías disponibles y los descubrimientos fisiológicos recientes, los métodos de evaluación están en constante mejora (Kodde *et al.* 2012).

De acuerdo con Navarro *et al.* (2015) las pruebas de vigor se agrupan en:

a) Pruebas de crecimiento de plántulas:

Las pruebas de evaluación de plántulas se basan en los enunciados de Marcos Filho *et al.* (1987). Específicamente, el análisis del crecimiento de plántulas como prueba de vigor implica la germinación en condiciones estándares controladas. Incluye mediciones del tamaño de las plántulas y el peso o la clasificación de plántulas en clases de vigor (Krzyzanowski *et al.* 1999). Resulta oportuno señalar que existen pocos trabajos de investigación con este tipo de prueba en semillas de árboles.

b) Pruebas de estrés:

La evaluación del vigor mediante pruebas de estrés requiere que las muestras de semillas germinen en condiciones estresantes o en la prueba estándar de germinación, seguida de un tratamiento separado de estrés (Lima y Marcos Filho 2011).

c) Pruebas bioquímicas:

Evalúan indirectamente la integridad del sistema de membranas celulares, aspecto extremadamente importante para la garantía del funcionamiento normal de los tejidos vitales de las semillas (Marcos Filho 2011).

d) Variables numéricas basadas en resultados de pruebas de germinación y emergencia:

- El método más utilizado para las semillas arbóreas fue desarrollado por Czabator (1962), quien propuso combinar la tasa de germinación y la integridad de la germinación en un solo índice numérico, al que llamó valor de germinación (VG).

- Combinación de variables biológicas y artificios matemáticos: 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 el almacenamiento. Para establecer la importancia y eficiencia del comportamiento global de las variables biológicas para cada tiempo de almacenamiento, independientemente del método de escarificación, Navarro *et al.* (2012) adecuaron el modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria de Torres *et al.* (2008), con el propósito de lograr una metodología original e integral para estimar el vigor de las semillas como indicador de la calidad y el éxito posterior de una plantación.

Se decidió que el estadístico designado por Torres et al. (2008) como “índice de impacto” se denomine “índice de eficiencia”. Este se interpreta como la eficiencia de las variables evaluadas en los tiempos de almacenamiento, en su relación con la variabilidad del vigor.

- Función Weibull modificada.

- Velocidad de germinación.

e) Análisis computarizados de semillas y plántulas: Silva et al. (2013) aseveran que la integración de los sistemas de análisis de imágenes con las pruebas de vigor tradicionales puede contribuir al desarrollo de metodologías que permitan auxiliar en la estandarización de las mencionadas pruebas.

#### ***1.4 El EcoMic®***

El EcoMic® es un inoculante sólido que contiene propágulos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), con un alto grado de pureza y estabilidad biológica, quienes viven en simbiosis con las raíces de las plantas superiores. Es muy reconocida la acción positiva de este fertilizante biológico en el rendimiento de los cultivos ya que permite incrementos en el sistema radical, protección radical contra ciertas plagas y enfermedades, genera incrementos en la producción agrícola, contribuye a la regeneración de los suelos y disminuye los costos por concepto de aplicación de fertilizantes (Beiha, 2007).

En la actualidad el uso de EcoMic® es una de las prácticas que se ha ido insertando en la Agricultura en diversos cultivos, se ha empleado en tubérculos y raíces (boniato y yuca, respectivamente) y en diferentes hortalizas (Fundora *et al.* 2009; Cabrera *et al.* 2016).

Con el empleo del producto comercial EcoMic® se han obtenido rendimientos entre 15 y 50 %, sobre todo mejores comportamientos frente a la sequía, mayor aprovechamiento de los nutrientes y disminución de los fertilizantes, tanto en condiciones de la agricultura familiar en pequeñas extensiones y con siembra manual; así como en la agricultura intensiva, en grandes extensiones y con siembra mecanizada (Rivera et al. 2012).

Este producto permite su aplicación exitosa mediante el recubrimiento de las semillas, en dosis del 6 al 10 % de su peso, por lo que se requieren pequeñas cantidades por hectáreas (1-6 kg/ha), lo cual amplía sensiblemente el espectro de acción práctica de la simbiosis. Estos HMA se han empleado en especies de sistemas agroforestales.

En este sentido Noda y Castañeda (2012) estudiaron el efecto de EcoMic® en la emergencia de plántulas de *Jatropha curcas* L., quienes indicaron que la respuesta favorable de las semillas tratadas fue por la fuerza que ejercieron los microorganismos.

Otro estudio fue el que evaluó el efecto de la fertilización química y biológica en el rendimiento morfoagronómico de *Morus alba* donde se recomendó el uso de EcoMic® + Biocep-6 para obtener buenos rendimientos agrícolas (Noda *et al.* 2013).

## Capítulo II. Materiales y Métodos

### *Procedencia del material experimental*

Los árboles madres pertenecen a una plantación de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. que se encuentra en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”; situada en el punto geográfico determinado por los 22°48’7” de latitud Norte y 81°2’ de longitud Oeste y a 19 msnm.

### *Diseño experimental y tratamientos*

Para las siembras en el vivero a pleno sol, 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). El riego fue a saturación.

Para el estudio de las variables medidas durante la emergencia de plántulas en cada tratamiento presiembra en el vivero a pleno sol, se empleó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (7x2), en el que los factores estuvieron determinados por los métodos presiembra (7) y los tiempos de evaluación (2). En cada uno de los métodos y evaluaciones se emplearon 400 semillas, distribuidas en cuatro repeticiones (ISTA, 2014).

Antes de la siembra se procedió a la aplicación de diferentes métodos de escarificación (tabla 1) y se mantuvo un control, en el que las semillas no recibieron ningún tratamiento.

Tabla 1. Métodos presiembra empleados antes de la siembra en el vivero.

<b>Tratamiento</b>	<b>Procedimiento</b>
Ácido + EcoMic®	Exposición a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> al 96% de concentración durante 15 minutos, más incorporación de EcoMic®
Agua caliente + EcoMic®	Inmersión en H <sub>2</sub> O a 80°C durante 3 minutos, más incorporación de EcoMic®
Remojo + EcoMic®	Inmersión en H <sub>2</sub> O a temperatura ambiente durante 24 horas, más incorporación de EcoMic®
Pinchazo + EcoMic®	Pinchazo con aguja entomológica región dorsiventral de la semilla, más incorporación de EcoMic®
Corte + EcoMic®	Corte ligero de la cubierta seminal en la zona opuesta al embrión, más incorporación de EcoMic®
EcoMic®	Aplicación de 10 gramos en el lecho de siembra.
Control	-

El inoculante micorrizógeno sólido Ecomic®, con patente no. 22641, es un producto que contiene propágulos de hongos micorrizógenos arbusculares con alto grado de pureza y estabilidad biológica, de probada efectividad y alta eficiencia (Gómez *et al.* 1995). La especie fúngica utilizada fue la *Glomus hoi-like*, cuya efectividad en la agricultura ha sido probada en numerosas ocasiones. Tiene una composición mínima garantizada de 20 esporas. g<sup>-1</sup> de inoculante.

### ***Variables estudiadas***

*Porcentaje de germinación:* Se consideró que la plántula estaba emergida cuando en la superficie del sustrato se observaron los cotiledones fuera de la envoltura seminal debido al alargamiento y erección del hipocótilo (Besnier, 1965).

Todas las variables fueron medidas a los 30 y 60 días posteriores a la siembra, para lo cual se seleccionaron 10 plántulas en cada una de las cuatro repeticiones, en cada evaluación, para cada método de escarificación presiembra:

- a) altura de la plántula (cm): se utilizó regla graduada
- b) largo sistema radicular (cm): se utilizó regla graduada
- c) longitud hipocótila (cm): se utilizó pie de rey
- d) peso fresco del sistema radicular (g): se utilizó la balanza analítica con precisión de 0,001 g y los datos fueron expresados en g/plántula
- e) peso fresco de la parte aérea (g): ídem al anterior

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.

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 los tiempos de evaluación (30 y 60 días) 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.

### ***Procesamiento estadístico de los resultados***

Se realizaron análisis de varianza según modelo de clasificación simple en arreglo factorial 7x2. Se utilizó la dócima de comparación múltiple de Student Newman Keuls (SNK) y las diferencias fueron declaradas significativas a valores de  $p < 0,05$ . El procesamiento estadístico se llevó a cabo mediante la utilización del programa SPSS versión 22 para Windows

### Capítulo III. Resultados y Discusión

La manifestación del vigor en la germinación se manifiesta con rapidez, uniformidad e intensidad, al igual que la tolerancia de las plántulas a las condiciones ambientales desfavorables (Marcos Filho 2015).

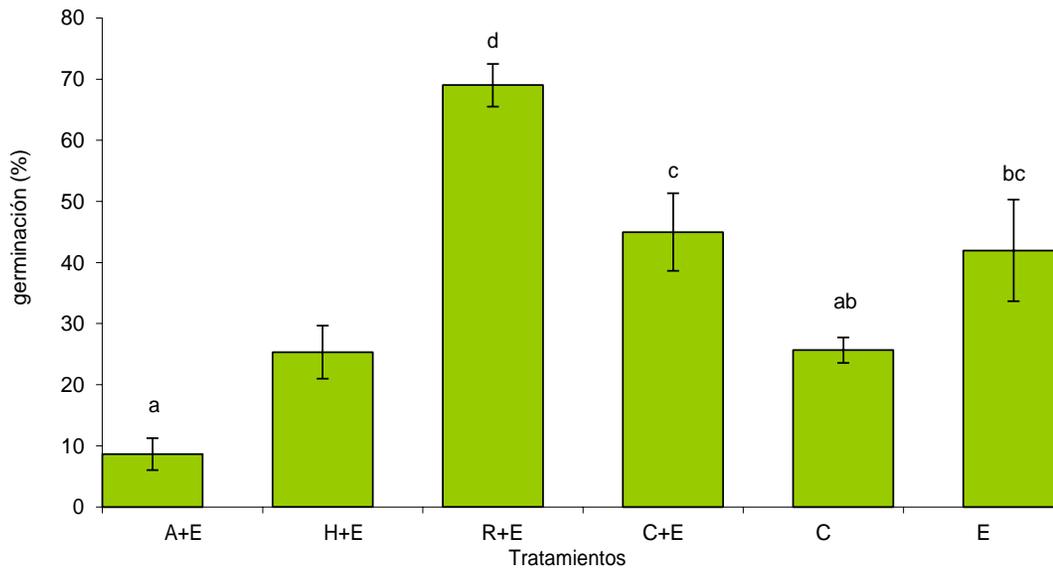


Figura 1. Efecto de los tratamientos presiembra en la germinación de las semillas de *A. lebeck*. A+E: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96% 15' + ECOMIC®; H+E: H<sub>2</sub>O 80°C 3' + ECOMIC®; R+E: remojo en H<sub>2</sub>O temperatura ambiente 24 horas + ECOMIC®; C+E: corte de cubierta + ECOMIC®; E: ECOMIC®; C: control. Las barras verticales indican el EE

La germinación tuvo un comportamiento variable en cada tratamiento experimental (figura 1). El porcentaje más alto (69,0%) se observó en las semillas que se mantuvieron en remojo durante 24 horas y luego se sembraron con EcoMic®, dicho tratamiento difirió significativamente del resto. Mientras que el valor más bajo (8,67%) se registró para el tratamiento que conjuga al ácido sulfúrico previo a la siembra y la aplicación de EcoMic® en el lecho de siembra en la bolsa del vivero, aunque sin diferir de la germinación de las simientes escarificadas con agua caliente (25,33%) y el control (25,67%), es decir aquellas semillas que no recibieron ningún tratamiento.

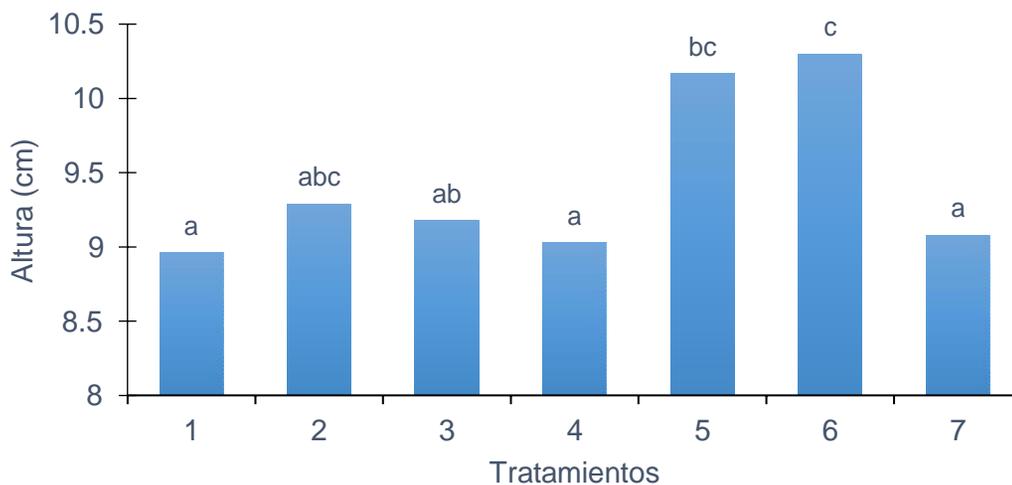
De acuerdo con CATIE (2000) la germinación de las semillas de *Albizia guachapele* (Kundh) Dugand. sin recibir tratamiento previo es de 20 a 35 % de germinación.

A partir de los valores de la germinación se interpreta que el tratamiento del remojo + EcoMic® fue eficaz como tratamiento de escarificación. Ello se evidencia al comparar este resultado con el del control (69,0 Vs 25,67%) ya que la diferencia matemática fue notable. Además, que se conoce que esta especie presenta dormancia física que en determinados momentos del año se recrudece hasta llegar a estadios secundarios (Navarro *et al.* 2016).

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 ello se evaluó el comportamiento de diferentes variables durante la emergencia de plántulas de albizia en el vivero a pleno sol

### **Comportamiento a los 30 días.**



.Figura 2. Efecto de los tratamientos presiembra en la altura de las plántulas de *A. lebeck* a los 30 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE= ( $\pm$ ) 0,327

Al analizar la variable altura de las plántulas (figura 2) se comprobó que el tratamiento 6 (EcoMic®) fue el que mostró el mejor resultado con 10.30 cm. Sin embargo, no hubo diferencia estadística entre y los tratamientos 2 y 5. Mientras que, los tratamientos 2, 3 y 5 no difieren entre sí, con valores (9.29 -10.17cm respectivamente). Los tratamientos 1, 4 y 7 registraron los menores valores oscilando entre 8,96 cm – 9,08 cm, manteniendo diferencias significativas respecto al EcoMic®.

Todo lo cual evidencia el efecto positivo de la aplicación del EcoMic®. Autores como Trappe (1987) y Aguilera *et al.* (2007) estiman que el 95% de las especies de plantas superiores presentan características micotróficas, es decir que se asocian con hongos micorrízicos.

La importancia de las endomicorrizas o Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) ha aumentado en la última década ocasionado por diversos estudios que reportan los efectos benéficos sobre las plantas, que van desde el incremento en la absorción de nutrimentos del suelo (Nakano *et al.* 2001; Luna *et al.* 2016), su influencia sobre las relaciones hídricas y la protección contra agentes patógenos (Ruiz, 2001; Allen *et al.* 2003; Martínez y Pugnaire 2009) hasta el importante papel ecológico que parecen jugar estas asociaciones en la sucesión de especies en las comunidades vegetales naturales (Cuenca *et al.* 2007; Garzón, 2016).

Para el largo del sistema radical el corte de cubierta + EcoMic® (tratamiento 5) mostró el valor más alto (15.41 cm), difiriendo estadísticamente de los restantes tratamientos (figura 3). Lo que coincide con Navarro *et al.* (2016a) donde los tratamientos pre-siembra aplicados (escarificación seca y húmeda) presentaron eficacia en el corte de cubierta proponiéndolo como método propulsor de la germinación, la emergencia y la eficacia del vigor.

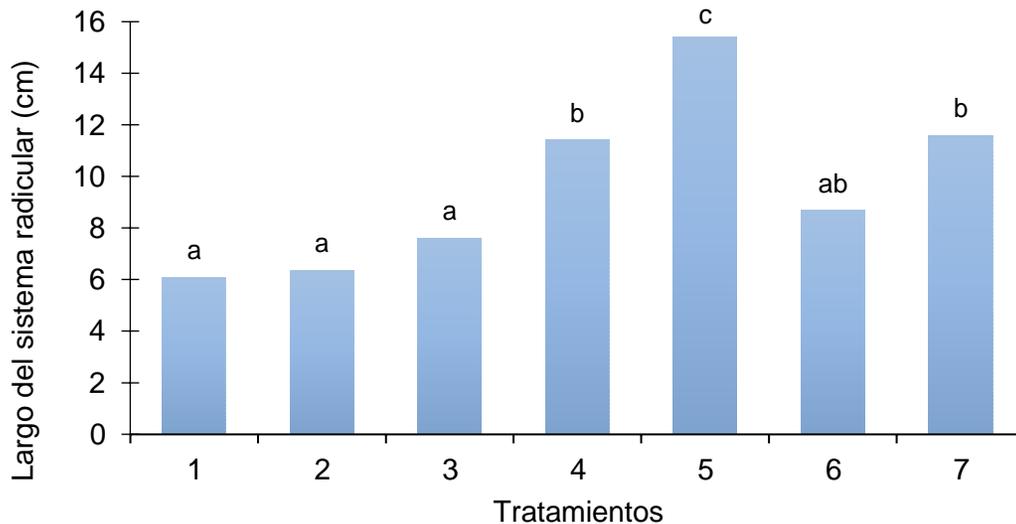


Figura 3. Efecto de los tratamientos presiembra en el largo del sistema radicular de las plántulas de *A. lebeck* a los 30 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE= ( $\pm$ ) 0,962.

El tratamiento 3 (Remojo + EcoMic®) fue el que registró el mejor valor absoluto (5.48 cm) para la variable longitud del hipocótilo (figura 4). Sin embargo, no difirió estadísticamente de los tratamientos 2, 4, 5, 6 y 7. El tratamiento 1 fue el de peor comportamiento para esta variable.

Skerman *et al.* (1991) afirman que las semillas tratadas con  $H_2SO_4$  pueden sufrir daños del tegumento o que este no sea lo bastante impermeable para impedir que el ácido penetre y dañe el embrión, por lo cual la emergencia se afecta notablemente.

De igual modo, en un estudio realizado por Navarro *et al.* (2010) en semillas de *A. lebeck* mostró que los tratamientos con agua caliente y ácido mostrando los peores comportamientos de la germinación. Resultados similares fueron informados por Toral y Machado (2002) en 76 especies arbóreas en las que el agua caliente (80°C) no fue un tratamiento efectivo para estimular el proceso germinativo.

Los beneficios del remojo en agua desde dos hasta 48 horas fueron reportados por Smith *et al.* (2003) para mejorar la germinación de muchas especies de árboles tropicales, como *A. mearnsii*, *A. melanoxyton*, *Acacia nilotica*, *Adenantha microsperma*, *Albizia amara*,

*Albizia procera*, *Grevillea robusta*, *Trewia nidiflor* y *Pinus caribaea*; y por CATIE (2000b) para *Samanea saman*, *Erythrina poeppigiana*, *Leucaena salvadorensis*, *Pithecellobium dulce* y *Stryphnodendron microstachyum*.

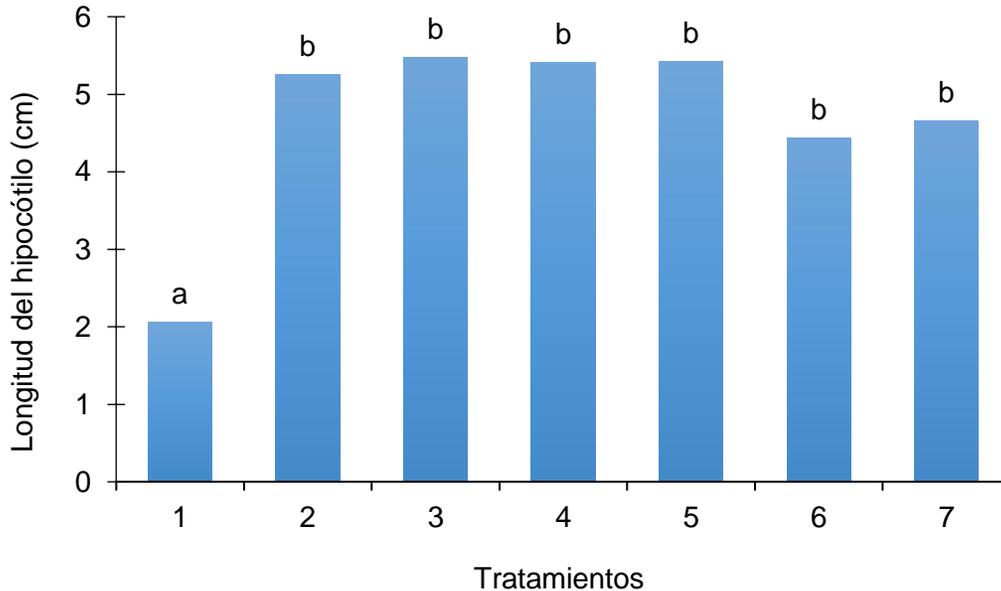


Figura 4. Efecto de los tratamientos presiembra en la longitud del hipocótilo de las plántulas de *A. lebeck* a los 30 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE(±): 0,382

El corte de cubierta + EcoMic® (tratamiento 5) presentó el valor más alto (0.13 g) para el peso del sistema radicular (figura 5), con diferencias significativas del resto de los tratamientos. Entre estos, los tratamientos 4 y 7 difirieron estadísticamente del 1, 2, 3 y 6, mostrando estos últimos cuatro menores valores para dicha variable.

Para la variable peso de la parte aérea (figura 6) se observó una marcada diferencia entre el tratamiento 5 y el resto de los métodos presiembra. Un comportamiento similar fue reportado para el peso del sistema radicular. Lo cual indica que la combinación del corte de cubierta y el EcoMic® permitió un adecuado balance entre la estructura de las plántulas, es decir en la relación parte aérea-sistema radicular.

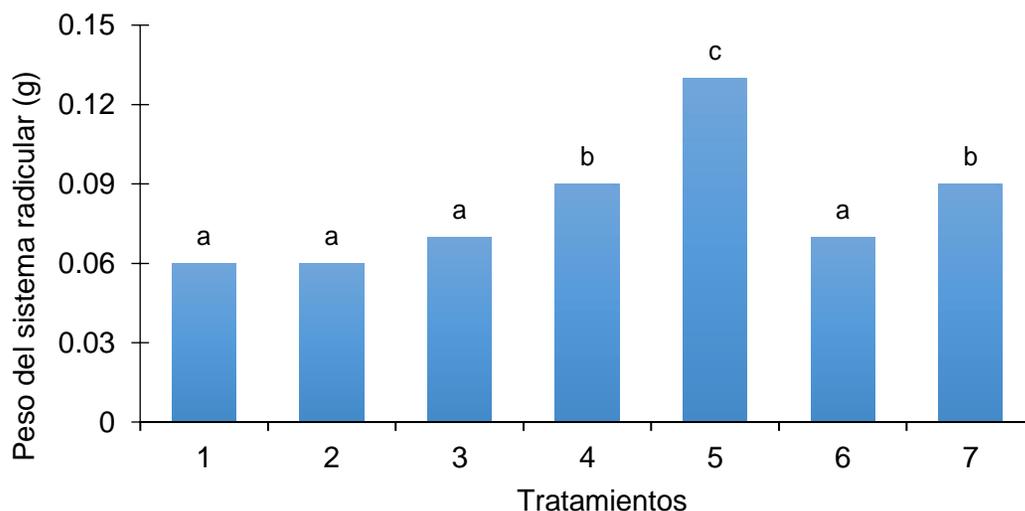


Figura 5. Efecto de los tratamientos presiembra en el peso del sistema radicular a los 30 días. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE( $\pm$ ): 0,006

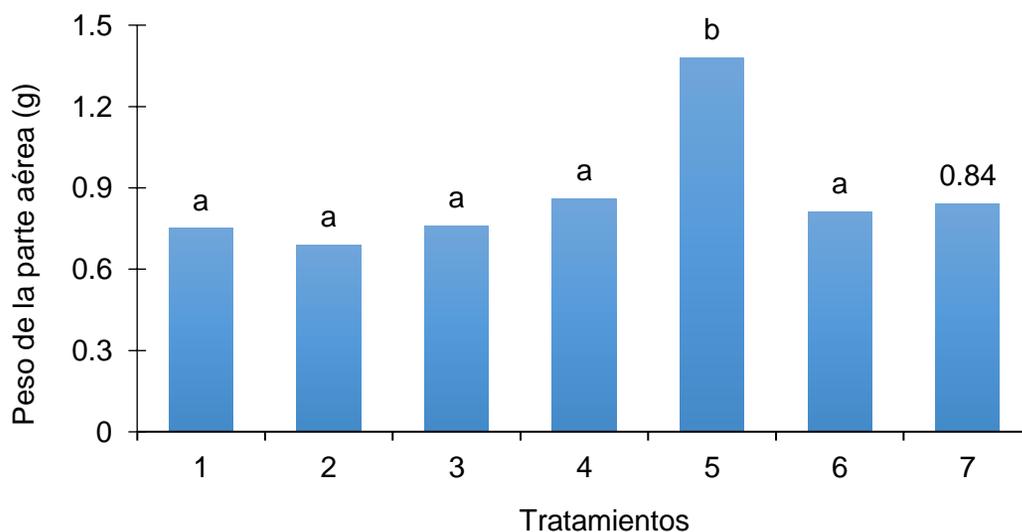


Figura 6. Efecto de los tratamientos presiembra en el peso de la parte aérea de las plántulas de *A. lebeck* a los 30 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE( $\pm$ ): 0,058

Al hacer un análisis general del comportamiento de los tratamientos se asume que el tratamiento 5 (corte de cubierta + EcoMic®), fue el que mostró el mejor comportamiento para todas las variables a los 30 días posteriores a la siembra, por ello es el más recomendable a emplear.

En ensayos con ocho especies de *Acacia* spp. en Australia y Tailandia el corte fue uno de los mejores tratamientos, con valores de 90 vs 10% en el testigo. Con este método también se reportaron altos valores de germinación en dos especies endémicas de Kenya, de corteza dura: *Acacia xanthophloea* y *Trachylobium verrucosum*; mientras que en Zimbawe *Acacia albida* presentó más del 90% (Schmidt, 1988; Masamba, 1994).

Por otra parte, los HMA constituyen una estrategia necesaria en el mejoramiento de los fertilizantes minerales con el establecimiento de los Sistemas Agrícolas Eficientemente Micorrizados (SAEM), permitiendo el trasplante en campo de posturas micorrizadas con mayores beneficios para el futuro desarrollo de las plántulas, sin agotar las reservas del suelo con el uso y manejo de los HMH (EcoMic). (Castellano *et al.* 2016).

### **Comportamiento a los 60 días.**

Para la variable altura (figura 7), se observa que el valor más alto fue 20.49 cm correspondiente al tratamiento 4 (Pinchazo + EcoMic) sin diferir significativamente de los tratamientos 5 y 7. Los tratamientos 2,3 y 6 no difieren entre sí, con valores (14,65 – 16.82 cm).

El tratamiento 5 (corte de cubierta + EcoMic®) mostró el mejor valor (16.22 cm) para el largo del sistema radical (figura 8), el cual difiere estadísticamente del resto de los tratamientos.

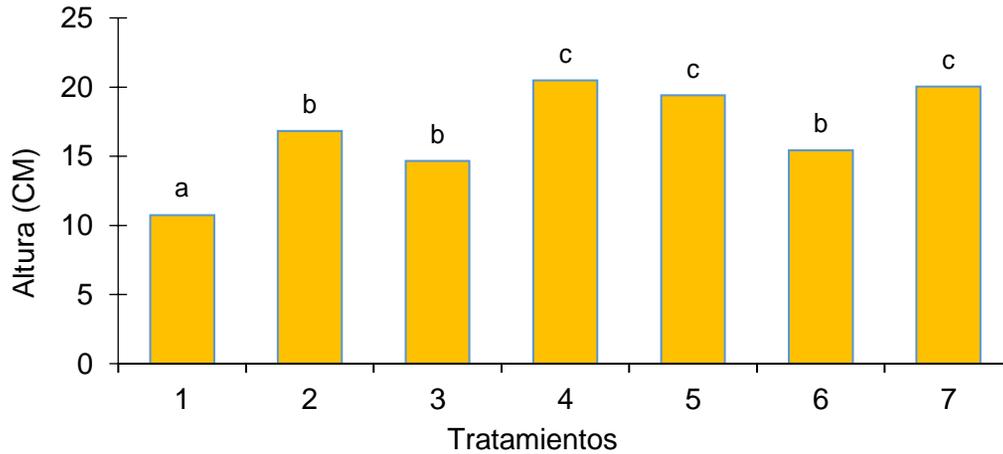


Figura 7. Efecto de los tratamientos presiembra en el peso de la parte aérea de las plántulas de *A. lebeck* a los 60 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE ( $\pm$ ): 0,836

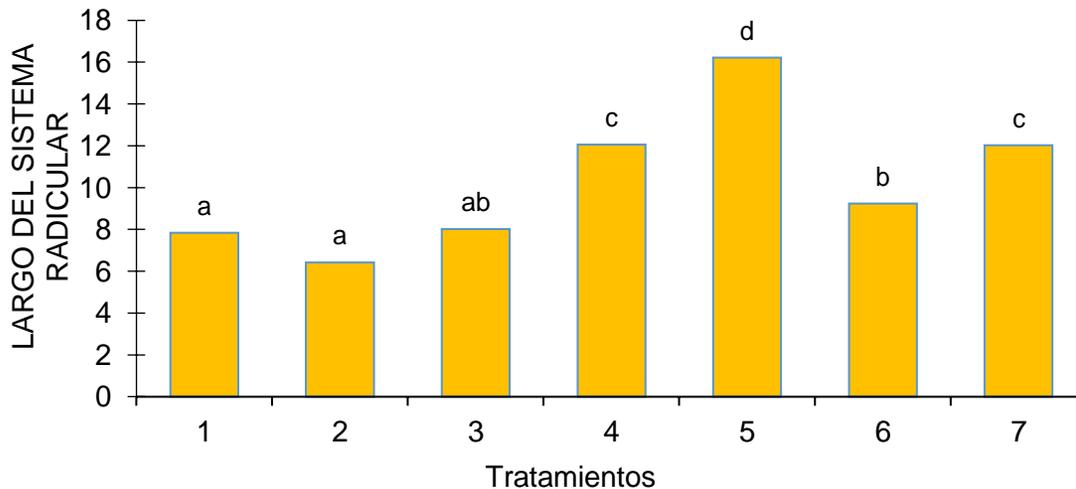


Figura 8. Efecto de los tratamientos presiembra en el largo del sistema radicular de las plántulas de *A. lebeck* a los 60 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE ( $\pm$ ): 0,597

El mejor valor que se obtuvo para la variable longitud del hipocótilo (figura 9) fue 6.72 cm registrado por el tratamiento 5 (Corte de Cubierta + EcoMic), con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos.

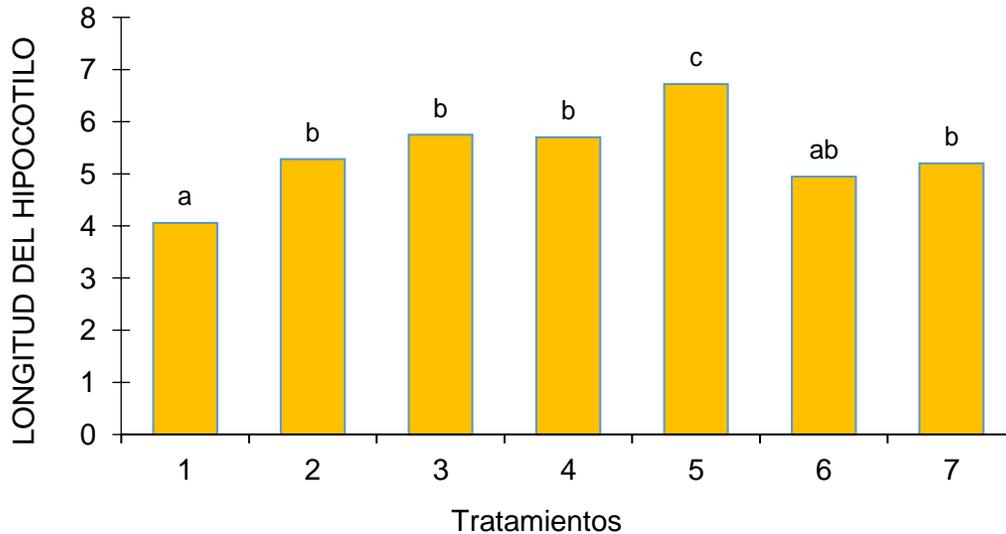


Figura 9. Efecto de los tratamientos presiembra en el largo del hipocótilo de las plántulas de *A. lebeck* a los 60 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE ( $\pm$ ): 0,307

Para el peso del sistema radicular (figura 10), el tratamiento 4 (Pinchazo + EcoMic) resultó ser el mayor valor (0.48 g), difiriendo del resto de los tratamientos. El tratamiento 1, mostró el menor valor a la variable (0.10 g).

El Pinchazo + EcoMic (tratamiento 5) para la variable peso de la parte aérea, manifestó el mayor valor (2,05 g) sin presentar diferencias significativas respecto al Control (tratamiento 7).

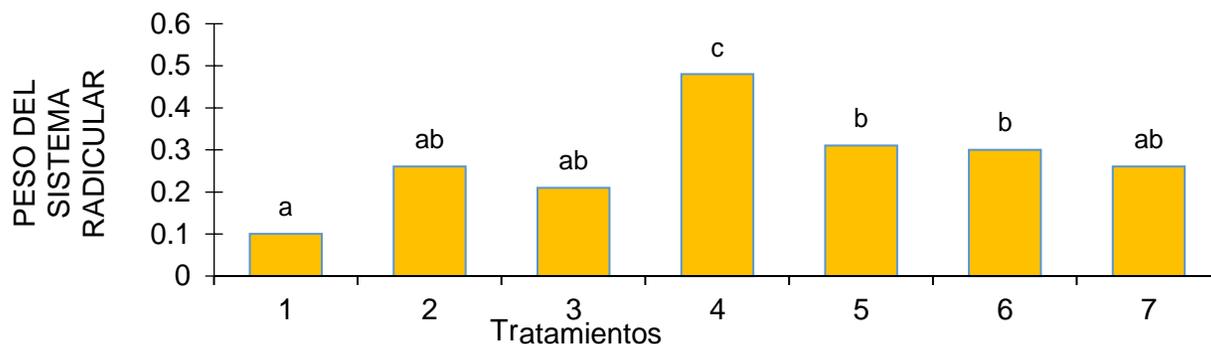


Figura 10. Efecto de los tratamientos presiembra en el peso del sistema radicular de las plántulas de *A. lebeck* a los 60 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE ( $\pm$ ): 0,054

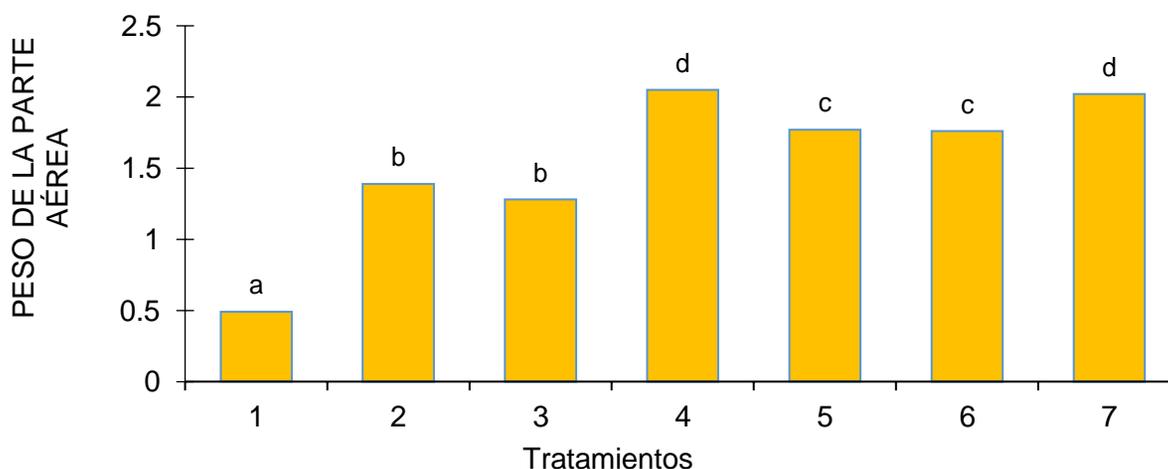


Figura 11. Efecto de los tratamientos presiembra en el peso de la parte aérea de las plántulas de *A. lebeck* a los 60 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de SNK ( $P \leq 0,05$ ). EE ( $\pm$ ): 0,058

Al realizar un análisis general de la evaluación a los 60 días se apreció que los tratamientos 4 (Pinchazo + EcoMic) y 5 (Corte de Cubierta + EcoMic) presentaron el mejor comportamiento en algunas variables. El tratamiento 4 en el peso del sistema radicular y el

peso de la parte aérea y el tratamiento 5 en el largo del sistema radical y la longitud del hipocótilo y ambos tratamientos sobresalió la variable altura.

Estos resultados coinciden con los informados por Poulsen y Thomsen (1999), Taylor (2003) y Turner *et al.* (2005), quienes afirmaron que la destrucción de la impermeabilidad en un punto único de la cubierta seminal es normalmente suficiente para permitir la imbibición y el intercambio de gases.

### ***Estimación del vigor***

El cultivo de especies de árboles multipropósitos está ganando aceptación popular debido a los muchos usos que se derivan de estas plantas, por lo que la propagación uniforme, eficaz y eficiente potencia al máximo sus beneficios. La semilla es el material de propagación más barato y práctico empleado para estas especies.

Con el objetivo de emplear el índice de eficiencia, como medida de integración y elemento estimativo para detectar la influencia del vigor de las semillas en el crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas se procedió a la estimación del vigor a partir de las determinaciones realizadas a los 30 y 60 días en el vivero a pleno sol.

Para ello se empleó el índice de eficiencia (Ef), que fortalece y amplía la interpretación de los resultados en la estimación del vigor.

Según Navarro *et al.* (2012) Ef depende de las variables de mayor preponderancia, por lo que la primera etapa para la interpretación de los resultados está centrada 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 0,80.

Cuando se evaluaron las variables asociadas al vigor a los 30 días, sobresalieron con valores de preponderancia por encima de 0.80 en la CP1 las variables largo (lsr) y peso del sistema radicular (psr), además de peso de la parte aérea (ppa). Mientras que en la CP2 únicamente la longitud del hipocótilo fue superior al valor de preponderancia establecido para la selección (tabla 2).

Tabla 2. Matriz de factores de preponderancia entre los componentes principales (CP) y las variables biológicas asociadas al vigor en la evaluación a los 30 días en el vivero.

<b>Variable</b>	<b>CP 1</b>	<b>CP 2</b>
Altura de la parte aérea (apa)	0,621	-0,333
Largo del sistema radicular (lsr)	<b>0,946</b>	0,041
Longitud del hipocótilo (lh)	0,533	<b>0,804</b>
Peso del sistema radicular (psr)	<b>0,970</b>	-0,046
Peso de la parte aérea (ppa)	<b>0,950</b>	-0,228
<b>Valor propio</b>	3,41	0,81
<b>% varianza explicada</b>	68,17	16,28
<b>% varianza acumulada</b>	68,17	84,45

Para la evaluación a los 60 días (tabla 3), las variables más importantes en la CP1 (50,15% de variabilidad explicada) resultaron ser altura de la parte aérea (apa) y peso del sistema radicular (psr) y de la parte aérea (ppa).

Tabla 3. Matriz de factores de preponderancia entre los componentes principales (CP) y las variables biológicas asociadas al vigor en la evaluación a los 60 días en el vivero.

<b>Variable</b>	<b>CP 1</b>	<b>CP 2</b>
Altura de la parte aérea (apa)	<b>0,820</b>	0,507
Largo del sistema radicular (lsr)	0,296	<b>0,879</b>
Longitud del hipocótilo (lh)	0,351	<b>0,838</b>
Peso del sistema radicular (psr)	<b>0,910</b>	0,249
Peso de la parte aérea (ppa)	<b>0,891</b>	0,369
<b>Valor propio</b>	2,51	1,93
<b>% varianza explicada</b>	50,15	38,59
<b>% varianza acumulada</b>	50,15	88,74

En la CP1 con valores de preponderancia superiores a 0.80 se identificaron las variables altura de la parte aérea y peso del sistema radicular y de la parte aérea

Navarro *et al.* (2016b) informaron que la altura de las plántulas apareció en todos los tratamientos de escarificación evaluados, incluso en el control. Este comportamiento coincide con lo informado por Paulino *et al.* (2011) en *Jatropha curcas*, al determinar que los tratamientos que presentaron las mayores tasas de crecimiento también indicaron la mejor calidad de las plántulas posterior a la emergencia.

Por otra parte las variables psr y ppa también fueron las variables más importantes para la CP1 en la evaluación del crecimiento a los 30 días.

Las tablas 4 y 5 muestran la eficiencia de las variables seleccionadas en las dos componentes (CP1 y CP2) para la estimación del vigor, cuando se realizaron las evaluaciones del crecimiento inicial. Los valores positivos más altos indican cuáles tienen más influencia en cada tratamiento presiembra particular para 30 y 60 días posteriores a la siembra. Los valores negativos más altos indican lo contrario.

Navarro *et al.* (2012) plantearon que el índice de eficiencia depende de las variables de mayor preponderancia. El índice de eficiencia permitió crear una combinación de los tiempos de almacenamiento evaluados dentro de cada método de escarificación (además del control).

En la tabla 4 se observa que a los 30 días en el tratamiento 5 fue donde más eficientemente se expresaron las variables identificadas por la componente principal 1, es decir el largo del sistema radicular, el peso del sistema radicular y el peso de la parte aérea. Mientras que en el tratamiento 1 fue donde se expresó el peor comportamiento de dichas variables.

Por otra parte, en los tratamientos 3 y 4 se reportó el índice de eficiencia más alto para la CP2 (longitud del hipocótilo) y coincidentemente este parámetro expresó su peor comportamiento en el tratamiento 1.

En la evaluación a los 60 días las variables altura de la parte aérea y peso del sistema radicular y peso de la parte aérea mostraron un índice de eficiencia mayor en el tratamiento 4 (Pinchazo + EcoMic<sup>®</sup>), mientras que en el tratamiento 1 fue donde peor se

expresaron las variables mencionadas anteriormente. De ello se deduce las pocas posibilidades que ofrece el tratamiento con ácido (tratamiento 1) en la expresión del vigor de las semillas de albizia. Pues tanto a los 30 como a los 60 días posteriores a la siembra el comportamiento de las variables de mayor preponderancia (asociadas al vigor) muestran un desempeño negativo cuando se emplea el ácido sulfúrico combinado con el EcoMic® en el momento de la siembra.

Tabla 4. Matriz de eficiencia de las variables relacionadas con el vigor en la evaluación a los 30 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control.

Tratamientos	ÍNDICE DE EFICIENCIA	
	Ef-CP1 (lsr, psr, ppa)	Ef-CP2 (lh)
1	<b>-1,150</b>	<b>-1,631</b>
2	-0,684	0,784
3	-0,403	<b>0,964</b>
4	0,174	<b>0,912</b>
5	<b>2,002</b>	-0,575
6	-0,022	-0,742
7	0,084	0,289

Del mismo modo el largo del sistema radicular y el largo del hipocótilo (CP2) mostraron los valores más negativos en el tratamiento 1 y además en el tratamiento 2. Mientras que para el corte de cubierta + EcoMic® (tratamiento 5) se reportó el valor más alto del índice de eficiencia.

En cuanto a la manifestación del vigor, el pinchazo y el corte (ambos combinados con EcoMic®) fueron menos agresivos que el ácido y el agua caliente. Resultados similares fueron informados por Navarro *et al.* (2016a) al evaluar el efecto combinado del tiempo de almacenamiento y los métodos de escarificación.

Los efectos nocivos del ácido en la germinación, emergencia y crecimiento de las plántulas, así como su manifestación el vigor de las semillas ya ha sido explicado con anterioridad en este mismo estudio.

Tabla 5. Matriz de eficiencia de las variables relacionadas con el vigor en la evaluación a los 60 días en el vivero. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control.

Tratamientos	ÍNDICE DE EFICIENCIA	
	Ef-CP1 (apa, psr, ppa)	Ef-CP2 (Isr, lh)
1	<b>-1,66614</b>	<b>-0,72667</b>
2	0,18704	<b>-0,78424</b>
3	-0,62685	0,06770
4	<b>1,49877</b>	-0,08553
5	-0,32616	<b>2,08978</b>
6	0,40420	-0,68080
7	0,52914	0,11977

El agua caliente está reportada por un grupo amplio de autores como un método ágil, barato y simple para provocar la ruptura de la dormancia de muchas especies tropicales, así como favorecer la germinación y la emergencia. Es preciso destacar que estos reportes parten de los estudios de la germinación de las semillas; mientras que en el

presente experimento se evaluó el comportamiento del crecimiento inicial de las plántulas en el vivero, por lo que podría plantearse que la exposición de las semillas de albizia durante tres minutos al agua a 80°C como tratamiento presiembra, en busca de beneficios para la emergencia de plántulas, no ofrece ventajas. Es posible que al penetrar el calor, además de provocar fallas en las estructuras que conforman el tegumento, afecte las estructuras embrionarias. En este caso la temperatura alta puede acelerar el metabolismo, que pasa violentamente de un estado de relativa quiescencia general a una activación intensa (van Klinken y Flack, 2005).

El análisis subjetivo del índice de eficiencia pudiera indicar que realizar un corte de cubierta a las semillas de albizia y colocar EcoMic® en el lecho de siembra, permite mayor eficacia en la expresión del vigor por el comportamiento de las variables evaluadas durante el crecimiento inicial, tanto a los 30 como a los 60 días posteriores a la siembra, mientras que con el uso del ácido también en combinación con el EcoMic® se obtienen los resultados menos confiables.

Para verificar esta consideración y en concordancia con la metodología descrita por Navarro *et al.* (2012) fue necesario un análisis de conglomerados que agrupara los tratamientos presiembra, 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.

A partir de los índices de eficiencia en cada evaluación (30 y 60 días), se procedió a analizar la existencia de tratamientos presiembra con comportamientos similares, para que las respuestas fueran lo más eficaces y eficientes posible en la estimación del vigor de las semillas.

En el proceso de aglomeración (análisis cluster) se decidió realizar el corte para un valor determinado del coeficiente de disimilitud, dando lugar a la clasificación de los tratamientos presiembra y la formación de los grupos (tablas 6 y 7).

Para decidir el corte se examinó el historial de conglomeración y se aplicó la regla de seleccionar el coeficiente cuando los valores sucesivos entre los pasos de la

conglomeración dieron un salto súbito. La representación espacial del coeficiente de disimilitud es lo que se conoce como dendrograma y según (Hair *et al.* 1999) es un estimador cuantitativo que describe el grado de asociación o semejanza entre los elementos comparados.

El análisis de conglomerados permitió identificar tres grupos para la estimación del vigor de las semillas (tabla 6) para la evaluación realizada a los 30 días posteriores a la siembra. En el grupo I se encuentran los tratamientos 1 y 6, el grupo III el tratamiento 5 y el resto conformó el grupo II.

Tabla 6. Grupos formados por el análisis de conglomerados para la evaluación a los 30 días. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control.

<b>Coeficiente de disimilitud</b>	<b>Grupos formados</b>	<b>Tratamientos</b>
1,813	I	1 y 6
	II	2, 3, 4 y 7
	III	5

La composición de los grupos para la evaluación a los 60 días (tabla 7) es semejante en cierta medida a las determinaciones realizadas en las plántulas con 30 días. En este caso coincide que el tratamiento 5 (Corte + EcoMic®) aparece aislado en el grupo III y en el grupo I se mantiene el tratamiento 1 (Ácido + EcoMic®) unido al 3 (Remojo + EcoMic®) que antes perteneció a otro grupo y en este caso particular intercambió comportamiento con el tratamiento que consistió en únicamente la aplicación del EcoMic®.

Tabla 7. Grupos formados por el análisis de conglomerados para la evaluación a los 60 días. 1: Ácido + EcoMic®; 2: Agua caliente + EcoMic®; 3: Remojo + EcoMic®; 4: Pinchazo + EcoMic®; 5: Corte + EcoMic®; 6: EcoMic®; 7: Control.

<b>Coeficiente de disimilitud</b>	<b>Grupos formados</b>	<b>Tratamientos</b>
1,376	I	1 y 3
	II	2, 4, 6 y 7
	III	5

Para la elección de los grupos donde se expresó más eficientemente el vigor fue necesario evaluar el comportamiento promedio de las variables para cada tratamiento agrupado de acuerdo a los grupos formados (tablas 8 y 9). Además, se tomó en consideración la información proporcionada por el índice de eficiencia.

Las semillas de mayor vigor fueron aquellas que, en los diferentes tratamientos presembrado (combinaciones de escarificación seca y húmeda con EcoMic®), 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.

Para los 30 días, en el grupo III se encontró el valor promedio más alto para todas las variables en estudio, es decir las identificadas en la CP1 y CP2 como las de mayor variabilidad; mientras que el mayor valor positivo del índice de eficiencia (Ef) se observó precisamente en el tratamiento 5 (grupo III).

Tabla 8. Promedio de las variables y desviación estándar de los grupos formados para el vigor de las semillas durante la emergencia de plántulas a los 30 días en el vivero.

Variables	Grupo I (1 y 6)		Grupo II (2, 3, 4 y 7)		Grupo III (5)	
	x	DS	x	DS	x	DS
Altura de la parte aérea (apa)	9,02	0,06	9,41	0,43	<b>10,17</b>	-
Largo del sistema radicular (lsr)	8,84	2,76	8,52	1,86	<b>15,42</b>	-
Longitud del hipocótilo (lh)	3,35	1,30	5,15	0,41	<b>5,42</b>	-
Peso del sistema radicular (psr)	0,08	0,01	0,07	0,01	<b>0,14</b>	-
Peso de la parte aérea (ppa)	0,80	0,05	0,78	0,06	<b>1,38</b>	-

El análisis de los valores promedios para los grupos formados en la evaluación a los 60 días, es semejante al comportamiento a los 30 días, con excepción de la variable largo del sistema radicular. También es oportuno resaltar las diferencia matemáticas entre las variables de los grupos I y II. El análisis de estos grupos permitió identificar a los tratamientos 1 y 6 (grupo I) como aquellos con el peor comportamiento del vigor a través de su manifestación en el crecimiento inicial hasta los primeros 60 días posteriores a la siembra, tal y como se observa en la tabla 9

Tabla 9. Promedio de las variables y desviación estándar de los grupos formados para el vigor de las semillas durante la emergencia de plántulas a los 60 días en el vivero.

Variables	Grupo I (1 y 3)		Grupo II (2, 4, 6 y 7)		Grupo III (5)	
	x	DS	x	DS	x	DS
Altura de la parte aérea (apa)	12,70	1,95	18,19	2,13	<b>18,85</b>	-
Largo del sistema radicular (lsr)	7,93	0,09	9,94	2,33	<b>16,22</b>	-
Longitud del hipocótilo (lh)	4,90	0,85	5,28	0,27	<b>6,72</b>	-
Peso del sistema radicular (psr)	0,16	0,06	0,33	0,09	0,31	-
Peso de la parte aérea (ppa)	0,89	0,40	1,81	0,26	<b>1,77</b>	-

El estudio realizado permitió determinar que cuando se realizó un corte de cubierta en las semillas de albizia y este método de escarificación se combinó con la aplicación del EcoMic® como tratamiento presiembra, se expresó el vigor más alto de las semillas.

## Conclusiones

- Durante la evaluación del crecimiento inicial de albizia a los 30 días posteriores a la siembra el tratamiento que combina el corte de cubierta y la aplicación del EcoMic® fue el que mostró el mejor comportamiento para todas las variables en estudio.
- La evaluación de las plántulas de albizia en el vivero a los 60 días indicó que los valores más altos para las variables peso del sistema radicular y el peso de la parte aérea se registraron en el tratamiento pichazo+ EcoMic® y a su vez el largo del sistema radical y la longitud del hipocótilo mostraron el mejor comportamiento en el tratamiento corte de cubierta + EcoMic®. La altura de las plántulas fue mayor en ambos tratamientos presiembra.
- La expresión más alta del vigor se manifestó al realizar un corte de cubierta en las semillas de albizia y a su vez este método de escarificación se combinó con la aplicación del EcoMic® como tratamiento presiembra.

## Recomendaciones

- Realizar un corte de cubierta a las semillas de albizia antes de la siembra y además incorporar entre 5 y 10 gramos de EcoMic® en el lecho de siembra, como procedimientos de rutina en el montaje de viveros.
- Evaluar otros bioestimuladores del crecimiento y su combinación con los métodos de escarificación empleados en la tesis en búsqueda de nuevas alternativas para potenciar el vigor de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas, todo lo cual asegurará la supervivencia en campo y rápido establecimiento de especies arbóreas con semillas dormantes.

## Referencias Bibliográficas

1. Aguilera, L.L.; Olalde, V.; Rubí, M. & Contreras, R. 2007. Micorrizas arbusculares. Universidad Autónoma del Estado de México .Toluca, México. *Ciencia ErgoSum*. 14(3): 300-306.
2. Allen, M.F.; Swenson, N.; Querejeta, J.L.; Egerton–Warburton, L.M. & Treseder, K.K. 2003. Ecology of Micorrhizae: A Conceptual Framework for Complex Interactions Among Plants and Fungi. *Ann. Rev. Phytopatoly*. Pág.41.
3. Allen, P.S. y Meyer, S.E. 1998. Ecological aspects of seed dormancy loss. *Seed Sci. Res.* 8:183
4. Alves, E.U.; Saderz, R.; Bruno, R.L.A. y Alves, A.U. 2004. Dormência e desenvolvimento de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth). *Revista Árbore*. 28(5):665-662
5. Alzugaray, C.; Carnevale, N.; Salinas, A. & Pioli, R. 2007. Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad de las semillas de *Schinopsis balansae* Engl. y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld. *Rev. Iberoam. Micol*, 24, 142-147. <http://www.reviberoammicol.com>. Consultado: [4 de marzo de 2017].
6. 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
7. Barneby, R.C. y Grimes, J.W. 1996. Silk tree, Guanacaste, Monkey's Earring. A Generic system for the Synadrous *Mimosaceae* of the Americas: Part 1. *Abarema*, *Albizia* and *Allies*. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 74(1). 291p.
8. Baró, I. y Ventosa, I. 1999. Árboles ornamentales. En: Cuba y sus árboles. (Instituto de Ecología y Sistemática, Ed.). Editorial Academia. La Habana, Cuba
9. Baskin, C. C. & Baskin, J. M. 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Second Edition. Academic Press. Elsevier Inc. USA. 1600p.
10. Baskin, C.C. y Baskin, J.M. 2005. Seed dormancy in wild flowers. En *Flower Seeds: Biology and technology* (M. B. McDonald y F. Kwong, Eds.). CABI Wallingford, UK. p.163

11. Baskin, C.C.; Thompson, K. y Baskin, J.M. 2006. Mistakes in germination ecology and how to avoid them. *Seed Sci. Res.* 16:165-168
12. Baskin, J.M.; Baskin, C.C. y Li, X. 2000. Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology.* 15:139-152.
13. Bässler, M. 1998. Flora de la República de Cuba. Fascículo 2 *Mimosaceae*. Serie A. Plantas vasculares. Editorial Koeltz Scientific Books. Koenigstein. Federal Republic of Germany. 206 p.
14. Beiha, E. 2007. Biofertilizante EcoMic®. <http://productosinca.blogspot.com>. Consultado: [19 de abril de 2017].
15. Benites, J.R. 2016. Las leguminosas en la alimentación y en la fertilidad de los suelos. *Leisa (Revista de agroecología)*. 32 (2):5-7.
16. Besnier, F. 1965. Semillas: Biología y Tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 394p.
17. Betancourt, S.A. 2000. Árboles maderables exóticos en Cuba. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 352p.
18. Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell.* 9:1055-1066
19. Bewley, J.D. y Black, M. 1994. Seeds. Physiology of development and germination. Second Edition. Plenum Press, New York - London. 445p.
20. Bhat, K.M. 1997. Wood properties and utilization of Indian *Albizia* species: An assessment in the context of species selection for planting. En: Proceedings of an International Workshop 'Albizia and Paraserianthes species'. (N. Q. Zabala, Ed.). Forest, Farm and Community Tree Network (FACT Net), Winrock International. Morrilton, Arkansas
21. Bradford, K.J. 2007. Seed biotechnology: Translating promise into practice. En: Seeds: Biology, Development and Ecology (S. Adkins, S. Ashmore y S. Navie, Eds.). CAB International. Wallingford, U.K. p. 130
22. 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
23. Burrows, D. y Prinsen, J.D. 1992. Performance and palatability of various Australian trees and shrubs. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports.* 10:33

24. Cabrera, Y.L.; Miranda, E. & Santana, Y. 2016. Effectivity and moment of application of biofertilizer EcoMica in the production of bolanum *Lycopersicon L. var Mamonal* 21. Editada por el Centro de Información y Gestión Tecnológica. CIGET, Pinar del Río. ISSN 1562-3297. 18(1): 76-84.
25. Cáceres, O. 1998. Valor nutritivo de follaje de árboles y arbustos tropicales. III. *Albizia lebbbeck. Pastos y Forrajes*. 21(1):93-98
26. Carvalho, N. M. & Nakagawa, J. 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP. 5ta Ed. 590p.
27. Castellanos, L.; Abreus, M.; Silva, C.N.; Rivera, R.; Fuentes, I.; Parets, E.; Prado, R. & Romero, M. 2016. Efecto de la adición de cachaza, roca fosfórica y biofertilizantes en el suelo sobre el contenido de fósforo y el desarrollo de plántulas de caña de azúcar .*Cultivos Tropicales*. 37(4): 145-151.
28. CATIE. 2000a. Técnicas para la germinación de semillas forestales. Serie Técnica. Manual Técnico N° 39. CATIE-PROSEFOR-DFSC. Turrialba, Costa Rica. 54p.
29. CATIE. 2000b. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Volumen 1. Serie Técnica. Manual Técnico N° 41. CATIE-PROSEFOR-DFSC. Turrialba, Costa Rica. 204 p.
30. Cohn, M.A. 2006. Dormancy: an overview. En: *The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and Uses* (J.D. Bewley, M. Black y P. Halmer, Eds.). CABI Publishing. Wallingford, UK.
31. Corbineau, F. 2012. Markers of seed quality: from present to future. *Seed Science Research*. 22(1):61-68
32. Crespo, G. y Fraga, S. 2002. Nota técnica acerca del aporte de hojarasca y nutrientes al suelo por las especies *Cajanus cajan* (L.) Millsp y *Albizia lebbbeck* (L.) Benth en sistemas silvopastoriles. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 36(4):397-402
33. Cuenca, G.; Cáceres, A.; Hasmy, Z. & Urdamela, C. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *INJERCIENCIA*. Jan ,32(1).
34. Czabator, F.J. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*. 8:386-396

35. Delouche, J.C. 1976. Standardization of vigor tests. *Journal of Seed Technology*. 1(2):75-86
36. Dias, D.C.F.S. 2005. Dormancia en semillas. Revista SEED News. IX (4).  
[http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed94/artigocapa94\\_esp.shtml](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed94/artigocapa94_esp.shtml)
37. Duncan, D. B. 1955. Multiple ranges and multiple F. *Test. Biometric*.11:1-42
38. Febles, G. & Ruiz, .E. 2008. Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastpriles. Avances en investigación agropecuaria. Revista de investigación científica agropecuaria.12 (1): 5-27. Disponible en: <http://www.ucol.mx/revaia>. ISSN 0188789-0.
39. Febles, G. y Ruiz, T.E. 2003. Sistemas silvopastoriles, una opción sustentable. En: Memorias del Curso. Instituto de Ciencia Animal. Tantakin. México. p 6
40. Foley, M.E. y Fennimore, S.A. 1998. Genetic basis for seed dormancy. *Seed Sci. Res.* 8:173-182
41. Forcella, K.; Benech, R.L.; Sánchez, R. y Ghera, C.M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*. 67:123-139
42. Fundora, L.R.; González, J.; Ruiz, L.A & Cabrera, J.A. 2009. Incremento en los rendimientos del cultivo de boniato por la utilización combinada del fitoestimulante Fitomas-E y el biofertilizante EcoMic® en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*. 30(3): 14 - 16.
43. 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
44. Garzón, L.P. 2016. Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia Colombiana. Universidad de Caldas. Revista Luna Azul .42: 217- 234. ISSN: 1909 – 2474.
45. Geneve, R. L. 2003. Impact of temperature on seed dormancy. *HortScience*. 38:336-341
46. González, Y. y Hernández, A. 2000. Ruptura de dormancia en semillas de *Albizia lebbek*. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería tropical”. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 27

47. Hair, J.K.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L. y Black, W.C. 1999. Análisis multivariante. 5<sup>ta</sup> ed. Prentice Hall Iberia. Madrid, España. 832p.
48. Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press. New York. 892p.
49. Hechavarría, O.; Rodríguez, E.; Morales, N.; Vera, N.; Espín, G.; Corrales, B.; Fuentes, V. y Pérez, A. 2000. Calendario fenológico de 51 especies forestales de Cuba. *Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales*. 23:5-9
50. Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D. & Castro, N. Clasificación de los suelos de Cuba. 2015. Ediciones INCA. Mayabeque, Cuba. 91p.
51. Hilhorst, H.W. M., Finch-Savage, W.E., Buitink, J., Bolingue, W & Leubner-Metzger, G. 2010. Dormancy in Plant Seeds. In *Dormancy and Resistance in Harsh Environments* (E. Lubzens, J. Cerda & M. Clark). Springer Berlin Heidelberg, Germany. p.43
52. Hilhorst, H.W.M. y Toorop, P.E. 1997. Review on dormancy, germinability, and germination in crop and weed seeds. *Advances in Agronomy*. 61:111-165
53. ISTA. 2009. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology. Supplement. 333 p.
54. Jøker, D. 2000. *Albizia lebbek* (L.) Benth. Seed Leaflet No. 7 (September). DFSC. 2 p.
55. Kaitho, R.J.; Umunna, N.N.; Nsahlai, I.V.; Tamminga, S.; van Bruchen, J. y Hanson, J. 1997. Palatability of wilted and dried multipurpose tree species fed to sheep and goats. *Animal Feed Science and Technology*. 65:151
56. Kannan, C.S.; Sudhakara, K.; Augustine, A. y Ashokan, P.K. 1996. Seed dormancy and pre-treatments to enhance germination in select *Albizia* species. *Journal of Tropical Forest Science*. 8:369
57. Kigel J. 1995. Seed germination in arid and semiarid regions. En: *Seed development and germination* (J. Kigel y G. Galili, Eds.). Marcel Dekker Inc. New York. p. 645
58. Kodde, J.; Buckley, W. T.; Groot, C. C.; Retiere, M.; Zamora, A. M. V. & Groot, S. P. C. 2012. A fast ethanol assay to detect seed deterioration. *Seed Science Research*. 22(1):55-62

59. Kohai, R. 2009. *Albizia lebbbeck*. Disponible en: <http://fuentedepermacultura.org/albizia-lebbeck>. Consultado: [13 de abril de 2017].
60. Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D. y França Neto, J.B. 1999. Vigor de sementes: conceitos e testes. ABRATES. Londrina, Brasil. 218 p.
61. Lamela, L. y Simón, L. 1998. Utilización de harina de legumbres de *Albizia lebbbeck* como suplemento en vacas lecheras. *Pastos y Forrajes*. 21(4):355-358
62. Lang, G.A. 1987. Dormancy: A new universal terminology. *HortScience* 22: 817-820
63. Larby, A.; Smith, J.W.; Kurdi, I.O.; Adekunle, I.O.; Raji, A.M. y Ladipo, D.O. 1996. Feed value of multipurpose fodder trees and shrubs in West Africa: edible forage production and nutritive value of *Millettia thonningii* and *Albizia lebbbeck*. *Agroforestry Systems*. 33:41
64. Leadem, C.L. 1997. Dormancy-Unlocking seed secrets. En: National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. (Landis, T.D.; Thompson, J.R., Eds.) Gen. Tech. Rep. PNWG TR-419. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 43-52
65. Li, B. y Foley, M.E. 1997. Genetic and molecular control of seed dormancy. *Trends in Plant Science*. 2:384-389
66. Lima, L. B. D. & Marcos Filho, J. 2011. Procedimentos para condução de testes de vigor baseados na tolerância ao estresse térmico em sementes de pepino. *Revista Brasileira de Sementes*. 33(1):45-53.
67. Lowry, J.B.; Prinse, J.H. y Burrows, D.M. 1994. *Albizia lebbbeck* -a promising forage tree for semiarid regions. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Gutteridge R.C. y Shelton, H.M., Eds.). CAB International. Wallingford, UK
68. Lowry, J.B.; Schlink, A.C. y Hoffman, D. 1992. Evaluation of three tropical legumes in diets for growing rabbits. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 5:257
69. Luna, M.A. & Mesa, J.R. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*. 4(2): 31-40.
70. Marcos Filho, J., Cicero, S.M. & Silva, W.R. 1987. Avaliação da qualidade das sementes. FEALQ. Piracicaba, Brasil. 230 pp.
71. Marcos Filho, J. 2011. Testes de vigor: dimensão e perspectivas. *Seed News*. XV (1).

[http://www.seednews.inf.br/\\_html/site/content/reportagem\\_capa/index.php?edicao=44](http://www.seednews.inf.br/_html/site/content/reportagem_capa/index.php?edicao=44) [16/05/13].

72. Marcos Filho, J. M. 2015. Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas. Londrina, PR: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes - ABRATES, 659 p.
73. Martínez, L.B. & Pugnaire, F.I. 2009. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente: Ecosistema*. 18(2):44–54.
74. Masamba, C. 1994. Presowing treatments on four African *Acacia* species: appropriate technology for use in forestry for rural development. *Forest Ecology and Management* 64:105
75. Matias, C., & Ruz, V. (1996). Efecto de la distancia entre plantas en el potencial de producción de semillas de *Albizia lebbek*. *Resúmenes*. Taller Internacional " Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF" Indio Hatuey". Matanzas, Cuba, 98p.
76. Matías, C. 2000. Influencia de la altura de poda en la producción y calidad de la semilla de *Albizia lebbek*. *Pastos y Forrajes*. 23(1):33-37
77. Matthews, S.; Noli, E.; Demir, I.; Khajehhosseini, M. & Wagner, M. H. 2012. Evaluation of seed quality: from physiology to international standardization. *Seed Science Research*. 22(1):69-73
78. Montejo, I.L.; López, O. & Lamela, L. 2010. Utilización de piensos criollos con harina de *Albizia lebbek* para la ceba de conejos alimentados con bejucos de boniato. *Pastos y Forrajes*. 33(1): 1-10.
79. Morrison, D.A.; McClay, K.; Porter, C. y Rish, S. 1998. The role of the lens in controlling heat-induced breakdown of testa-imposed dormancy in native Australian legumes. *Ann. Bot.* 82:35-40
80. Nakano, A., Kasuski, T. & Kimura, M. 2001. Effect of Host School Clipping on Carbon and Nitrogen Sources for Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Mycorrhiza*. 10 (3).
81. Navarro, Marlen. 2009. Comportamiento interactivo de la germinación, la dormancia, la emergencia y el crecimiento inicial como atributos biológicos para

- evaluar el vigor de las semillas de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 101p.
82. 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
83. 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
84. 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
85. Navarro, Marlen; Febles, G. & Herrera, R.S. 2015. The vigor: essential element of seed quality. *Cuban Journal of Agriculture Science*. 49(4):437-442.
86. Navarro, Marlen; Febles, G.; Torres, Verena; Herrera, R.S. & Noda, Aida. 2016a. Effect of storage time of *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. seeds on the germinative capacity. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 50(2):305-313
87. Navarro, Marlen; Febles, G. & Torres, Verena. 2016b. Effects of scarification and storage on vigor expression of *Albizia lebbbeck* (L.) Benth seeds. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 50(3):465-478
88. Navarro, Marlen; Febles, G. y Torres, Verena. 2016c. Empleo del índice de eficiencia para estimar la influencia del vigor de las semillas en el crecimiento y desarrollo de plántulas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 50(3).
89. Naylor, J.M. y Jana, S. 1976. Genetic adaptation for dormancy in *Avena fatua*. *Can J. Bot.* 54:306-312
90. Nielsen, I. 1992. *Albizia*. *Flora Malesiana*, ser. I., 11:64
91. Nikolaeva, M.G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. En: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination (A.A. Khan, Ed.). North-Holland. Amsterdam. p. 54
92. Noda, Yolai & Castañeda, Lisset. 2012. Efecto del EcoMic® en la emergencia de plántulas de *Jatropha curcas* (Nota Técnica). *Pastos y Forrajes*. 35(4):401-406.

93. Noda, Yolai; Martín, G.; Matos, W. y Pentón, Gertrudis. 2013. Efecto de la fertilización química y biológica en el rendimiento morfoagronómico de *Morus alba*. *Pastos y Forrajes*. 36 (2):190-196.
94. Paretas, J.J. y López, M. 2006. Regionalización de gramíneas, leguminosas y árboles multipropósitos. En: Recursos forrajeros, herbáceos y arbóreos. Editorial Universitaria. Colección Textos Universitarios. USC Guatemala. p. 37
95. 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
96. Peretti, A. 1994. Manual para análisis de semillas. Editorial Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires, Argentina. 121 p.
97. Perry, D.A. 1984. Manual de métodos de ensayos de vigor. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 56p.
98. Poulsen, K. 2000. Análisis de semillas. En: Técnicas para la escarificación de semillas forestales. Serie Técnica. Manual Técnico N° 36. CATIE-PROSEFOR-DFSC. Turrialba, Costa Rica
99. Poulsen, K. y Stubsgaard, F. 2000. Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura. En: Técnicas para la escarificación de semillas forestales. Serie Técnica. Manual Técnico N° 36. CATIE-PROSEFOR-DFSC. Turrialba, Costa Rica
100. Poulsen, K. y Thomsen, K. 1999. Seed handling manual. Guidelines and logbook for seed processing. DFSC Technical Note N° 54. Danida Forest Seed Centre, Denmark. 19 p.
101. Poulsen, K.; Parrat, M. y Gosling, P. 1998. Tropical and subtropical tree and shrub seed handbook. 1<sup>st</sup> edition. International Seed Testing Association. Zürich, Switzerland. 204p.
102. Rivera, R.; Ruiz, L.; Rivera, M.; Simó, J.; Fundora, A.R.; Calderón, A.; Martín, J.V.; Manero, Y. & Joao, J.P. 2012. La efectividad del biofertilizante EcoMic® en el

- cultivo de la yuca. Resultados de las campañas de extensiones con productores. INCA. Cultivos tropicales. 33(1):5-10. ISSN: 0258-5936.
103. Ruiz, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos con Carbonatos y Ferralíticos Rojos en la región Central de Cuba .Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana: INCA. 150p.
104. Ruiz, T.E. y Febles. G. 2003. Establecimiento de especies árboles y arbustos tropicales: Siembra, manejo para el establecimiento y puesta en explotación. Curso: Sistemas silvopastoriles, una opción sostenible. Tantakin, México. p. 36
105. Saavedra, G. 2013. Series técnicas. Producción de hortalizas para la República de Guinea Ecuatorial. No.1. Introducción a la producción de hortalizas. Pág.29.
106. Sánchez, J.M. 2013. *Albizia lebeck* (L.) Benth. Disponible en: <http://www.arbolesornamentales.es>. Consultado: [16 de marzo de 2017].
107. Santana, H.; Soca, M.; Simón, L. y Cáceres, O. 1998. Efecto del follaje de *Albizia lebeck* sobre el valor nutritivo de una dieta de king grass. *Pastos y Forrajes*. 21(1):87-92
108. Schlink, A.C.; Lowry, J.D. y Gibson, D.S. 1991. Products from the tree legume *Albizia lebeck* as supplements for sheep in the dry tropics. *Proceedings of Australian Society of Animal Production*. 18:546
109. Schlönvoigt, A. 1998. Sistema taungya. Materiales de Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. 116 p.
110. Schmidt, L. 1988. A study of natural regeneration of transitional lowland rain forest and dry bushland in Kenya. MSc. Thesis. University of Aarhus. Copenhagen, Denmark. 93 p.
111. Schmidt, L. 2000. Handling of tropical and subtropical forest tree seed. DFSC. Hummleback, Denmark. 511 p.
112. Silva, V.N.; Cicero, L.O.B.; Schuch, J.F.; Vieira, C.A.; Rufino, J.S. & Abreu Junior. 2013. Sementes: produção, qualidade e inovações tecnológicas. Editora e Gráfica Universitária. Pelotas, Brasil.

113. Skerman, P.J.; Cameron, D.G. y Riveros, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Roma. 707p.
114. Smith, M.; Wang, T.B.S.P. y Msanga, H. P. 2003. Dormancy and Germination. En: Tropical Tree Seed Manual. USDA Forest Service's/Reforestation Nurseries & Genetics Resources. p. 149
115. Soca, M.; Simón, L.; Cáceres, O. y Francisco, G. 1999. Valor nutritivo del heno de leguminosas arbóreas. I. *Albizia lebeck* (algarrobo de olor). *Pastos y Forrajes*. 22(4):353-358
116. Sosef, M.S.M.; Hong, L.T. y Prawirohatmodjo, S. 1998. Timber trees: lesser-known timbers. Plant Resources of South-East Asia N°. 5 (3). Backhuys Publishers. Leiden, Netherlands
117. Soto Pinto, M.L. 1996. Escarificación de semillas de leguminosas arbustivas *Cassia tormentosa* y *C. xiphoidea*. *Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales*. 14:5-7
118. Taylor, A.G. 2003. Seed Treatments. En: Encyclopedia of Applied Plant Sciences (B. Thomas, D.J. Murphy y B.G. Murray, Eds.). Elsevier Acad. Press. p. 1291
119. Teketay D. 1996. Germination ecology of twelve indigenous and eight exotic multipurpose leguminous species from Ethiopia. *Forest Ecology Management* 80: 209-223.
120. TeKrony, D.M. 2003. Review: Precision is an essential component of seed vigour testing. *Seed Sci. Technol.* 31:435-447
121. Toky, O.P.; Kumar, N. y Bisht, R.P. 1996. Variation in growth of a 3 year old provenance trial of *Albizia lebeck* (L.) Benth. in arid India. *Silvae Genetica*. 45:31
122. Toral, O. y Machado, R. 2002. Introducción, evaluación y selección de recursos fitogenéticos arbóreos. *Pastos y Forrajes*. 25(1):1-14
123. 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

124. Trappe, J.M. 1987. Phylogenetic and Ecologic Aspects of Mycotrophy in the Angiosperms from an Evolutionary Standpoint, en Safir, G.R. (Ed.) *Ecolphysiology of V-A Mycorrhizal Plants*. CRC.Press Inc., Boca Raton , Florida , USA.
125. Turner, R.; Merritt, D.J.; Baskin, C.C.; Dixon K.W. y Baskin, J.M. 2005. Physical dormancy in seeds of six genera of Australian Rhamnaceae. *Seed Sci. Res.* 15:51-58
126. van Klinken, R.D. y Flack, L. 2005. The relationship between wet heat and hard-seeded dormancy and germination. *Weed Science.* 53:663-669
127. van Klinken, R. D., Flack, L. K., & Pettit, W. 2006. Wet-season dormancy release in seed banks of a tropical leguminous shrub is determined by wet heat. *Annals of Botany.* 98(4), 875-883.
128. Wang, R. 2005. Modeling seed germination and seedling emergence in winterfat (*Krascheninnikovia lanata* (Pursh) A.D.J. Meese & Smit): physiological mechanisms and ecological relevance. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias. University of Saskatchewan, Saskatoon. 176 p.
129. Wild, D.W.M.; Wilson, J.R.; Stür, W.W. y Shelton, H.M. 1993. Shading increases yield of nitrogen-limited tropical grasses. Proceedings of XVII International Grassland Congress. Palmerston North-New Zealand
130. Willan, R.L. 2000. Pre-tratamiento de semillas. En: Técnicas para la germinación de semillas forestales. Serie Técnica. Manual Técnico N° 39. CATIE- PROSEFOR-DFSC. Turrialba, Costa Rica
131. 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