



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES
“Indio Hatuey”

**Tesis presentada para optar por el Título Académico de Maestro
en Ciencias en Pastos y Forrajes**

**Influencia del EcoMic[®] y el Pectimorf[®] en la germinación y
algunos indicadores morfológicos de *Leucaena
leucocephala* (Lam.) de Wit. cv. Cunningham**

Autora:

Ing. Maritza Rizo Alvarez

Tutores:

Dra. C. Tania Sánchez Santana

Dra. C. Yuseika Olivera Castro

M. Sc. Onel López Vigoa

Perico, Matanzas

2019

Pensamiento

Si crees que la economía es más importante que el medioambiente, intenta aguantar la respiración mientras cuenta tu dinero.

Janez Potocnik

La Tierra proporciona lo suficiente para satisfacer las necesidades de cada hombre, pero no la codicia de cada hombre.

Mahatma Gandhi

Solo cuando el último árbol esté muerto, el último río envenenado y el último pez atrapado, te darás cuenta que no puedes comer dinero.

Noah Sealath

Si supiera hoy que el mundo se acaba mañana, yo, hoy plantaría un árbol.

Martin Luther King

Vivimos en la tierra como si tuviéramos otra a la que ir.

Terry Swearingen.

Agradecimientos

- A los Tutores Tania Sánchez Santana, Yuseika Olivera Castro y Onel López Vigoa que fueron las personas que nunca negaron su conocimiento, y que pusieron a mi disposición su escaso tiempo y su plena sabiduría.
- A los compañeros del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, por sus sugerencias en cuanto al diseño de los tratamientos con el uso de los bioproductos.
- A Miguel Ángel Benítez Alvarez y Fernando Ruz Suárez, que desde el primer momento me ayudaron a montar, desarrollar y concluir los experimentos. Sin ellos hubiese sido imposible el éxito de la investigación.
- Agradezco a mi esposo por su constante apoyo y a mis hijos que me inspiraron confianza en que podía alcanzar mi propósito.
- A mis compañeros de trabajo de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey que, como maestros, me educaron en el amor a los pastos y me mostraron el enorme valor de una fértil semilla.
- A nuestra Revolución, porque estoy convencido que sin ella no fuera hoy día lo que intelectualmente soy.
- A todos los que me ayudaron incondicionalmente, sea con ellos mi gratitud.

A todos muchas gracias, como dijera el Apóstol Honrar, honra

Dedicatoria

- A mi madre por su apoyo incondicional en todos momentos importantes de mi vida, por sus consejos, valores y por la motivación constante para que me desarrollara como profesional. Aunque hoy no se encuentra físicamente a mi lado, sigue siendo mi fortaleza, ejemplo y guía para alcanzar mis metas. Gracias por todo el amor y confianza.
- A mi padre, por su sacrificio, confianza y por la educación brindada.
- A mis hijos que con su infinito apoyo cooperaron para alcanzar este objetivo.
- A mi esposo, quien con su más fiel ayuda, amor y dedicación me dio la tranquilidad plena para desarrollar dicha tarea.
- A toda mi familia por haber confiado siempre en mí y alentarme en los buenos y en los malos momentos
- A mis amigos y compañeros íntimos, por su ayuda y confianza

Abreviaturas

Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar	EPICA
6- bencilaminopurina	6-BAP
Auxina ácido naltalenacético	ANA
Escarificación térmica	ET
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey	EEPFIH
Hongos micorrízico arbusculares	HMA
Inóculos microbianos	IM
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba	INCA
Materia seca	MS
Período poco lluvioso	PPLL
Peso vivo	PV
Sistemas silvopastoriles	SSP

Síntesis

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey con el objetivo de evaluar el efecto del biofertilizante EcoMic[®] y el producto bioactivo Pectimorf[®] en la germinación y los indicadores morfofotográficos de *L. leucocephala* cv. Cunningham en la fase de vivero y la siembra directa en campo. Los tratamientos fueron: T1- Escarificación Térmica (testigo), T2- Inoculación con EcoMic[®], T3-Imbibición en Pectimorf[®] y T4-Imbibición en Pectimorf[®] + inoculación con EcoMic[®]. En el vivero se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres réplicas y las variables evaluadas fueron: la emergencia de las semillas, la altura de la plántula, el número de ramas y la longitud de la raíz. Durante experimento en campo se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Se midieron las variables altura, número de ramas y grosor de tallo hasta los 12 meses. La emergencia fue superior al 71,43 % en el tratamiento que consistió en imbibir las semillas en Pectimorf[®]. En cuanto a la altura, la imbibición en Pectimorf[®] y el testigo no difirieron estadísticamente, y los tratamientos inoculados con EcoMic[®] solo y su combinación con Pectimorf[®] mostraron un menor crecimiento sin diferencia significativa entre ellos. Los mejores valores de cada variable durante la siembra directa en campo se obtuvieron cuando después de la escarificación térmica (T1), las semillas se inocularon con EcoMic[®] (T2) o se embebieron en Pectimorf[®] (T3), sin diferencias significativas entre ellos y los menores en el testigo (T1). La altura se incrementó en un 12 % respecto al T1 con los tratamientos T2 y T3. Se concluye que la imbibición en Pectimorf[®] o inoculación con EcoMic[®] de las semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham posterior a la escarificación térmica, no tuvo efecto sobre el porcentaje de germinación. En la siembra directa en campo, las semillas tratadas con los bioproductos evaluados, posterior a la escarificación térmica, mostraron un incremento en la altura, el número y grosor del tallo de las plantas durante su establecimiento, de ahí que se hace evidente la posibilidad de que se pueda acortar ese período con su utilización.

Palabras claves: Indicadores morfofotográficos, escarificación, EcoMic[®], Pectimorf[®]

Abstract

The study was conducted at the Pastures and Forages Research Station Indio Hatuey, in order to evaluate the effect of the biofertilizer EcoMic[®] and the bioactive product Pectimorf[®] on the germination and morphobotanical indicators of *L. leucocephala* cv. Cunningham in the nursery stage and direct seeding in field. The treatments were: T1- Thermal scarification (control), T2-Inoculation with EcoMic[®], T3-Imbibition in Pectimorf[®] and T4-Imbibition in Pectimorf[®] + inoculation with EcoMic[®]. In the nursery a completely randomized design was used with three replicas and the evaluated variables were: seed emergence, seedling height, number of branches and root length. During the field experiment a randomized block design was used with three replicas. The variables: height, number of branches and stem diameter until 12 months were measured. Emergence was higher than 71,43 % in the treatment that consisted in imbibing the seeds in Pectimorf[®]. Regarding height, the imbibition in Pectimorf[®] and the control did not differ statistically, and the treatments inoculated with EcoMic[®] alone and its combination with Pectimorf[®] showed lower growth without significant difference between them. The best values of each variable during direct seeding in field were obtained when after thermal scarification (T1), the seeds were inoculated with EcoMic[®] (T2) or imbibed in Pectimorf[®] (T3), without significant differences between them; and the lowest values were reached in the control (T1). The height increased in 12 % compared with T1 in treatments T2 and T3. It is concluded that the imbibition in Pectimorf[®] or inoculation with EcoMic[®] of the *L. leucocephala* cv. Cunningham seeds after thermal scarification, did not have effect on germination percentage. In the direct seeding in field, the seeds treated with the evaluated bioproducts, after thermal scarification, showed an increase in height, number of branches and stem diameter of the plants during their establishment; hence the possibility of reducing this period with their utilization becomes evident.

Índice de tablas

Tabla I.1. Cantidad de semilla recomendada para la siembra de la leucaena.....	10
Tabla II.2. Composición química del suelo.....	33
Tabla III.1. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] , en la germinación <i>in vitro</i> de semillas de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham.....	36
Tabla III.2. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] en la emergencia de las semillas de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham (%).....	38
Tabla III.3. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] en la longitud de la raíz de <i>L. leucocephala</i> en la etapa de vivero.	43
Tabla III.4. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] en la altura de las plantas de <i>L. leucocephala</i> del período experimental	44
Tabla III.5. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] en el número de ramas de las plantas de <i>L. leucocephala</i> durante el período experimental	48
Tabla III.6. Efecto del Pectimorf [®] y el EcoMic [®] en el grosor del tallo de las plantas de <i>L. leucocephala</i> durante el período experimental	51

Índice de figuras

Figura II.1. Secuencia experimental	27
Figura II.3. Composición florística del pastizal.....	34
Figura III.1. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] en la emergencia de las plantas de <i>L. leucocephala</i> en el tiempo.....	39
Figura III.2. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] en la altura de las plántulas de <i>L.</i> <i>leucocephala</i> en la fase de vivero	40
Figura III.3. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] en el número de ramas de <i>L.</i> <i>leucocephala</i> en la etapa de vivero.	42
Figura III.4. Curva de ajuste de la altura (cm) en función del tiempo (días) por cada tratamiento en estudio.....	46
Figura III.5. Efecto del EcoMic [®] y el Pectimorf [®] en la altura de las plantas de <i>L.</i> <i>leucocephala</i> a los 7 y 12 meses de edad.....	47
Figura III.6. Curva de ajuste del número de ramas de <i>L. leucocephala</i> en función del tiempo (días).....	50
Figura III.7. Curva de ajuste del grosor del tallo de <i>L. leucocephala</i> en función del tiempo (días) para cada tratamiento.....	55

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
I.1. Género <i>Leucaena</i>	4
I.1.1. Consideraciones generales	4
I.1.2. Origen, distribución y taxonomía del género	5
I.1.3. Tipos y variedades	5
I.1.4. Características, producción y calidad de la semilla	6
I.1.5. Siembra y establecimiento.....	8
I.1.6. Uso de <i>Leucaena leucocephala</i> en la alimentación animal	11
I.2. Bioproductos utilizados en la agricultura	14
I.2.1. Biofertilizantes	15
I.2.2. Bioestimuladores del crecimiento	20
I.2.3. Combinación de bioproductos	25
Capitulo II. Materiales y Métodos.....	27
II.1 Generalidades	27
II.2. Especificidades de los experimentos.....	30
II.2.1. Efecto del Ecomic® y el Pectimorf® en la germinación <i>in vitro</i> de semillas de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham	30
II.2.2. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en indicadores morfobotánicos de <i>L.</i> <i>leucocephala</i> cv. Cunningham en la etapa de vivero	31
II.2.3. Efecto del Ecomic® y el Pectimorf® en indicadores morfobotánicos de <i>L.</i> <i>leucocephala</i> cv. Cunningham en la siembra directa	32

Capítulo III. Resultados y Discusión	36
III.1 Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en la germinación <i>in vitro</i> de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham	36
III.2 Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en indicadores morfológicos de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham en la etapa de vivero	37
III.3 Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en indicadores morfológicos de <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham en siembra directa	43
Conclusiones	59
Recomendaciones	60

INTRODUCCIÓN

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. (leucaena) es una leguminosa forrajera que puede ser usada como complemento proteico para los animales. Su asociación con pastos naturales es una práctica que ha tenido una alta aceptación por parte de los productores (Sánchez *et al.*, 2011).

Esta arbórea cumple funciones de gran relevancia agroecológica en los sistemas silvopastoriles (SSP), ya que mejoran la calidad de la dieta animal y aportan nitrógeno al sistema, lo que implica una ventaja desde el punto de vista biológico y económico. De ahí el interés de asegurar el establecimiento de *L. leucocephala* en los ecosistemas ganaderos.

En este sentido, el establecimiento constituye, una de las etapas más vulnerables en el ciclo de vida de las plantas. En el caso de las especies con reproducción exclusiva por vía sexual, la persistencia depende del establecimiento de nuevas plántulas y de la longevidad de las plantas adultas (Ramos *et al.*, 2015).

En la actualidad, el uso de los bioproductos constituye una práctica común en la agricultura para reducir el período de establecimiento de los cultivos y, a su vez, mejorar la productividad; entre los que se encuentran los biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento.

La asociación entre microorganismos de diferente naturaleza microbiológica se emplea para promover el desarrollo de las especies y reducir su ciclo vegetativo (Martínez y Dibut, 2012). Desde hace varios años se reportan resultados sobre el efecto beneficioso que ejerce la simbiosis micorrízica en el crecimiento y la productividad de los cultivos, asociado en lo fundamental a una mayor absorción de nutrientes y agua (Ley *et al.*, 2015; Ruiz *et al.*, 2016), así como a la mejora de la accesibilidad de las plantas a los nutrimentos que se encuentran en formas menos asimilables (Velasco *et al.*, 2016).

En el ámbito mundial se reportan múltiples experiencias acerca de los beneficios de los biofertilizantes de hongos micorrízico arbusculares (Pérez *et al.*, 2015). En este sentido, en Cuba también se han obtenido resultados positivos en las variables altura, vigor y área foliar, así como un incremento de los rendimientos, un mayor aprovechamiento de los nutrientes y una disminución de los fertilizantes con la inoculación de cepas eficientes de hongos micorrízico arbusculares (HMA) en diferentes especies de importancia económica (Terrero, 2010; Cruz *et al.*, 2014).

Con respecto al Pectimorf[®], las generalidades de los trabajos consultados refieren su capacidad de influir en diferentes procesos fisiológicos que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Álvarez y Reynaldo 2015; Nápoles *et al.*, 2016).

PROBLEMA CIENTÍFICO

Los sistemas con *L. leucocephala* constituyen una opción viable para mejorar la calidad y el valor nutricional de los pastos; sin embargo, la dinámica de crecimiento de esta leguminosa arbórea incrementa el tiempo de establecimiento del sistema.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

La inoculación de las semillas de *L. leucocephala* cv. cunningham, con el biofertilizante EcoMic[®] y el producto bioactivo Pectimorf[®] mejoran el porcentaje de germinación y los indicadores morfológicos de las plantas; lo cual permitirá un incrementó del crecimiento y el desarrollo de esta especie durante la etapa de vivero y siembra directa campo.

OBJETIVO

Evaluar el efecto del biofertilizante EcoMic[®] y el producto bioactivo Pectimorf[®] en la germinación y algunos indicadores morfológicos de *L. leucocephala* cv. Cunningham en la fase de vivero y la siembra directa en campo.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I.1 Género *Leucaena*

I.1.1 Consideraciones generales

Los árboles y arbustos de la familia *Leguminosae*, gracias a su versatilidad y naturaleza multipropósito, por muchos años han desempeñado un papel preponderante en los sistemas de producción animal en el trópico, incluso en zonas distantes de sus orígenes (Ibrahim y Pezo, 2012)

El follaje de los árboles leguminosos posee altos valores de proteína bruta, energía y minerales, y una aceptable digestibilidad, aunque su concentración proteica es el atributo nutricional más importante. Por ello, el forraje de estas plantas es adecuado para la alimentación de bovinos, ovinos y caprinos (Leng, 1997; Escobar *et al.*, 1998; Sánchez *et al.*, 2018).

La oferta forrajera en SSP con leucaena tiene un contenido de proteína superior al 22 % y un menor contenido de fibra (20-30 %) respecto a la mayoría de los pastos tropicales. Además, esta especie tiene la capacidad de soportar el ramoneo intenso, y su presencia incrementa la productividad del sistema. Los animales producen al menos dos o tres veces más carne y leche $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ como resultado de un mayor consumo de nutrientes y una mayor oferta forrajera, dado que con esta leguminosa el consumo de materia seca (MS) puede ser 1,3 veces mayor que el observado en sistemas convencionales, y la producción forrajera puede incrementarse de 5 a 18 t de MS $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ (López *et al.*, 2017).

Por otra parte, la inclusión de *L. leucocephala* permite disminuir las emisiones entéricas de CH₄ en cantidades cercanas a un 20 % por kilogramo de carne o leche producida y por kilogramo de materia seca consumida. En comparación con los sistemas tradicionales, en los que se incluye *L. leucocephala*, se incrementa la eficiencia en la producción y disminuyen los efectos ambientales negativos de la ganadería (Rivera *et al.*, 2017).

I.1.2 Origen, distribución y taxonomía del género

Leucaena es un género de la subfamilia *Mimosoidae*, tribu *Mimosae*. Todas sus especies son nativas del Nuevo Mundo y se han extendido desde el suroeste de Texas en los Estados Unidos hasta Perú. Con posterioridad, mediante la acción del hombre, se distribuyó por el Pacífico y África y en la actualidad se encuentra extendida en la mayoría de los países tropicales (Brewbaker, 1998; Shelton, 2000).

L. leucocephala es una de las especies más estudiadas dentro del género, se le considera una especie pantropical de carácter semiautóctono. Crece hasta 1 800 msnm y no tolera heladas con temperaturas mayores de 10 °C, la temperatura óptima está entre 22 – 30 °C y precipitación mayor de 750 mm. Se adapta a un rango amplio de suelos con pH 5,5 – 8,0 y no tolera suelos ácidos con pH menor de 5, en donde su desarrollo es muy pobre. Necesita suelos de mediana fertilidad. Además, no tolera sombra ni inundación, pero es resistente a la sequía, aunque se defolia en épocas prolongadas de escasas precipitaciones (Peters *et al.*, 2011).

I.1.3 Tipos y variedades

En cuanto a los tipos y variedades de *L. leucocephala* (Lam) de Wit, Gray (1968) hizo referencia a que existían cuatro cultivares Hawaii, Salvador, Guatemala y Perú.

Por su parte, Barnard (1972) plantea que *L. leucocephala* (Lam) de Wit, tiene dos cultivares:

- Cv. Perú: es un árbol pequeño, con un sistema radical profundo. El crecimiento inicial es lento y es sensible a la competencia en el primer año.
- Cv. Salvador: es una planta de tallo erecto, sus rendimientos de materia seca y proteína bruta son menores que los del cv. Perú.

En Cuba la Comisión Nacional de Variedades aprobó tres cultivares de la especie *L. leucocephala* para su introducción a escala comercial: Cunningham, Perú e Ipil Ipil (MINAG, 2017), las cuales se extendieron en las empresas ganaderas en las modalidades de sistemas de bancos de proteína, en asociaciones con pastos y especies herbáceas y leñosas, ocupando aproximadamente más 20 000 ha (Simón, 2012).

I.1.4 Características, producción y calidad de la semilla

Las semillas son elípticas, comprimidas, aplanadas, de color café a marrón brillante de 6-11 mm de largo y de 4-7 mm de ancho. Una legumbre presenta entre 15 y 25 semillas y un kilogramo entre 15 000 y 18 000, lo cual depende del cultivar o variedad (Solorio y Solorio, 2008), así como del patrón de siembra y la época del año (Torres *et al.*, 2002).

Un elemento vital para la utilización de *L. leucocephala*, lo constituye su producción temprana y abundante de semillas mediante la autopolinización, que aporta un material de calidad para su implementación en los sistemas productivos.

En este sentido, la leucaena produce una gran cantidad de semilla desde el primer año, en casi todos los climas que se cultiva; puede alcanzar rendimientos promedio de semillas de 0,5 a 1,5 kg árbol⁻¹ con copa desarrollada; mientras que, la calidad física de

las simientes puede oscilar de 80 a 95 % de germinación, 95 a 99,5 % de pureza y un contenido de humedad inicial entre 7 y 8 %; sin embargo, una de las características desfavorables que presenta es la de poseer semillas con corteza dura, lo que limita su germinación en los primeros días después de efectuarse la siembra (Duguma *et al.*, 1988). Esta característica de las especies, de poseer cortezas de semilla duras e impermeables, hace necesario emplear tratamientos pregerminativos (Hughes, 1998).

Tratamientos pregerminativos

La impermeabilidad de la cubierta de las semillas, el grosor y la constitución de su cubierta le confiere un alto grado de dormancia exógena. Al mismo tiempo, presentan poca dormancia endógena, por lo cual las semillas frescas pueden tener elevado porcentaje de germinación cuando se rompe su testa (Lezcano *et al.*, 2005).

La dormancia es uno de los mecanismos que limitan la germinación en condiciones que pueden o no ser adecuadas para el establecimiento de la leucaena en los sistemas productivos.

Según Mérola y Díaz (2012), las semillas dormantes son aquellas que no germinan aun cuando se les brindan las condiciones óptimas de humedad, de temperatura y en algunos casos la presencia de luz. Ello ha motivado el empleo de diferentes formas de reblandecimiento (química, física y mecánica) de las capas externas, conocidas como métodos de escarificación (Iriondo y Perez, 1999).

En *L. leucocephala* los tres métodos ofrecen buenos resultados; sin embargo, desde el punto de vista económico sólo dos son los recomendados: el físico y el mecánico (Teles *et al.*, 2000). Entre las variantes del método físico, el tratamiento con agua caliente por por dos minutos (González y Mendoza, 2008; González *et al.*, 2009) o cinco minutos

(Carpenedo *et al.*, 2017) son los más recomendados. Es posible emplear también, como método físico, el remojo de las semillas en agua a temperatura ambiente durante 12 a 24 horas antes de la siembra.

Con relación al método mecánico, la variante de mayor empleo es el corte de la semilla en la zona opuesta al embrión. En este sentido, Poulsen y Stubsgaard (2000) plantearon que este es eficaz cuando se realiza con cuidado y, a diferencia de otros métodos, tiene la ventaja de evitar el daño por sobretratamiento, así como la manipulación en las cercanías de la región radicular. También se conoce del uso del ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), el cual tiene como objetivo destruir la corteza de la semilla (o pericarpio) hasta que permita la imbibición, pero sin que este alcance al embrión (Navarro, 2002).

I.1.5 Siembra y establecimiento

La preparación del suelo está relacionada con las características de este y la especie predominante en el pastizal. El éxito en el establecimiento, se logra con una buena preparación de suelo para mejorar sus condiciones físicas (porosidad y capacidad de almacenamiento de agua) y de esta forma reducir total o parcialmente la competencia entre las plantas de leucaena y la vegetación presente en el sistema.

En Cuba, Ruiz y Febles (2006) informaron que la preparación para la siembra de esta leguminosa puede ser de dos formas: mediante la preparación del área total a sembrar o en franjas cuando la siembra se efectúa sobre pastizales naturales.

Uribe *et al.* (2011) plantearon que cuando se selecciona la preparación en franjas, se debe valorar la población de pasto del área, que no se preparará con el fin de determinar si es necesario realizar en ella alguna labor mecánica o física para su rehabilitación.

Por su parte, Ruiz y Febles (2006), argumentaron que es necesario comenzar la preparación del suelo antes de que comiencen las lluvias (aradura-picadura-cultivador), cuando es en franja en área de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, es imprescindible mantener la vigilancia en el comportamiento de las malezas durante los primeros 90 días posteriores a la emergencia de la leguminosa.

Con relación a la época de siembra, Uribe *et al.* (2011) y Condo (2012) consideran que el momento óptimo es dependiente de la localidad. Por ello, recomiendan que las siembras deban realizarse en suelos húmedos por las propias lluvias. De ahí que se recomienda su siembra en período lluvioso.

La siembra de las plantas de leucaena puede realizarse a través de plantas aviveradas o por siembra directa, no obstante, la forma más barata y práctica, lo constituye esta última (Uribe *et al.*, 2011).

Torres *et al.* (2002), recomendaron una profundidad de siembra de 5 cm para lograr el 80 % de emergencia; mientras que, Ruiz y Febles (2006) en Cuba plantearon que la siembra de las semillas de estas especies, a pesar de ser relativamente grandes, debe efectuarse a poca profundidad, de 2 a 4 cm en los suelos Pardos tropicales y 2 cm en los suelos Ferralíticos y Latosólicos, condición en la que se reportan los mayores porcentajes de emergencia.

Por otro lado, las dosis de siembra dependen del método que se emplee y la distancia a la que se efectúe la siembra (tabla I.1).

La densidad de siembra varía según el objetivo que se persiga en la plantación, ya sea para la producción de forraje, el pastoreo en banco de proteína, la asociación o la obtención de semillas. Ruiz y Febles (2006), plantearon que los mejores resultados para el fomento de sistemas silvopastoriles se alcanzan sembrando surcos dobles a 0,70 m entre sí, espaciados a 3 m, y una distancia entre plantas de 0,50 m; mientras que, Condo (2012) recomienda espaciamientos entre 1,5 y 5 m en función del objetivo productivo del área.

Tabla I.1. Cantidad de semilla recomendada para la siembra de la leucaena.

Distancia de siembra, m	Cantidad de semilla/ha	kg/ha
2,00 X 0,50	50 000	2,5
2,00 X 1,00	25 000	1,3
2,00 X 2,00	12 500	0,6
3,00 X 0,50	33 000	1,7
3,00 X 1,00	16 500	0,8
3,00 X 2,00	8 250	0,4
3,00 X 3,00	5 500	0,3
4,00 X 0,50	25 000	1,3
4,00 X 1,00	12 500	0,6
4,00 X 2,00	6 250	0,3
4,00 X 3,00	4 125	0,32

Fuente: MINAG (1987)

Otro aspecto vinculado con el establecimiento de esta leguminosa es la presencia o no de insectos potencialmente plaga y enfermedades. En condiciones de vivero las plántulas pueden ser atacadas por un amplio rango de hongos patógenos, insectos y virus.

Los daños más comunes provienen de hongos e insectos, de los géneros *Rhizoctonia*, *Phytium* y *Phytophthora*, los cuales pueden provocar afectaciones severas en la biomasa aérea de las plántulas y, en muchos de los casos, la muerte de estas (Guevara y Guenni, 2013). Entre los insectos que más daños y lesiones ocasionan a las plantas de este género se encuentran: el psílido [*Heteropsylla cubana*, Hemiptera: Psyllidae] (ChunJie y ZhiBiao, 2000) y las hormigas cortadoras o bibijaguas (*Atta insularis*, Gue.), ambos asociados al follaje. El principal daño en el follaje es causado por el hongo *Camptomeris leucaenae* (*F. Stevens & Dolby*) Syd., que provoca la mancha foliar. Este hongo ha sido observado en el Caribe y en diversos países de Latinoamérica, su acción reduce la producción y la calidad del forraje (Ramos *et al.*, 2011). Dicha enfermedad provoca la defoliación del cultivo (Alonso, 2009).

1.1.6 Uso de *Leucaena leucocephala* en la alimentación animal

Las bondades de los SSP con *L. leucocephala*, son reconocidas en el orden productivo, económico y ambiental, pero están limitados en suelos inundables (Murgueitio y Solorio, 2008).

El uso de los árboles de *L. leucocephala* en los sistemas de producción ganadera: bancos de proteína o asociaciones en toda el área, comenzó su auge en la década de los 80 (Iglesias, 2003).

Un ejemplo lo constituye la utilización de *L. leucocephala* cultivar Cunningham en un banco de proteína para suplementar vacas $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Cebú, donde Lamela *et al.* (2001) obtuvieron producciones de leche de 4 a 8 kg vaca⁻¹ día⁻¹.

Cuando se utilizan SSP como las asociaciones de gramíneas mejoradas (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & Jacobs y *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) con *L. leucocephala* con vacas de mediano potencial de los genotipos Siboney de Cuba y Mambí de Cuba sin suplementación con concentrado es posible lograr una producción de leche de 10 kg vaca⁻¹ día⁻¹ con una adecuada calidad nutricional con valores de 4,1, 3,2, 4,6 y 8,6 % para la grasa, la proteína, la lactosa, los sólidos no grasos y los sólidos totales, respectivamente (López *et al.*, 2015).

Estos resultados son similares a los encontrados por Lamela *et al.* (2010) quienes obtuvieron una producción de leche de 10,0 kg vaca⁻¹ día⁻¹ con vacas de mediano potencial (Holstein x Cebú) que pastorearon en una asociación de *L. leucocephala*, *Morus alba* L. y *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone (CT 115) con riego.

Por otra parte, en la ceba vacuna inicial en SSP con *L. leucocephala* y pastos naturales, se obtuvieron ganancias individuales de 0,715 kg animal⁻¹ día⁻¹ y un incremento del 51 % en la producción de carne por hectárea con relación al control con pasto nativo (Hernández *et al.*, 1986); mientras que, en la ceba final las ganancias en peso vivo (PV) en Cebú (0,419 kg animal⁻¹ día⁻¹) fueron superiores en un 73 % a las obtenidas con pasto natural (0,242 kg animal⁻¹ día⁻¹). Además, no difirieron del sistema con suplementación, en el cual se alcanzó un valor de 0,409 kg animal⁻¹ día⁻¹ (Hernández, 1986).

A su vez, cuando se utilizó *Andropogon gayanus* kunth en pastoreo más un banco de proteína de *L. leucocephala* y *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A.Lackey en la ceba de machos Cebú, se alcanzó un PV al sacrificio de 448 kg, con 29 meses de edad y ganancias promedio de 0,487 kg animal⁻¹ día⁻¹; mientras que, en un SSP de *L. leucocephala* y *M. maximum* Jacq. sin suplementación, tuvieron ganancias de 0,429 kg día⁻¹ en el PPLL (Iglesias *et al.*, 2011).

(Hernández, 2000) en evaluación con animales de la raza Cebú que tenían PV de 220-230 kg que pastorearon en cuatro sistemas que poseían *M. maximum* y las leñosas: *L. leucocephala*, *Bauhinia purpurea* L. y *Albizia lebbek* (L.) Benth. (600-900 árboles ha⁻¹), y un control con gramíneas mejoradas, indicó que los sistemas con árboles aventajaron significativamente al control (0,541 vs 0,758 kg animal⁻¹ día⁻¹).

Matías (1998), en un sistema diversificado (producción de semilla y alimentación de añojas) compuesto por cuarterones con tres variedades de *L. leucocephala* (Cunningham, Perú y CNIA-250) y *M. maximum* cv. Likoni, evaluó dos ciclos de crianza de añojas mestizas (Holstein x Cebú) y Cebú, antes de ser incorporadas a la reproducción, y obtuvieron ganancias de 0,44 y 0,51 kg animal⁻¹ día⁻¹ para cada raza, respectivamente; además, logró una producción de semilla de 40 y 250 kg ha⁻¹ para la gramínea y la leguminosa, respectivamente, sin la aplicación de riego ni fertilizantes.

Los resultados expuestos acerca del comportamiento animal demuestran la superioridad del uso de los sistemas asociados con *L. leucocephala* sobre los tradicionales, pues los primeros propician el ahorro de los suplementos y del fertilizante nitrogenado, lo que los convierte en sistemas más viables desde el punto de vista

económico y ecológico. Según (Peniche *et al.*, 2014) se reduce el empleo de suplemento a 1,5-2,0 kg de materia seca vaca⁻¹ día⁻¹.

I.2 Bioproductos utilizados en la agricultura

Los bioproductos, son un componente básico de los sistemas sustentables por su contribución en la reducción de insumos externos, por mejorar la calidad y cantidad de los recursos internos, y por su inocuidad; además, pueden ser generados a partir de recursos locales y promover el desarrollo regional endógeno (Doyle y Erickson, 2012).

Como estrategia de desarrollo, el Movimiento de la Agricultura Urbana en Cuba promueve el incremento de la productividad agrícola en armonía con el medio ambiente, este modelo de agricultura motiva la no utilización de productos químicos como fertilizantes minerales y plaguicidas. En este sentido, se inició a partir de la década de los 90 la investigación y el desarrollo de productos alternativos vinculados con la nutrición, estimuladores del crecimiento vegetal y biocontroles de patógenos, lo que generó una diversidad de bioproductos con diferentes mecanismos de acción (Fernández, 2013). Estos tienen diferentes naturalezas y se pueden clasificar como:

- *Análogos de Brasinoesteroides (AB)*: generan desde muy temprano interés práctico en la agricultura, debido a sus efectos como estimuladores del crecimiento vegetal.
- *Derivado de la caña de azúcar (DCA)*: Producto antiestrés con sustancias naturales del metabolismo vegetal, que estimula y vigoriza diversos cultivos, desde la germinación hasta la fructificación.

- *Rizobacterias (RECV): Azotobacter chroococcum*. Sustituye entre 30 a 40 % el fertilizante nitrogenado e incrementa los rendimientos, porque aumentan el número de flores y frutos en los distintos cultivos por la acción de las sustancias activas que son capaces de sintetizar.
- *Micorrizas (HMA)*: biofertilizante que se obtienen a partir de Hongos Micorrízicos Arbusculares (*Glomus cubense*), capaz de sustituir en parte las necesidades nutricionales de las plantas.
- *Extracto de vermicompost (EV)*: se obtiene a partir del humus líquido, produce una mayor concentración de nutrientes, estimula el crecimiento y el rendimiento agrícola.
- *Oligogalacturónidos (MOG)*: son polímeros y oligómeros de quitosana que pueden tener una amplia aplicación a partir de las potencialidades biológicas que demuestran estos compuestos, como la promoción del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por otra parte, dentro de los bioproductos desarrollados con gran perspectiva en la actualidad, se encuentran los denominados biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento.

I.2.1 Biofertilizantes

Los biofertilizantes son inóculos microbianos (IM) que pueden definirse como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas, los cuales son potenciadores de la nutrición vegetal, el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como de la capacidad de respuesta de las mismas, ante plagas y enfermedades; se pueden aplicar a las semillas, al suelo o a las plantas por diferentes vías, con el objetivo

de incrementar el número de estos en el agroecosistema y acelerar los procesos en que participan (Novo y Hernández, 2009).

Entre los microorganismos más empleados para este fin se destacan las bacterias, los hongos filamentosos, los actinomicetos y los HMA. Dentro de los beneficios más reconocidos están el reciclaje de nutrientes, la producción de sustancias beneficiosas en la zona rizosférica de las plantas, la fijación de nitrógeno atmosférico, la transformación del fósforo en el suelo y el control de microorganismos dañinos (Martínez y Dibut, 2012).

En Cuba, se ha desarrollado una amplia gama de biofertilizantes de aplicabilidad en la agricultura (Martínez y Gómez, 2015). Entre los que se encuentran: Dimargon® (*Azotobacter chroococcum*), AZOMEG® (*Azotobacter chroococcum* y *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*), Azofer® (*Azospirillum brasilense*), Biofer® (*Rhizobium*), Fosforina® (*Pseudomonas fluorescens*), Nitrofix® (*Azospirillum brasilense* (cepa COL-50), EcoMic® (*Glomus* sp.), entre otros.

EcoMic®

El EcoMic® es un inoculante sólido que contiene propágulos de hongos micorrízicos arbusculares. Los HMA están representados en todos los suelos y colonizan a más del 80 % de las plantas terrestres. Su asociación depende de factores como: edafoclimáticos, de la planta y del hongo (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2016). Pueden ser utilizados en varios estados de desarrollo de las plantas: en condiciones de vivero y en la siembra directa en campo, constituyendo así una alternativa valiosa para solucionar problemas de propagación, establecimiento definitivo y nutrición de diferentes especies de importancia en la agricultura (Molina *et al.*, 2005).

Este biofertilizante se aplican en múltiples cultivos tales como: *Oryza sativa* L (Ruíz *et al.*, 2016), *Manihot esculenta* Crantz (João *et al.*, 2016), *L. leucocephala* (Flores *et al.*, 2008; Bover *et al.*, 2017), *Ipomoea batatas* (L.) Lam. (Espinosa *et al.*, 2015), *Solanum lycopersicum* L. (Charles y Martín 2015; González *et al.*, 2018), *M. maximus* cv. Likoni (Ramírez *et al.*, 2017), *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II (González *et al.*, 2011), entre otros.

En este sentido, Ruíz *et al.* (2016), realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la respuesta en plantas de arroz (*O. sativa*) inoculadas con diferentes cepas de HMA (*Claroideoglomus claroideum*, *Glomus cubense*, *Rhizogloium intraradices* y *Funneliformis mosseae*) en condiciones inundadas del suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico. Los resultados demuestran que la altura, el ahijamiento, la masa seca de la parte aérea y de las raíces en las plantas se incrementaron cuando se inocularon con las diferentes cepas respecto al testigo no inoculado, sugiriendo el uso de estas cepas como biofertilizantes en la producción del cultivo

En el caso de la yuca (*M. esculenta*), se ejecutó un ensayo en un suelo Ferralsol dístico ródico, para evaluar el efecto de la cepa INCAM-2 de la especie de HMA *Funneliformis mosseae* en el crecimiento de *M. esculenta*. Su aplicación originó incrementos significativos en todas las variables evaluadas, se obtuvieron plantas más vigorosas con un mayor crecimiento, así como incrementaron en 21 % la altura y los rendimientos en raíces comestibles se elevaron de 14,4 a 33,6 t ha⁻¹ en el tratamiento testigo y el inoculado, respectivamente (João *et al.*, 2016).

Otro cultivo de importancia lo constituye el boniato (*I. batatas*), el cual es el quinto alimento más importante de los países en desarrollo debido a sus sobresalientes características nutricionales y culinarias; a su vez, es considerado como uno de los dos cultivos alimenticios más importantes conjuntamente con *M. esculenta*.

En este sentido, se evaluó el efecto de diferentes dosis de nitrógeno en presencia o no de una cepa eficiente de HMA en dos clones de boniato (2 INIVIT B2-20052 y 2 CEMSA 78-3542). Los tratamientos inoculados, alcanzaron rendimientos de 35 a 37 t ha⁻¹ con una dosis de 60 kg N ha⁻¹. Se logró reducir en un 37,5 % el fertilizante químico en forma de N. Además, los valores de colonización fluctuaron de 71 a 76 % y de 628 a 659 esporas para la dosis de 60 kg ha⁻¹ de N (Espinosa *et al.*, 2015).

Es válido precisar, que los HMA incrementan los rendimientos de los cultivos agrícolas y disminuye la dosis de fertilizantes químicos cuando se usan combinados. De ahí su importancia en los agroecosistemas.

Por otra parte, en Cuba la producción de tomate (*S. lycopersicum*) bajo cultivo protegido, está siendo sometida a una fertilización mineral muy intensa, lo que ha conllevado, a nivel nacional, un gran interés para obtener producciones con una alta calidad ecológica. De ahí que, se desarrollaron dos experimentos sobre un suelo Ferralítico Amarillento gleyzado, para determinar los efectos de HMA (cepa *Cubense*), humus de lombriz, y su combinación, como sustitutos de la fertilización mineral en el cultivo de tomate (*hibrido HA 3108 Hazera*) a diferentes dosis. La aplicación combinada de los HMA y humus de lombriz, mejoró la calidad bromatológica de los frutos de tomate con respecto a los parámetros de sólidos solubles totales (oBrix) y vitamina C (Charles y Martín, 2015).

González *et al.* (2018), también evaluaron la aplicación de cepas de HMA (INCAM-2 (*Funneliformis mosseae*), INCAM-4 (*Glomus cubense*) e INCAM-11 (*Rhizoglyphus intraradices*) en el cv. INIVIT-T-2007 durante dos campañas (2014 y 2015) en la fase de semillero en microparcels de cemento en un suelo Pardo mullido carbonatado sin esterilizar y sin aplicación de fertilizantes. Los resultados mostraron una respuesta beneficiosa de las plantas a la inoculación, con una conducta diferenciada entre las cepas. Los mayores efectos se obtuvieron con INCAM-2 e INCAM-11 en las variables crecimiento, biomasa y porcentaje de colonización micorrízica total.

Como se puede apreciar, los HMA se han utilizado en una gran diversidad de especie de interés agrícola, en la mayoría de los casos con resultados favorables en las variables agronómicas evaluadas; sin embargo, en los recursos forrajeros para la alimentación animal existen pocos estudios.

En tal sentido, Ramírez *et al.* (2017) evaluaron el efecto del HMA (*Funneliformis mosseae*) en la reducción de la fertilización orgánica y nitrogenada en *M. maximus*, en un suelo Gley Nodular Ferruginoso. Con la inoculación de *Funneliformis mosseae* en el momento de la siembra, las dosis de estiércol vacuno y el fertilizante nitrogenado se redujo en 50 y 30 %, respectivamente, sin afectar el contenido de nutrientes en la biomasa ni el rendimiento, durante dos años de desarrollo de la planta.

A su vez, González *et al.* (2011) evaluaron el efecto de la inoculación de la cepa HMA *Glomus hoi-like* en la respuesta de *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II (CIAT 36087) a la fertilización orgánica (estiércol vacuno) y nitrogenada. La inoculación de *G. hoi-like* combinada con las aplicaciones de 15 t de estiércol ha⁻¹ más 75 o 100 kg de N ha⁻¹ año⁻¹, produjeron los mayores porcentajes de colonización micorrízica, densidad visual y

densidad de esporas, así como contenidos de nutrientes en la biomasa y rendimientos de masa seca similares a los obtenidos con la aplicación de 30 t de estiércol ha⁻¹ más 150 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ sin inocular. El efecto se mantuvo durante los dos años en que duró el experimento.

A pesar de que son escasos los reportes de este biofertilizante en especies forrajeras, se halló un efecto positivo en la reducción de los fertilizantes químicos, sin afectar las variables agronómicas que se midieron.

I.2.2 Bioestimuladores del crecimiento

Los bioestimuladores del crecimiento son moléculas (hormonas, extractos vegetales metabólicamente activos, tales como aminoácidos y ácidos orgánicos), que mejoran el crecimiento y el rendimiento de las especies; además, se utilizan para superar períodos de estrés en las plantas (Saborío, 2002).

Existe una gran variedad de productos bioestimulantes con capacidad para incrementar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Abu, 2013; Van y Hanh, 2013). Entre ellos se destacan: Enerplant[®], Liplant[®], Biobras-16, FitoMas-E[®], Quitomax[®] y PectiMorf[®]. El uso de estos ha ido en aumento y su aplicación se está convirtiendo en una práctica común en la agricultura sustentable (Núñez, 2016).

Dentro de los más empleados se encuentran los oligogalacturónidos que contienen una cadena lineal de moléculas de ácido galacturónico unida por enlaces α -1-4. Estas macromoléculas provienen de la porción péctica de la pared celular de las plantas o de los microorganismos que invaden los tejidos vegetales. Ellos pueden regular la síntesis y acción de algunas hormonas, y distintos procesos de organogénesis y crecimiento en

las plantas. Se ha demostrado que pueden reducir los efectos negativos provocados por metales pesados y el estrés hídrico (Lara *et al.*, 2018).

En este sentido, el grado de polimerización de estas moléculas es el factor estructural de mayor significación en la definición de su función biológica (Ridley *et al.*, 2001; Cabrera *et al.*, 2013), la cual le permite crear nuevos bioestimulantes en beneficio de la agricultura.

PectiMorf®

El PectiMorf® se obtuvo en el INCA a través de la mezcla de oligogalacturónidos con diferentes grados de polimerización de moléculas de ácido galacturónico, que se produce por la degradación enzimática de la pectina presente en la pared celular de la corteza de los cítricos. Es un estimulante del enraizamiento, el crecimiento y la diferenciación celular de diferentes especies vegetales; puede activar mecanismos de defensa y disminuir o atenuar el estrés ambiental en las plantas (Izquierdo *et al.*, 2009; Alvarez *et al.*, 2011; Terry *et al.*, 2014; Falcón *et al.*, 2015). Se ha demostrado su capacidad de actuar como sustituto de hormonas tradicionales en diferentes estadios y en diversos cultivos (Nápoles *et al.* 2016; Borges *et al.*, 2017).

El producto Pectimorf® se ha utilizado en la micropropagación en los cultivos de *M. esculenta* (Suárez y Hernández, 2008; Suárez y Hernández, 2015), *Musa AAAB* (Borges *et al.*, 2015), *Dioscorea rotundata* Poir (Borges *et al.*, 2017), *Solanum tuberosum* (Martín *et al.*, 2017), *Phaseolus vulgaris* L. (Falcón y Cabrera, 2007) y *Moringa oleifera* Lam (Nápoles *et al.*, 2017).

La capacidad del Pectimorf® para inducir y desarrollar el enraizamiento e incrementar de forma notable el desarrollo y el vigor de las plantas en condiciones *in vitro*, lo validan como una alternativa promisorio en la biotecnología vegetal (Cabrera *et al.*, 2003; Falcón y Cabrera, 2007).

Suárez y Hernández (2008) evaluaron el efecto del PectiMorf® en la micropopagación de *M. esculenta* a fin de sustituir o minimizar las concentraciones de auxina ácido nalftalenacético (ANA) Los resultados de este trabajo evidencian que al aplicar este bioproducto en dosis de 10 o 15 mg L⁻¹ en el medio de cultivo en sustitución del ANA, se logran vitroplantas de yuca con mayor número número de raíces (4,5 por vitroplanta) y vigor (90 % del total resultaron vigorosas), por lo que puede considerarse como una posible fuente de sustitución de auxinas.

Suarez y Hernández (2015) en el cultivo *in vitro* de yuca en dos clones (CMC-40 y Señorita) emplearon diferentes concentraciones de PectiMorf® como sustituto y complemento de los reguladores del crecimiento ANA y 6-BAP (6- bencilaminopurina). Estos autores encontraron en el clon CMC- 40 con 5 mg L⁻¹ de PectiMorf® en sustitución de ANA, el mayor valor de altura (2,88 cm), sin diferencias significativas con el control (ANA y BAP), y los tratamientos donde añadieron el PectiMorf® en presencia de ANA (5 y 10 mg L⁻¹) y en sustitución del BAP. Los resultados indicaron que el bioproducto logró compensar el efecto de la auxina en ausencia de esta en el medio; sin embargo, no se produjo un efecto antagónico marcado cuando estuvo presente.

A su vez, Borges *et al.* (2015) realizaron un experimento para evaluar el efecto de PectiMorf® en el enraizamiento *in vitro* del plátano (*Musa AAAB*) cv FHIA-18 (*Musa AAAB*) y su efecto residual en la fase de aclimatización. Los resultados demostraron

que la incorporación del PectiMorf[®], en el medio de cultivo, a razón de 2 mg L⁻¹ es una alternativa factible en el enraizamiento y posterior aclimatización de plantas *in vitro* de plátano cultivar FHIA-18 en sustitución del AIA.

Este efecto auxínico y citoquinínico también se comprobó en el cultivo *in vitro* del ñame (*D. rotundata* Poir) clon 'Blanco de guinea' donde evaluaron diferentes concentraciones de PectiMorf[®]. A partir de evaluaciones morfoagronómicas determinaron que las concentraciones de 6, 9 y 12 mg L⁻¹ provocan un incremento significativo sobre el desarrollo vegetativo de las plantas que evidencia el efecto auxínico del producto; sin embargo, en concentraciones menores y mayores que estas el producto tuvo un efecto citoquinínico (Borges *et al.*, 2017).

En el caso del cultivo *ex vitro* las investigaciones han estado encaminadas a determinar la mejor concentración y forma de aplicación, en las cuales las plantas muestran una mayor respuesta fisiológica y bioquímica dirigida a mejorar el desarrollo, además, de aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos.

Martín *et al.* (2017), evaluaron la influencia del PectiMorf[®] en el proceso de tuberización de plantas de papa (*S. tuberosum*). El trabajo consistió en aplicar PectiMorf[®] a una concentración de 10 mg L⁻¹ en el momento de la plantación, asperjado a los tubérculos semilla y al follaje a los 20, 25 y 30 días después de la plantación, y un testigo sin aplicación. Los resultados mostraron influencia del PectiMorf[®] en cuanto a la inducción de estolones y un mayor número de tubérculos cuando se realizó la aplicación a los 25 días después de la plantación en comparación con las plantas que no se habían tratado.

Se ha demostrado que el PectiMorf® tiene un efecto positivo en la activación del crecimiento de plantas comestibles (las leguminosas y las solanáceas) y ornamentales. Según estudios, el desarrollo de las especies ornamentales se favorece mediante la aspersión foliar en diferentes concentraciones y momentos de aplicación (Falcón *et al.*, 2015).

En leguminosas esta mezcla de OGAs también incrementa el desarrollo foliar y el rendimiento de *P. vulgaris* L. (Dell'Amico *et al.*, 2017) y en *Glycine max* (L.) Merr. (Corbera y Nápoles 2013). Se informa que este bioproducto contribuye en la formación de raíces desde estadios tempranos del cultivo con la posibilidad de garantizar un suministro eficiente de agua y sales minerales y, por tanto, un mayor éxito en el desarrollo de la planta.

El efecto enraizador de los OGAs también se pone de manifiesto en pecíolos de violeta africana (*Saintpaulia ionantha* H.Wendl.), donde se utilizaron dos concentraciones (10 y 20 mg L⁻¹), siendo capaz de estimular la emisión de raíces, incrementar su longitud, y adelantar en una semana su aparición (Falcón y Cabrera 2007). También provocó este mismo efecto en plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) en combinación con auxinas (Vallarino y Osorio, 2012), en esquejes de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. Enana Roja Cubana a concentraciones de 20 mg L⁻¹ (Ramos *et al.*, 2013) y en brotes de papaya [*Carica papaya* L.] (Posada *et al.*, 2016).

Nápoles *et al.* (2016), realizaron un estudio con este producto, con el objetivo de evaluar la forma de aplicación más adecuada del mismo y su efecto sobre la habichuela (*Vigna unguiculata* L.) var. Lina bajo condiciones de organopónico. Se aplicó a una concentración de 10 mg L⁻¹ en tres formas diferentes: imbibición de las semillas,

aspersión foliar a inicio de la floración y la combinación de ambos. Se demostró que el PectiMorf® constituye una alternativa ecológica y económicamente viable para incrementar el rendimiento de la habichuela var. Lina en la zona de estudio al mostrar diferencias significativas respecto al control.

En sentido general, el PectiMorf® ha sido estudiado en granos, viandas, hortalizas y frutales, en la mayoría de los casos se encontró una respuesta positiva en las variables estudiadas independiente del tratamiento y la dosis; no obstante, en los recursos forrajeros arbóreos y herbáceos existe poco referente en la literatura.

En este sentido, Nápoles *et al.* (2017), evaluaron el efecto estimulante del bioactivo Pectimorf® y el biopreparado bacteriano (*Brevibacillus borstelensis* B65) en *M. oleifera* Lam. Las posturas procedentes de semillas tratadas con Pectimorf® y el bioproducto B65, de forma aislada, mostraron diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos en cuanto a la germinación, la longitud del sistema radical y el número de hojas, para el caso de la longitud de las posturas el mejor tratamiento resultó ser el de las semillas tratadas con Pectimorf con diferencias altamente significativas con el resto de los tratamientos.

I.2.3 Combinación de bioproductos

Los OGs también han mostrado sinergias con otros productos de uso agrícola: Corbera y Nápoles (2013) en estudios de coinoculación de HMA y *Bradyrhizobium* en el cultivo de la soya (*Glycine max* L.), aplicaron PectiMorf®. Estos autores hallaron una interacción sinérgica entre los microorganismos y el estimulante, que se expresó en la altura hasta un 22 % superior con respecto al testigo; además, mejoró el porcentaje de

la masa seca de la raíz (144 %) y la respuesta productiva se incrementó en un 83 % con respecto a la no aplicación de bioproductos.

Ayala *et al.* (2013) encontraron que la combinación de Azofert, EcoMic® y PectiMorf® en plantaciones de soya ofreció mejores resultados en la germinación, morfogénesis y rendimiento con incrementos de hasta el 44 % en la respuesta productiva, con respecto a las aplicaciones independientes de los mismos productos.

Por su parte, Ramos (2015) evaluó la aplicación de EcoMic® y AZOMEG, como alternativa de manejo para la reducción de la aplicación de abono orgánico en la fase de vivero; los resultados permitieron acortar la duración de esta etapa.

En condiciones de vivero con el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) se evaluó la aplicación de FitoMas-E y EcoMic®, para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción. El mejor comportamiento se obtuvo en las plantas a las que se les aplicó el tratamiento de biofertilización de micorriza y FitoMas-E, combinados durante todo el experimento, en el sustrato de pulpa de café. Esta combinación logra reducir hasta un 25 % el fertilizante mineral con resultados superiores a la aplicación del control (Frómata *et al.*, 2015).

Es importante destacar que no siempre la combinación de dos o más productos es sinérgica; también se han obtenido efectos inhibitorios de procesos de crecimiento, al realizar mezclas de OGs con auxinas (Bellincampi *et al.*, 2000; Kollárová *et al.*, 2012).

CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1 Generalidades

En este acápite se incluye la metodología experimental, común para todos los experimentos, las particularidades de diseño y mediciones se exponen en sus secciones correspondientes.

Para comprobar la hipótesis de trabajo se realizaron tres experimentos por separado (figura II.1): un primer trabajo sobre la evaluación del efecto del EcoMic[®] y el Pectimorf[®] en la germinación *in vitro* (II.1); un segundo sobre la evaluación de estos bioproductos durante la fase de vivero (II.2) y un tercer experimento donde se evalúan el efecto de los bioproductos en algunos indicadores morfológicos de *L. leucocephala* mediante la siembra directa en campo (II.3).

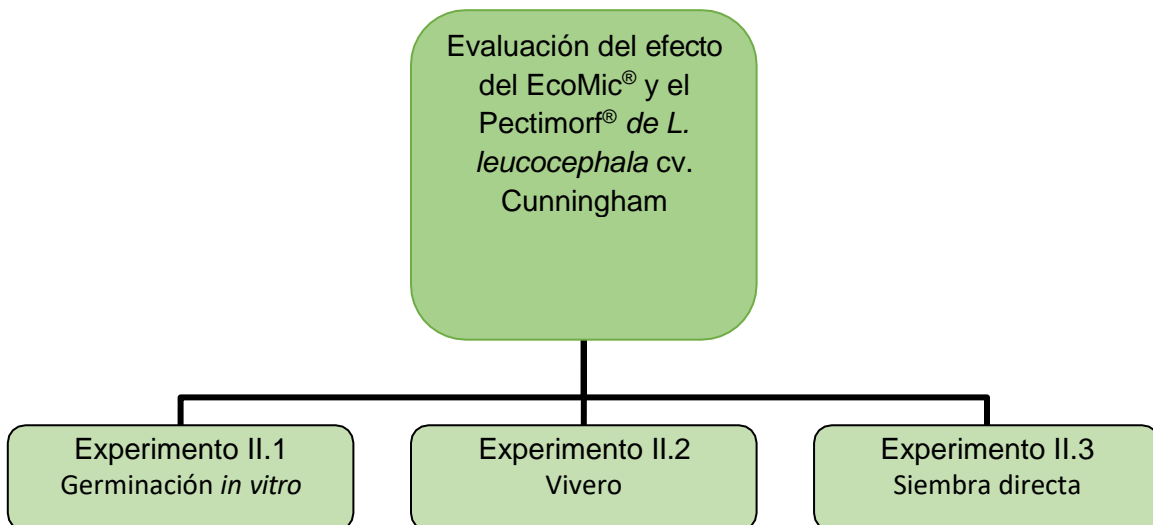


Figura II.1. Secuencia experimental

Los experimentos se desarrollaron en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH) provincia Matanzas, Cuba, ubicada geográficamente en los 22° 48" de LN y los 79° 32' LW, a 19,9 msnm.

Características del clima. Durante el período experimental la temperatura media anual fue de 22,3 °C, y la precipitación de 1 981,7 mm (Boletín de la Estación Meteorológica de Indio Hatuey, 2015 y 2016), según se muestran en la figura II.2.

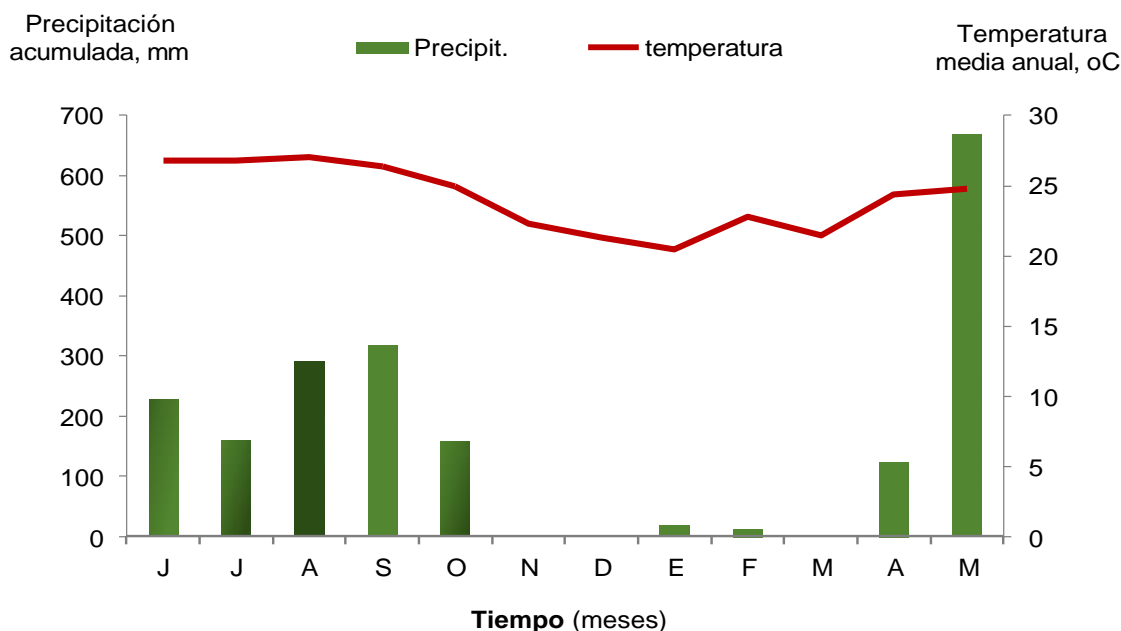


Figura II.2. Precipitación acumulada y temperatura media por mes en el período experimental.

Para la preparación y posterior aplicación de los tratamientos, las semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham (con siete meses de cosechadas y 30 % de germinación) antes de la siembra, se escarificaron con agua caliente a 80 °C durante 2 minutos (escarificación térmica, ET) de acuerdo con el procedimiento metodológico descrito por González y Mendoza (2008).

La inoculación de las semillas con HMA se realizó con el producto comercial EcoMic® [procedente del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA), inoculante sólido que contiene el hongo micorrízico arbuscular (HMA), *Glomus cubense* Y. Rodr. & Dalpé / INCAM-4 cepa eficiente de HMA para estas condiciones edáficas], se empleó la técnica de recubrimiento, en una proporción del 10 % de su peso (con una mezcla consistente en 600 mL de H₂O por kilogramo de bioproducto), y cuando quedaron recubiertas por una película uniforme, se secaron a la sombra según se recomienda en el manual de instructivo técnico del EcoMic® (INCA, 2003).

En el caso del bioactivo Pectimorf®, procedente del laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal del INCA, se embebió a las semillas con este bioproducto a una concentración de 10 mg L⁻¹ de H₂O, después de la escarificación térmica (ET), por el método de inmersión durante 16 h.

Se evaluaron cuatro tratamientos que consistieron en:

- T1: Escarificación térmica (ET testigo)
- T2: ET+Inoculación con EcoMic®
- T3: ET+ Imbibición en Pectimorf®
- T4: ET+Imbibición en Pectimorf® + inoculación con EcoMic®

Análisis estadístico. Las variables se analizaron a través de un análisis de varianza, después de verificarse que cumplieran con los supuestos de distribución normal, para los experimentos de germinación y vivero se empleó la prueba de Shapiro wilk; mientras que, el estudio de siembra directa se empleó Kolmogorov-Smirnov. En el caso de la homogeneidad de varianza se utilizó el test de Levene.

Las medias se compararon mediante la d6cima de Duncan para un 5 % de significaci3n. Se emple3 el programa estadístico SPSS®, en su versi3n 22.0 para Windows.

II.2. Especificidades de los experimentos

II.2.1. Efecto del Ecomic® y el Pectimorf® en la germinaci3n *in vitro* de semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham

El experimento se realiz3 en una c3mara de germinaci3n modelo RTOP- 310D El test de germinaci3n se ejecut3 en placas de Petri sobre Agar nutriente al 1 %. Se consideraron como germinadas aquellas semillas con emergencia de la radícula superior a 1 mm. El termoperíodo utilizado fue de 25/ 30°C, el cual seg6n S3nchez *et al.* (2005) es el rango de temperatura 3ptimo para la germinaci3n de esta accesi3n.

Se aplic3 un diseño completamente aleatorizado con 5 repeticiones de 25 semillas para cada tratamiento (S3nchez *et al.*, 2017). El conteo de germinaci3n se efectu3 diariamente (Ranal *et al.*, 2009), durante 28 días. Al final del estudio se determin3 el porcentaje de germinaci3n total.

Análisis estadístico. Los valores porcentuales de germinaci3n se transformaron arcoseno para garantizar el cumplimiento del supuesto de distribuci3n normal.

II.2.2. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en algunos indicadores morfológico de *L. leucocephala* cv. Cunningham en la etapa de vivero

En el vivero se emplearon bolsas horadadas, de polietileno negro, de 1 kg de capacidad, en las cuales se depositó un sustrato compuesto por suelo Ferralítico Rojo y humus de lombriz en proporción 3:1.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y 40 repeticiones.

Procedimiento experimental

Se depositaron dos semillas de *L. leucocephala* en cada bolsa. Se aplicó un riego diario de aproximadamente 200 mL de agua por bolsa para mantener la humedad necesaria y la emergencia, el desarrollo inicial de las plántulas. Además, se eliminaron de forma oportuna las plantas indeseables. A los 35 días posterior a la siembra se realizó la labor de raleo y se dejó una sola plántula en cada bolsa.

Mediciones

Porcentaje de emergencia. Se contaron las plántulas emergidas cada siete días hasta los 30 días posteriores a la siembra.

Altura de la planta. Se determinó la altura con una regla graduada en centímetros, cuya posición fue perpendicular y siempre en contacto con el suelo (Wencomo, 2008). La medición se realizó a partir de los 30 días, posterior a la siembra, con una frecuencia semanal hasta que las plántulas alcanzaron de 30 a 45 cm de altura.

Número de ramas. Se contó el número de rama mediante la inspección visual, a los 30 días posteriores a la siembra y al concluir la evaluación.

Longitud de la raíz. Se midió la longitud de la raíz con una regla graduada en centímetros. Esta medición se realizó, a los 30, 40 y 50 días posteriores a la siembra, en 6 muestras por tratamiento escogidas al azar; para ello se quitaron las bolsas y se eliminó cuidadosamente el sustrato para no dañar las raíces, y se realizó un corte total en el cuello de la raíz de cada planta, después se efectuó la medición.

Análisis estadístico. Se realizó estadística descriptiva para el caso de la longitud del tallo y las raíces. La variable emergencia no cumplió con el supuesto de normalidad, por tanto, se analizó la prueba no paramétrica (Kruskal-wallis).

II.2.3. Efecto del Ecomic® y el Pectimorf® en algunos indicadores morfológicos de *L. leucocephala* cv. Cunningham en la siembra directa

Ubicación del área experimental. El experimento se realizó en 1,6 ha pertenecientes a las áreas de producción animal de la EEPFIH.

Características del suelo. El experimento se llevó a cabo en un suelo Ferralítico Rojo (Hernández *et al.*, 2015). Previo a la preparación de suelo se realizó un muestreo. Para ello se tomaron muestras en sitios representativos de cada parcela, a partir de transeptos cuyo punto de origen y dirección se determinó al azar. Se tomaron muestras de suelo compuestas (500 g) en las profundidades de 0-10 y 10-20 cm, las cuales se colocaron en bolsas plásticas, rotuladas con la fecha, el código del área y el propósito. Después se trasladaron a la Estación

Provincial de Investigación de la Caña de Azúcar de Matanzas (EPICA), donde se determinó: pH (KCl), MO (%) y P₂O₅ y K₂O (mg/100g). En la tabla II.2 se muestra la composición química del suelo en el área experimental.

Tabla II.2. Composición química del suelo.

Indicador	Valor medio	Método analítico
pH (H ₂ O)	6,2	Potenciométrico
Materia orgánica (%)	5,68	Método colorimétrico de Wakley y Black (1934).
P ₂ O ₅ (mg/100g suelo)	1,71	Método de Oniani (1964).
K ₂ O (mg/100g suelo)	6,74	Método de Oniani (1964).

El suelo del área experimental es ligeramente ácido (pH entre 6,0-6,5), según la escala propuesta por la Dirección General de Suelos y Fertilizantes (1984), para los suelos cubanos, el contenido de MO es considerado alto, el fósforo y el potasio bajos (> 4,5 %; ≤ de 2 mg P₂O₅ 100/g; ≤15 mg K₂O 100/g, respectivamente), según el Servicio Agroquímico Nacional. Por todas estas características puede considerarse como un suelo de mediana fertilidad.

La composición florística de las gramíneas y de las leguminosas volubles del pastizal se estimó por el método de los pasos, descrito por EEPF Indio Hatuey (1980), que consiste en caminar por las diagonales en cada cuartón. Cada tres pasos el observador clasificó la especie de pasto que coincidía con la punta de su zapato. Esta medición se realizó en toda el área experimental. En la figura II.3 se muestra la composición florística del pastizal. Los pastos naturales alcanzaron la mayor población (39,67 %).

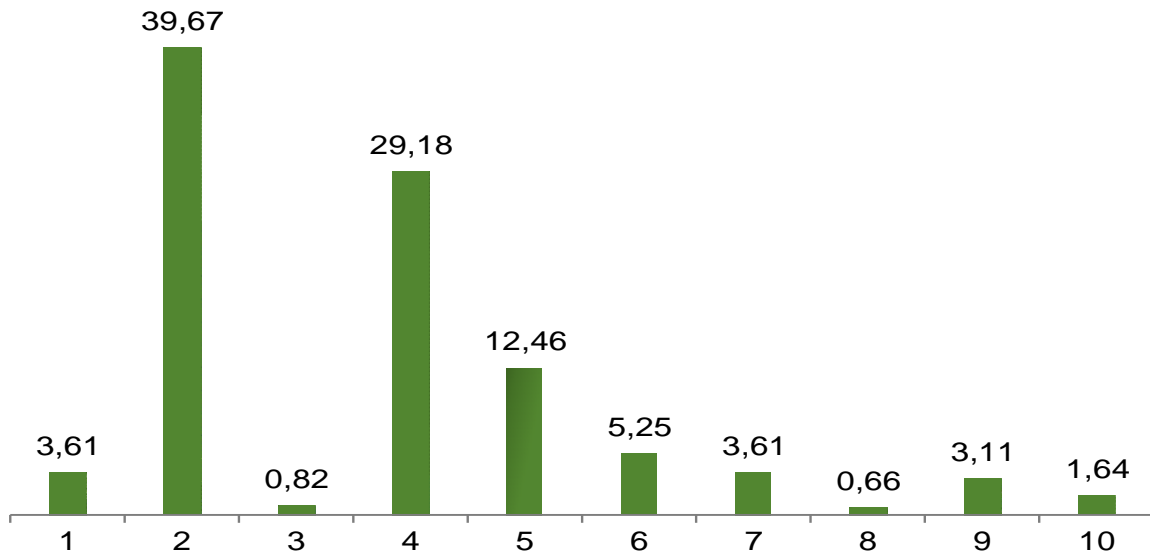


Figura II.3. Composición florística del pastizal.

1- Despoblado, 2- Pasto Natural, 3- *Cynodon dactylon* (L.) Pers, 4- *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & Jacobs, 5- *Urochloa* sp., 6- *Malachra* sp., 7- *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, 8- *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn., 9- *Cenchrus ciliaris* L., 10- Leguminosas herbáceas

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Las parcelas experimentales medían 16 m².

Procedimiento experimental

Se consideró el tipo de suelo, el cultivo precedente y que el mayor porcentaje de la vegetación presente en el área era de pastos naturales. Por ello, se empleó el método convencional (rotura-pase de grada-cruce-pase de grada-surcado), en franjas de 2 m de ancho y 320 m de longitud.

La orientación de la siembra se efectuó de acuerdo con la trayectoria del sol (de este a oeste) para evitar el exceso de sombra entre los surcos; la densidad de siembra fue de 0,7 kg de semillas ha⁻¹, que se taparon con una capa de suelo de 1

cm. La distancia entre plantas fue de 0,20 m y se dejó un espacio entre surcos de 5 m.

Se realizaron labores de limpieza de plantas arvenses con guataca, a partir de los 30 días de efectuada la siembra y posteriormente según fue necesario para lograr una alta población de la especie plantada.

Mediciones

En esta etapa se midió la altura de la planta, el número de ramas (el procedimiento de muestreo se explicó en el experimento anterior) y el grosor del tallo se utilizó, un pie de rey, el cual se colocó a una altura de 25 cm de la superficie del suelo. Todas estas mediciones se realizaron en 40 plantas por réplica, desde que inició la emergencia, con una frecuencia mensual, hasta los 12 meses.

Además, se efectuaron observaciones fitosanitarias (microorganismos patógenos y afectaciones por insectos fitófagos). Todo ellos se realizaron siguiendo lo recomendado en la metodología de evaluación de pastos (Machado *et al.*, 1999)

Análisis estadístico. Se utilizó el análisis de correlación y regresión lineal para conocer la interrelación entre las variables y los días de siembra. Como norma de selección de la ecuación de mejor ajuste se tomó en consideración el criterio según Guerra *et al.* (2003), del eficiente de determinación (R^2), mayor que 0,70.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en la germinación *in vitro* de *L. leucocephala* cv. Cunningham

Al analizar el comportamiento de las variables que se evaluaron durante la etapa de germinación (tabla III.1), se puede apreciar que el T1 presentó un porcentaje de germinación significativamente mayor ($p < 0,001$) que el T3 y el T4, los cuales no difirieron entre ellos ni con el T2.

Tabla III.1. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf®, en la germinación *in vitro* de semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham.

Tratamiento	Medias transformadas \pm EE	Significación
T1	0,64 (80) \pm 0,619^a	
T2	0,70 (75) \pm 1,080^{ab}	
T3	0,93 (59) \pm 0,826 ^b	***
T4	1,02 (51) \pm 1,025 ^{bc}	

^{a,b,c} Medias con diferentes superíndices en una misma columna difieren $p < 0,05$ (Duncan, 1955). . T1- Escarificación térmica (testigo), T2- Inoculación con EcoMic®, T3- Imbibición en Pectimorf® y T4-Imbibición en Pectimorf® más inoculación con EcoMic®.

() Valores originales entre paréntesis expresado en %

Esto corrobora que la escarificación térmica (inmersión de las semillas en agua a 80 °C de temperatura durante dos minutos) es un tratamiento pregerminativo eficaz para disminuir la impermeabilidad de la cubierta y aumentar la germinación en esta especie (González y Mendoza, 1995; Obiasi, 2015).

Resultados similares fueron informados por González *et al.* (2009) en *L. leucocephala* cv. Cunningham, cosechadas en suelo ácido, en las que se obtuvo un 81,3 % de germinación. Por su parte, González y Mendoza (2008) lograron un 91,9 % de germinación en semillas de *L. leucocephala* cv. Perú almacenadas durante siete años.

En otras investigaciones se ha recomendado la escarificación térmica en agua a 80 °C durante 5 minutos (Teles *et al.*, 2000; Carpenedo *et al.*, 2017) en combinación con otras técnicas alternativas (Sánchez *et al.*, 2005).

A su vez, Toral y González (1999) y Navarro (2002) recomendaron la inmersión de las semillas en agua a 80 °C, durante 2 minutos como tratamiento pregerminativo a las semillas de varias especies arbóreas para mejorar su emergencia.

III.2 Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en algunos indicadores morfológicos de *L. leucocephala* cv. Cunningham en la etapa de vivero

En la tabla III.2 se muestra el porcentaje de plántulas emergidas en cada uno de los tratamientos en la etapa de vivero. El mayor porcentaje de plántulas emergidas correspondió al T1 con diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a el T3; a su vez el T2, T3 y T4 no difirieron entre sí.

Tabla III.2. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en la emergencia de las semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham (%).

Tratamiento	Rangos medios	DS	Significación
T1	10,7 (90,0)^a	1,44	
T2	7,7 (86,6) ^{ab}	2,89	*
T3	2,2 (81,9) ^b	0,48	
T4	5,5 (83,9) ^{ab}	1,27	

Medias con diferentes superíndices en una misma columna difieren significativamente a $p \leq 0,001$, T1- Escarificación térmica (testigo), T2- Inoculación con EcoMic®, T3- Imbibición en Pectimorf® y T4-Imbibición en Pectimorf® más inoculación con EcoMic®
 () Valores originales entre paréntesis expresado en %

Se obtuvo un porcentaje de emergencia aceptable en el T1, se debió al efecto de la escarificación térmica con el cual se logró disminuir la dureza de las semillas de *L. leucocephala*, lo cual ha sido informado por otros autores (Sánchez *et al.*, 2005; González *et al.*, 2009).

Un resultado similar obtuvo Cáceres (2017), con el uso de la escarificación térmica en las semillas de esta especie evaluadas en condiciones semejantes de vivero (90 % de emergencia); sin embargo, difiere de lo alcanzado por Bover *et al.* (2017), quienes evaluaron los mismos tratamientos en condiciones similares y hallaron los mejores valores de emergencia con la imbibición de las semillas en Pectimorf® (71,4 %).

En la figura III.1 se muestra el comportamiento de la emergencia acumulada en función del tiempo (días) Se puede observar que, en todos los tratamientos, a los

siete días posteriores a la siembra se había alcanzado una emergencia superior al 80 % con el mayor valor para el T1 (88,3 %). A partir de los 14 días los T1 y T2 alcanzaron su valor máximo de emergencia; mientras que, T3 y T4 lo lograron a los 21 días.

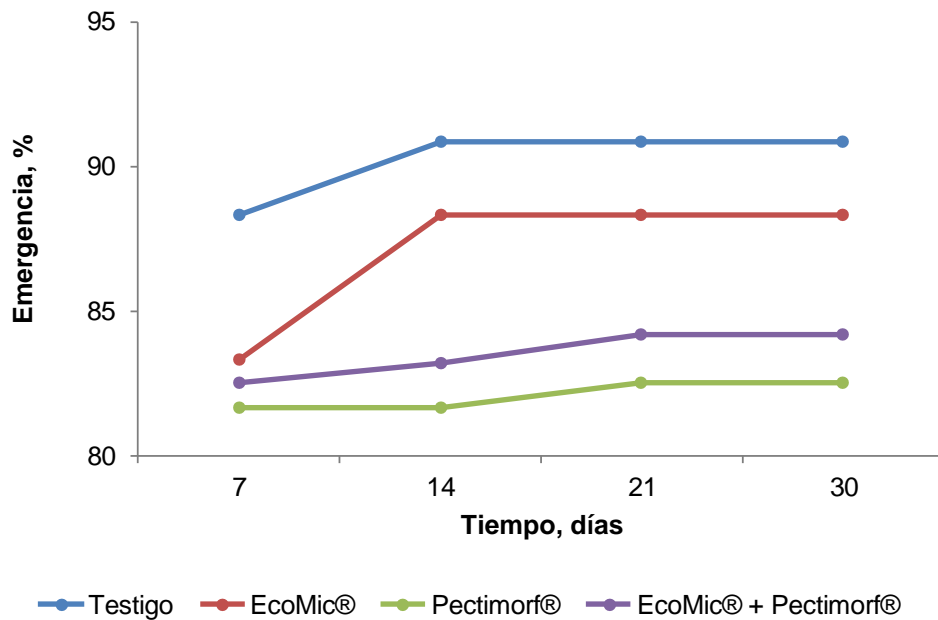


Figura III.1. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en la emergencia de las plantas de *L. leucocephala* en el tiempo.

Al analizar el efecto de los bioproductos en la altura de las plántulas (figura III.2), se observó que el T4 tuvo un comportamiento similar al T1, pero significativamente superior ($p < 0,05$) al T2 y T3; a su vez el T1 tuvo una altura superior a la observada en el T2. Además, el T2 y T3 presentaron una altura similar al terminar la fase de vivero.

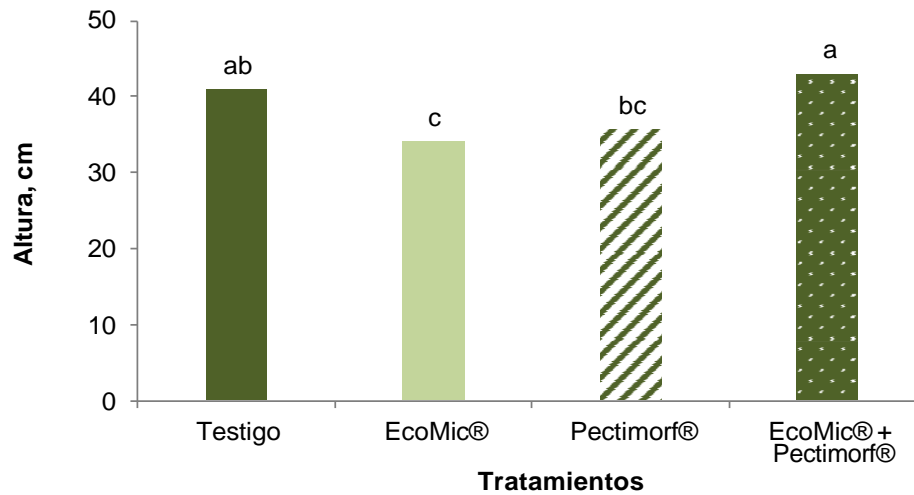


Figura III.2. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en la altura promedio de las plántulas de *L. leucocephala* en la fase de vivero

Letras desiguales difieren para $p < 0,05$

Poner barra de error

El valor más bajo de la altura se halló en el tratamiento de inoculación con EcoMic®, esto pudiera deberse a que durante la primera etapa del establecimiento el HMA actúa de forma parasítica y demanda mayor flujo de fotosintatos, respecto a los beneficios que reporta a la planta (Pérez, 2010), lo cual pudo influir en esta investigación.

Por otra parte, la disponibilidad de nutrientes en el sistema determina la eficiencia de la simbiosis, de forma tal que una alta disponibilidad hace decrecer la presencia de estructuras micorrízicas en el interior de las raíces como en este caso que se utilizó un suelo enriquecido con humus de lombriz en las bolsas que se utilizaron en la etapa de vivero.

En este sentido, el humus de lombriz es un compuesto orgánico, posee un pH de 7,1; materia orgánica 57,10 % y una humedad de 50,1 %; su composición en N,

P, K y relación carbono/nitrógeno es de 1,75, 0,24, 0,15 y 10,4, respectivamente (Charles y Martín, 2015).

Según Calderón *et al.* (2013), la máxima colonización de HMA, se logró donde no se aplicó fertilización mineral, ni humus de lombriz. Estos autores plantearon que se debe a que los HMA presentan mejor colonización, cuando la capacidad de intercambio de bases y contenido de carbono orgánico en el suelo es bajo, aspectos que se confirman con los resultados de esta investigación.

Por otra parte, coinciden con los logrados por Bover *et al.* (2017) al evaluar los mismos tratamientos, quienes encontraron un mejor comportamiento con la escarificación térmica y la imbibición de las semillas en PectiMorf®.

En cuanto al número de ramas (figura III.3), T1 fue superior y difirió significativamente ($p \leq 0,05$) del resto de los tratamientos; mientras que, el T3 mostró un comportamiento intermedio el cual fue similar al T2, pero superior al T4 que el peor sin diferencias con T2.

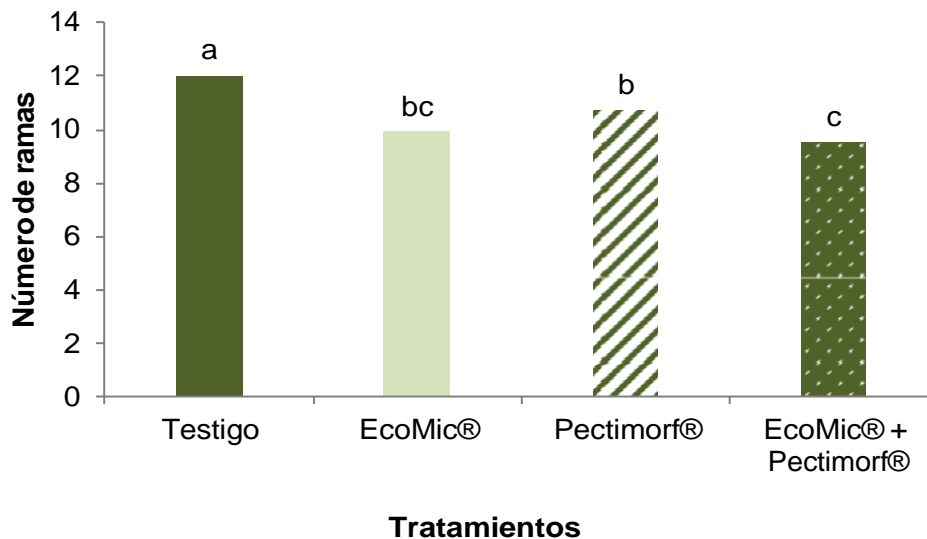


Figura III.3. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en el número de ramas de *L. leucocephala* promedio de la etapa de vivero.

Letras desiguales difieren para $p < 0,05$

La leucaena es un árbol perenne y su semilla está preparada en cuanto a su genética y fisiología para su emergencia, de ahí que no necesite de los bioproductos para el crecimiento de las ramas, máxime cuando se utilizó suelo enriquecido con humus de lombriz, que aportó todos los nutrientes para el desarrollo foliar de la planta.

Este resultado coincide con lo informado por Wencomo (2008) y Medina *et al.* (2011) al evaluar el crecimiento de esta especie en vivero; no obstante, los valores observados en el presente estudio se consideran bajos en comparación con los informados por Medina y García (2010) en investigaciones previas en las que se usó otro tipo de sustrato (22-27 ramas).

Por otra parte, al analizar la longitud radicular, el mayor valor se obtuvo con el tratamiento T4 que fue la combinación de los dos bioproductos (tabla III.3).

La respuesta positiva pudiera deberse por una parte a que el Pectimorf® favorece el crecimiento y la formación de raíces (Lara *et al.*, 2018), y por otra, la simbiosis micorrízica potencia la eficiencia del suministro de nutrientes a las plantas; sin embargo, se encontraron coeficientes de variación altos en todos los tratamientos, lo que significa una gran dispersión de los datos con respecto a la media muestral.

Esto no coincide con lo informado Bover *et al.* (2017) cuando aplicaron los mismos tratamientos en esta especie, los cuales hallaron el mayor valor para la longitud de la raíz en las semillas inoculadas con EcoMic® (17,33 cm).

Tabla III.3. Efecto del Ecomic® y el Pectimorf® en la longitud de la raíz de *L. leucocephala* en la etapa de vivero.

Indicador	Tratamiento	Media	DS	CV, %
	T1	24,90	7,65	31
Longitud de la raíz, cm	T2	24,77	9,53	38
	T3	22,81	7,97	35
	T4	25,80	9,74	38

Escarificación térmica (testigo), T2- Inoculación con EcoMic®, T3- Imbibición en Pectimorf®, T4- Imbibición en Pectimorf® más inoculación con EcoMic®, CV- Coeficiente de variación, DS- Desviación estándar.

En condiciones de vivero no se encontró un efecto marcado en la utilización de imbibición en Pectimorf® o inoculación con EcoMic® y su combinación, con respecto al testigo para las variables medidas, lo que sugiere que en el contexto que se realizó el estudio no se necesita el empleo de bioproductos durante esta etapa. Lo cual sugiere que las semillas contienen reservas nutricionales destinadas a la germinación y el desarrollo de las plántulas.

III.3 Efecto del Ecomic® y el Pectimorf® en algunos indicadores morfológicos de *L. leucocephala* cv. Cunningham en siembra directa

Al analizar el comportamiento de la altura durante la siembra directa (tabla III.4), los mayores valores se alcanzaron cuando se aplicaron los tratamientos con

Pectimorf® y EcoMic® (T2 y T3) lo cuales no difirieron estadísticamente entre ellos, pero sí lo hicieron ($p \leq 0,001$) con respecto al control (T1) y al tratamiento en que se combinaron ambos bioproductos (T4).

Estos resultados coinciden con los informados por Vega (2002) y Bover *et al.* (2013), que lograron, a los 12 meses de edad de las plantas, una altura similar a la alcanzada en el presente estudio; sin embargo, difieren de lo encontrado por Cáceres (2017), que obtuvo, a la misma edad, un menor valor en la altura de esta especie (1,50 m). Las divergencias pueden ser producto a las condiciones de investigación, ya que se realizaron en diferentes años y con un marco de siembra diferente al utilizado en el actual estudio.

Tabla III.4. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en la altura de las plantas de *L. leucocephala* del período experimental.

Indicador	Tratamiento	n	Media (\pm EE)	Significación
Altura, cm	T1	1 200	128,0 ($\pm 1,81$) ^b	***
	T2	1 200	143,2 ($\pm 2,03$) ^a	
	T3	1 200	143,0 ($\pm 2,07$) ^a	
	T4	1 200	126,9 ($\pm 1,84$) ^b	

Medias con diferentes superíndices en una misma columna difieren significativamente a $p \leq 0,001$. T1- Escarificación térmica (testigo), T2- Inoculación con EcoMic®, T3- Imbibición en Pectimorf® y T4-Imbibición en Pectimorf® más inoculación con EcoMic®.

En la figura III.4 se muestra la correlación existente entre la altura y los días en cada uno de los tratamientos evaluados, donde se observa una tendencia creciente de la altura a medida que transcurrían los días de siembra.

El modelo que explicó con mayor bondad de ajuste esta relación fue la ecuación polinómica de tercer orden, con un $R^2=0,96^{***}$, $0,98^{***}$, $0,97^{***}$ y $0,97^{***}$, para el T1, T2, T3 y T4, respectivamente.

De forma general, la altura de las plantas incrementó con la edad hasta los 12 meses después de la siembra, momento en el que alcanzaron una altura promedio de 180,0 cm para el T1 y T4; mientras que, para el T2 y T3 fue de 210,0 cm.

La altura es una variable determinante para considerar si el sistema está establecido; de acuerdo con (Seguí *et al.*, 2002), los valores pueden variar entre 150 a 200 cm, lo cual depende de la categoría animal que se vaya a utilizar.

En el caso de animales en desarrollo los sistemas se consideran establecidos con una altura de 150 cm; sin embargo, en animales adultos se requiere que la planta alcance 200 cm de altura antes de la introducción de los animales.

Ruiz y Febles (1999) recomiendan la entrada de los animales al sistema con 1,5 m de altura en asociaciones de gramíneas con leucaena; mientras que, Sánchez (2007) evaluó una asociación de *L. leucocephala* cv. Cunningham y gramíneas mejoradas durante cinco años con vacas lecheras de mediano potencial y comenzó la utilización con animales, cuando la altura promedio de las plantas superó los 200 cm, para garantizar la persistencia de la especie dentro del sistema.

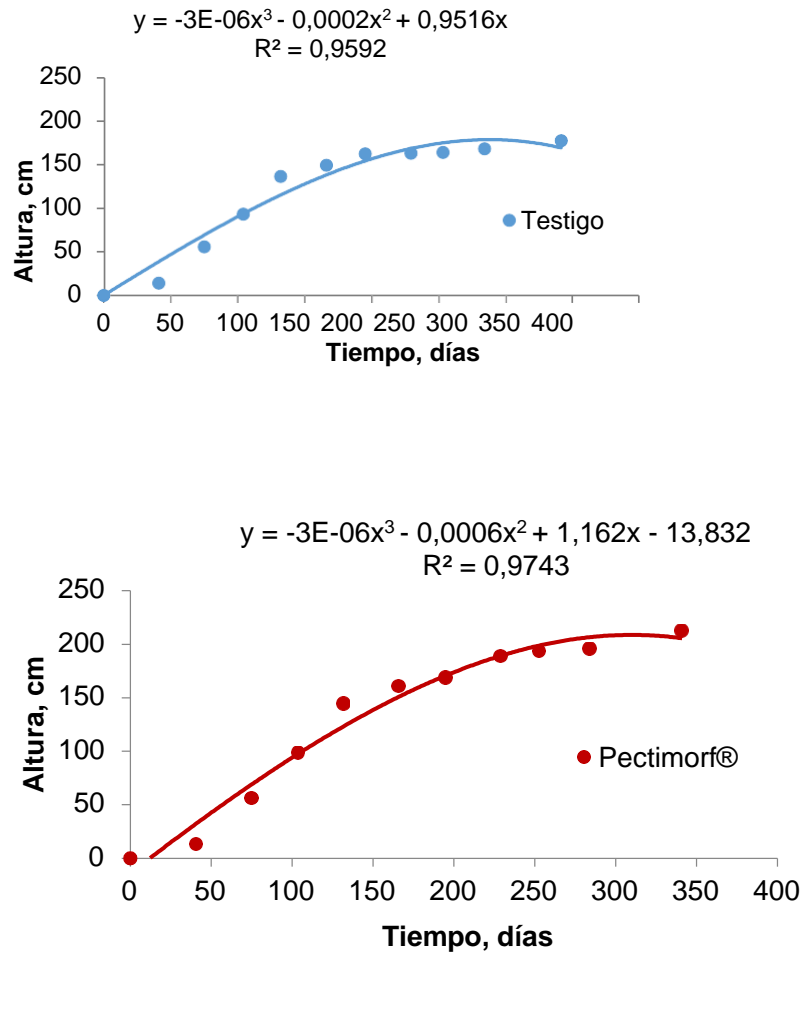


Figura III.4. Curva de ajuste de la altura (cm) en función del tiempo (días) por cada tratamiento en estudio.

En la figura III.5 se muestra la edad y la altura de establecimiento en los tratamientos evaluados. En este sentido, el T2 y T3 alcanzaron la altura de 150 cm a los 7 meses posterior a la siembra; mientras que el T1 y T4 lo hicieron a los ocho meses; por otro lado, durante la etapa experimental (12 meses) se lograron los 200 cm de altura solo en el T2 y T3. De ahí que estos dos últimos tratamientos estuvieran establecidos para cualquier categoría de manejo con animales en un menor tiempo. Lo cual reviste gran importancia para reducir los costos del establecimiento.

En SSP la entrada de los animales a los cuartos , antes del establecimiento de los árboles provoca una reducción de la cantidad y la capacidad fotosintética del área foliar residual, así como la movilización de los carbohidratos solubles y otras reservas remanentes después de la defoliación, lo cual trae consigo una disminución de la capacidad de recuperación de los árboles y por tanto del sistema (Shelton y Gutteridge, 1994).

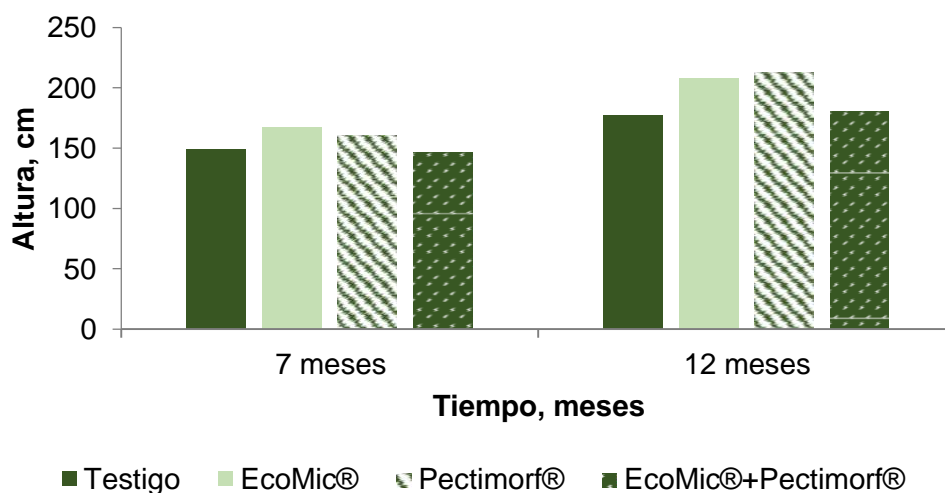


Figura III.5. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en la altura de las plantas de *L. leucocephala* a los 7 y 12 meses de edad.

En la tabla III.5 se observa el comportamiento del número de ramas de las plantas de *L. leucocephala* en la siembra directa. Los mejores valores se hallaron cuando se utilizó el Pectimorf® (T3) y el EcoMic® (T2) los cuales no difirieron entre sí, pero presentaron valores estadísticamente superiores ($p \leq 0,001$) que el T1 y el T4 los que a su vez difirieron entre sí con el peor resultado para el T1.

Un comportamiento similar encontró Vega (2002), para el número de ramas, con igual marco de siembra al de este estudio; sin embargo, difiere de lo hallado por Cáceres (2017), que obtuvo mayor número de ramas (20) con diferente marco de siembra (3 X 6 m).

Tabla III.5. Efecto del Ecomic y el Pectimorf en el número de ramas de las plantas de *L. leucocephala* durante el período experimental.

Indicador	Tratamiento	n	Media (\pm EE)	Significación
Número de ramas	T1	1 200	7,1 ($\pm 0,18$) ^c	***
	T2	1 200	8,6 ($\pm 0,18$) ^a	
	T3	1 200	8,7 ($\pm 0,19$) ^a	
	T4	1 200	7,8 ($\pm 0,16$) ^b	

Medias con diferentes superíndices en una misma columna difieren significativamente a $p \leq 0,001$, T1- Escarificación térmica (testigo), T2- Inoculación con EcoMic®, T3- Imbibición en Pectimorf® y T4- Imbibición en Pectimorf® más inoculación con EcoMic®.

En la figura III.6 se observa el número de ramas de *L. leucocephala* en función del tiempo para cada uno de los tratamientos experimentales, donde se muestra una tendencia creciente del número de ramas a medida que transcurrían los días posterior a la siembra de *L. leucocephala*.

Es válido señalar, que los tratamientos que alcanzaron mayor altura coincidieron con las que presentaron mayor número de ramas.

En tal sentido, es válido señalar, que los tratamientos que alcanzaron la mayor altura de las plantas coincidieron con los que presentaron el mayor número de ramas.

El modelo que explicó con mayor bondad de ajuste esta relación fue la ecuación polinómica de tercer orden , con un coeficiente de determinación superior a 0,90 para todos los tratamientos ($R^2=0,97^{***}$, $0,95^{***}$, $0,96^{***}$ y $0,91^{***}$, para el T1, T2, T3 y T4, respectivamente).

El aumento del número de ramas se correspondió con el incremento de la edad de la plantación. Los valores variaron desde 12 ramas primarias como promedio para el T1 y T4 hasta 15 para el T2 y T3, este último coincide con lo obtenido por Wencomo *et al.* (2001) y Bover *et al.* (2013).

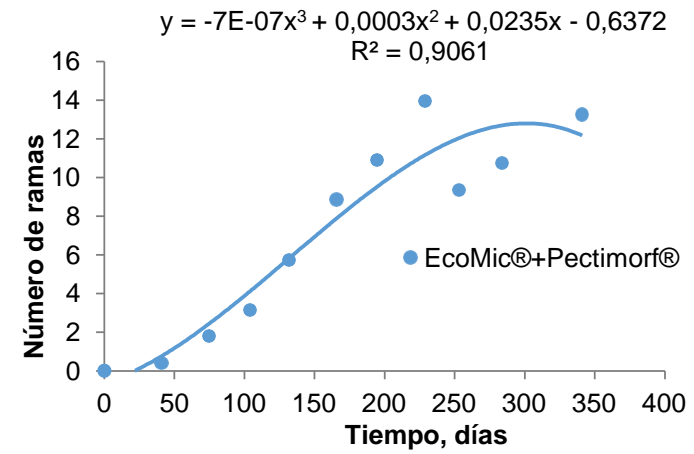
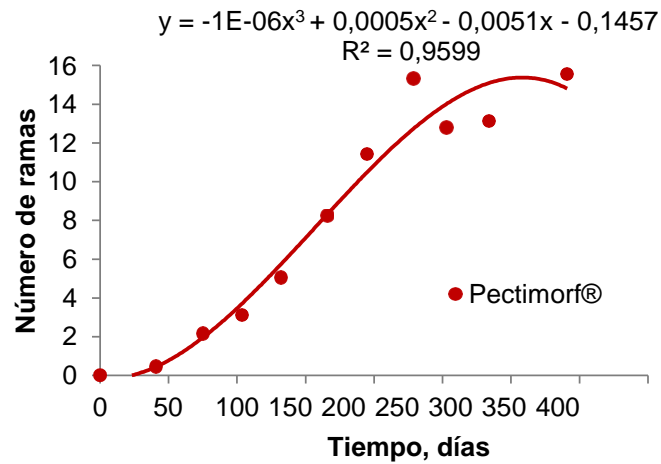
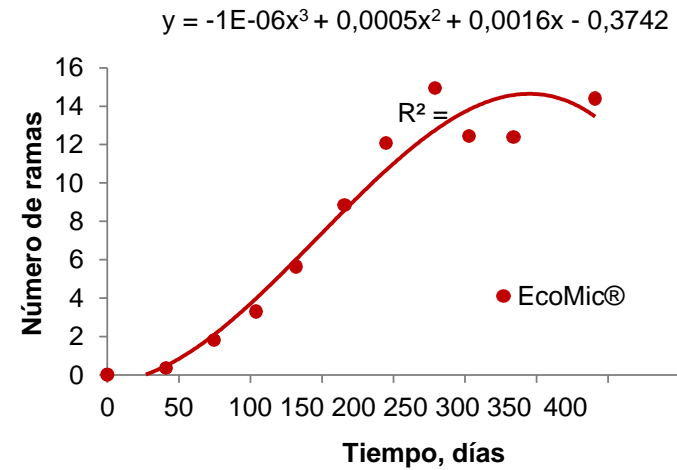
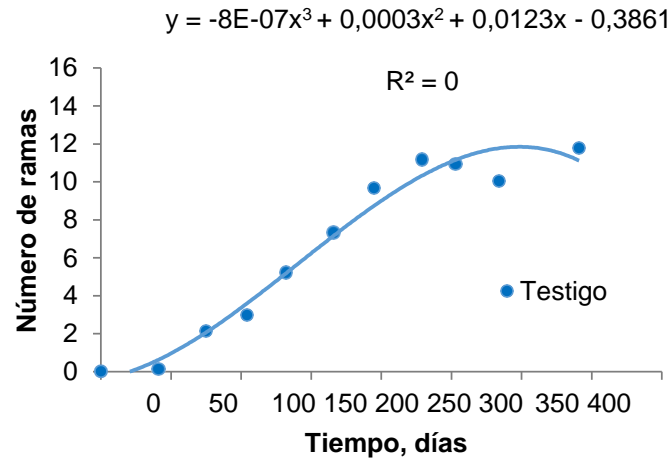


Figura III.6. Curva de ajuste del número de ramas de *L. leucocephala* en función del tiempo (días). Ver la R^2

En la tabla III.6 se muestra el comportamiento del grosor del tallo de las plantas de *L. leucocephala* en cada uno de los tratamientos experimentales al final del período experimental. Al igual que las dos variables anteriores, los mejores resultados se alcanzaron cuando se aplicaron los tratamientos con EcoMic® (T2) y Pectimorf® (T3) los cuales no difirieron entre ellos, pero si difirieron estadísticamente ($p \leq 0,001$) con respecto al control (T1) y a la combinación de los dos bioproductos (T4) los que a su vez difirieron entre sí con el peor comportamiento para el T1.

Tabla III.6. Efecto del Pectimorf® y el EcoMic® en el grosor del tallo de las plantas de *L. leucocephala* durante el período experimental.

Indicador	Tratamiento	n	Media (\pm EE)	Significación
Grosor del tallo, mm	T1	840	8,1 (\pm 0,13) ^c	***
	T2	840	9,8 (\pm 0,15) ^a	
	T3	840	10,0 (\pm 0,17) ^e	
	T4	840	8,9 (\pm 0,13) ^b	

Medias con diferentes superíndices en una misma columna difieren significativamente a $p \leq 0,001$, T1- Escarificación térmica (testigo), T2- Inoculación con EcoMic®, T3- Imbibición en Pectimorf® y T4-Imbibición en Pectimorf® más inoculación con EcoMic®.

Estos resultados coinciden con los informados por Vega (2002) que logró un grosor del tallo en plantas de *L. leucocephala* cv. Cunningham, al final de la etapa de establecimiento, similar al obtenido en el presente estudio (10-12 mm); sin embargo, difieren de lo encontrado por Cáceres (2017), el cual obtuvo

un mayor valor para este indicador (35 mm) en esta misma especie, pero con un marco de siembra más extenso (3 x 6 m).

El marco de siembra influye en el crecimiento de las plantas ya que en la misma medida que disminuye tiende a provocar una mayor competencia por la luz entre las plantas, lo que tiende a incrementar la altura pero, con un menor grosor del tallo; sin embargo, cuando el marco de siembra aumenta se produce el efecto contrario.

En la figura III.7 se muestra el grosor del tallo de *L. leucocephala* en función del tiempo para cada uno de los tratamientos experimentales donde se observa un incremento paulatino pero, sostenido en el grosor del tallo de las plantas el cual sigue la misma tendencia hasta el final del período experimental.

El modelo que explicó con mayor bondad de ajuste esta relación, fue la ecuación polinómica de tercer orden similar a la observada en las variables altura de la planta y grosor del tallo. El coeficiente de determinación fue elevado en todos los tratamientos ($R^2=0,99^{***}$, $0,97^{***}$, $0,99^{***}$ y $0,99^{***}$ para el T1, T2, T3 y T4, respectivamente).

Los mayores valores para este indicador se obtuvieron en el T2 y T3 (1,48 y 1,55 cm, respectivamente) similar a lo observado en las variables número de ramas y altura de la planta.

En esta etapa experimental los mayores valores en cada una de las variables analizadas se obtuvieron en los tratamientos en los cuales las semillas además de la escarificación térmica se embebieron en Pectimorf® o se inocularon con EcoMic®. Ello permitió un incremento en la altura de un 12 % con respecto al

control (T1), lo cual es importante, si se tiene en cuenta que *L. leucocephala* cv. Cunningham, por su condición de arbórea, es una planta de crecimiento relativamente lento que puede ser una de las desventajas de su utilización en los sistemas silvopastoriles.

Duran (2017), planteó que la mayoría de las leguminosas arbóreas tienen un crecimiento lento durante la primera fase, lo cual las hace vulnerables a la competencia con las plantas arvenses y los predadores durante el establecimiento. De ahí que este período constituye una de las etapas más difíciles en el fomento de un sistema, ya que es preciso combinar las condiciones inherentes al suelo, al clima y a las características de la variedad. De acuerdo con lo planteado por Bonareri y Mugendi (2016), el comportamiento de las variables en estudio en *L. leucocephala* cv. Cunningham (altura de la planta, grosor del tallo y número de ramas) con la aplicación del EcoMic[®] se debe a que es un biofertilizante compuesto por HMA, los cuales proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes. Además, intervienen en la absorción del fósforo (P) del suelo y permiten su asimilación a través de la unión con las raíces (Smith *et al.*, 2010; Bagyaraj *et al.*, 2015; Guisande-Collazo *et al.*, 2016). Al respecto, Dantas *et al.* (2015) plantearon que los HMA incrementan el volumen radicular de la planta, lo que permite una mayor extensión de las raíces en la rizósfera por tanto, hay una mayor cantidad de esporas que facilitan la captación de nutrientes. De ahí la respuesta positiva al utilizar este bioproducto durante el establecimiento de *L. leucocephala*.

En este sentido, Flores-Bello *et al.* (2008) encontraron resultados similares en plantas de leucaena micorrizadas con *Glomus etunicatum* y *Glomus intraradices*; además, coinciden con lo informado por varios autores en otros cultivos de interés (Pentón *et al.*, 2011; Ruiz *et al.*, 2016).

Este se debe a la relación simbiote establecida, que beneficia a los hongos con el suministro de fuentes carbonadas provenientes de la planta, dentro de la cual se inducen señales específicas de la micorrización que influyen sobre el desarrollo de la raíz. La siembra directa del hongo facilita el flujo de fotosintatos desde la parte aérea hasta la zona de la raíz; el HMA utiliza una parte de estos fotosintatos para producir energía metabólica, y a través de esta vía asegura su mantenimiento y desarrollo; la otra parte se moviliza en forma de azúcares y lípidos de masa fúngica intra y extra radical (Pérez-Ortega, 2010).

En el caso del tratamiento que se utilizó Pectimorf[®], se encontró un efecto positivo en las variables en estudio. Este bioproducto influye en la activación de la división celular y la elongación de las paredes celulares (Izquierdo *et al.*, 2014). Además, se ha comprobado su efecto bioestimulador en la altura de las plantas de la leguminosa herbácea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. var. Lina (Nápoles-Vinent *et al.*, 2016). Este producto es muy efectivo en todas las fases del cultivo desde semillero hasta la producción en sus diferentes modelos productivos.

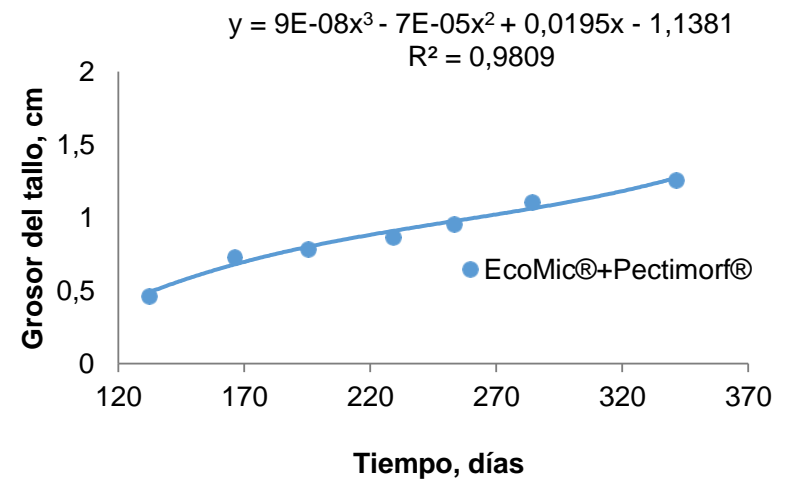
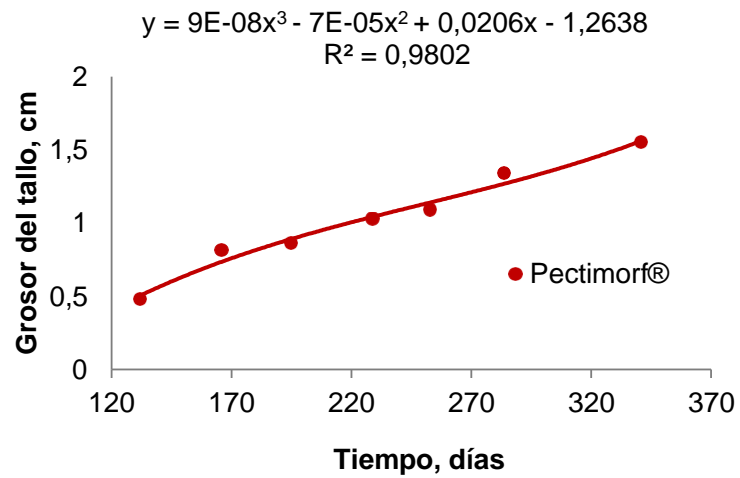
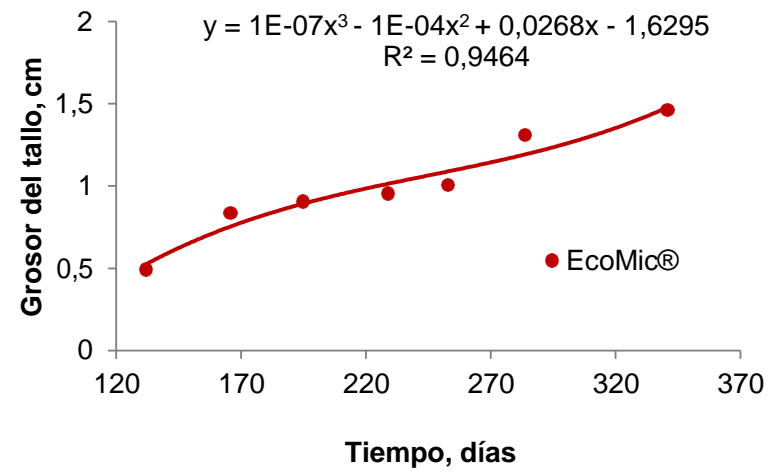
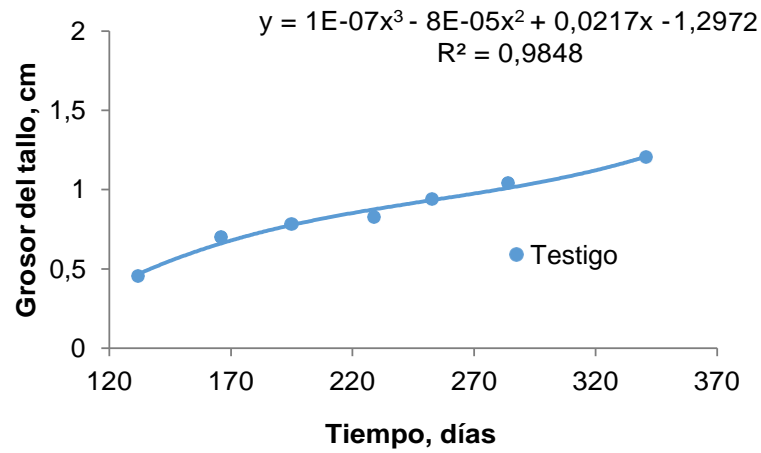


Figura III.7. Curva de ajuste del grosor del tallo de *L. leucocephala* en función del tiempo (días) para cada tratamiento.

Lara *et al.* (2018), plantearon que el Pectimorf® favorece el crecimiento y la formación de raíces, la diferenciación de las células del periciclo, ejerce un efecto inductor sobre los procesos de diferenciación de embriones somáticos e incrementa el rendimiento de varias especies; además, se ha demostrado que los oligogalacturónidos pueden reducir los efectos negativos provocados por metales pesados y contrarrestar algunos de los producidos por el estrés hídrico.

En este sentido, los OGAs son considerados en la actualidad como biorreguladores endógenos, pues pueden regular la síntesis y acción de las hormonas, así como procesos de organogénesis en el desarrollo de las plantas; de manera directa regulan muchos de los procesos fisiológicos que intervienen en la formación de órganos en las plantas (Savatin *et al.*, 2011; Bao *et al.*, 2013).

Según El-Sharkawy (2006) una posible vía por la cual los OGAs incrementan el crecimiento de las plantas es a través de su capacidad para estimular la actividad fotosintética lo que provoca una mayor ganancia de estructuras carbonadas que pueden ser utilizadas para la síntesis de nuevos compuestos, como las proteínas.

Es válido destacar, que en los últimos años han aumentado las investigaciones basadas en el uso del Pectimorf® y se han obtenido buenos resultados morfoagronómicos; sin embargo, los mecanismos bioquímicos y moleculares por los cuales este producto ejerce su acción no están del todo descritos. Por tanto, sería apropiado realizar estudios enfocados en evaluar el mecanismo de acción de este bioproducto en los cultivos de interés económico.

Ello indica que los dos bioproductos (EcoMic[®] y Pectimorf[®]) pueden ser un complemento adicional para la nutrición de esta leguminosa arbórea después de romper la dormancia de las semillas con la ET.

Los resultados de la combinación del EcoMic[®] y el Pectimorf[®], no superó al encontrado con el uso de estos bioproductos por separado, lo cual coincide con lo informado por Ayala *et al.* (2013) al evaluar el efecto de los biofertilizantes Azofert[®], EcoMic[®] y Pectimorf[®], en la altura de la planta en variedades de soya (Conquista e INCA soy-27), quienes no encontraron diferencias estadísticas significativas entre el uso de los bioproductos de forma independiente o en sus distintas combinaciones.

Corbera y Nápoles (2013), plantearon que los OGs presentes en el Pectimorf[®] han mostrado interacción sinérgica con otros bioproductos (Azofert, **Fitomás**). A su vez, otros autores demostraron, a nivel de laboratorio, que este también puede tener efecto antagónico, principalmente la mezcla de OGs con auxinas, lo cual disminuye la expresión de genes y enzimas asociadas a la actividad auxínica (Kollárová, 2012; Suárez *et al.*, 2013).

En estudios *in vitro* se demostró que el Pectimorf[®] tiene un efecto auxínico en las plantas, demostrándose su capacidad como sustituto de hormonas tradicionales, auxinas y citoquininas (Suárez, 2016; Posada *et al.*, 2016).

En este sentido, Spaepen *et al.* (2007) y Ludwig (2010) plantearon que existen otros mecanismos mediante los cuales las micorrizas arbusculares pueden influir en el crecimiento de los pastos y otros cultivos de interés, y sugieren que puede ser a través de la producción de fitohormonas como: auxinas, giberelinas y citoquininas.

Por otro lado, Vázquez y Torres (2006) señalaron que el exceso de este tipo de sustancias que tienen efecto enraizador inhibe la formación del callo y con ello, el inicio del enraizamiento de la planta. Este proceso es liderado por hormonas y es posible que la mezcla o combinación, cause una desorganización hormonal en el interior de las células que dificulte la ocurrencia de los procesos de elongación, diferenciación y división celular (Doll *et al.*, 2013). De ahí que, en el caso en estudio esta podría ser una de las causas por las que no se encontró respuesta positiva en la combinación de los dos bioproductos durante la siembra directa en campo.

Similar comportamiento hallaron Camejo *et al.* (2012); Ramos-Hernández (2015), y Nápoles *et al.* (2017) quienes encontraron en diferentes especies efectos antagónicos entre las combinaciones de bioproductos.

Por último, se debe señalar que, en las plantas, no hubo representatividad de lesiones ocasionadas por insectos potencialmente plaga, de ahí que no permitieran su cuantificación y análisis posterior en ninguno de los tratamientos.

CONCLUSIONES

- La imbibición en Pectimorf® o inoculación con EcoMic® de las semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham posterior a la escarificación térmica, no tuvo efecto sobre el porcentaje de germinación.
- El tratamiento de las semillas con los bioproductos probados solos y combinados, posterior a la escarificación térmica, no tuvo una influencia marcada en el crecimiento y desarrollo de las plántulas en condiciones de vivero, respecto al testigo. Lo que tiende a indicar que no se requiere su empleo en esta fase.
- En la siembra directa en campo, las semillas tratadas con Pectimorf® o EcoMic®, posterior a la escarificación térmica, mostraron un incremento en la altura, el número y grosor del tallo de las plantas, lo que puede contribuir a acortar el tiempo de establecimiento con el uso de estos bioproductos, lo cual favorece la inclusión de la especie en los sistemas ganaderos.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios futuros con el uso de otros bioproductos y sus combinaciones para lograr un mejor desarrollo de esta planta, durante las etapas de vivero y siembra directa.
- Utilizar la tesis como material de consulta para estudiante de pregrado y posgrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu, Sharifa S. Effect of chitosan on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under water stress conditions. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*. 3 (6):192-199, 2013.
- Alonso, O. *Entomofauna en Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit asociada con gramíneas pratenses: caracterización de la comunidad insectil en leucaena-Panicum maximum Jacq.* Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias, 2009.
- Alvarez, Bello, Idioleidy; Reynaldo, Escobar, Inés; Cartaya, Rubio, Omar & Teheran, Zoilo. Efectos de una mezcla de oligogalacturónidos en la morfología de hortalizas de importancia económica. *Cultivos Tropicales*. 32 (3):279-287, 2011.
- Álvarez , Idioleidy & Reynaldo , Inés M. Efecto del Pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*. 36 (3):82-87, 2015.
- Ayala, Boza, Pedro J;; Tornés, Olivera, Norge; & Reynaldo, Escobar, Inés M;. Efecto de biofertilizantes y Pectimorf en la producción de soya (*Glycine max* L.) en condiciones de secano. *Granma Ciencia*. 17:1-11, 2013.
- Bagyaraj, D.J.; Sharma, M.P. & Maiti, D. Phosphorus nutrition of crops through arbuscular mycorrhizal fungi. *Current Science*. 108 (7):1288-1293, 2015.
- Bao, Fundora, Lourdes; Hernández, Ortiz, Reina M; Diosdado, Salcés, Esther; Román, Gutiérrez, María I; González, Arencibia, Clara; Rojas, Álvarez, Alejandro *et al.* Embriogénesis somática de *Citrus macrophylla* Wester con el empleo del Pectimorf® y análogos de brasinoesteroides. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 15 (1), 2013.
- Barnard, CS. *Register of Australian herbage plant cultivars*, 1972.

- Bellincampi, Daniela; Dipierro, Nunzio; Salvi, Giovanni; Cervone, Felice & De Lorenzo, Giulia. Extracellular H₂O₂ induced by oligogalacturonides is not involved in the inhibition of the auxin-regulated rolB gene expression in tobacco leaf explants. *Plant physiology*. 122 (4):1379-1386, 2000.
- Bonareri, Oruru, Marjorie & Mugendi, Njeru, Ezekiel. Upscaling Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Related Agroecosystems Services in Smallholder Farming Systems. *BioMed research international*. 2016, 2016.
- Borges, García, Misterbino ; Reyes, Avalos, Diana María ; Zayas, Acosta, José Martín & Destrade, Batista, Reisel Efecto de Pectimorf[®] en el enraizamiento in vitro de plantas de 'FHIA-18'(Musa AAAB). *Bioteconología Vegetal*. 15 (4), 2015.
- Borges, García, Misterbino; González, Paneque, Orlando; Reyes, Avalos, Diana M; Rodríguez, González, Miguel; Villavicencio, Ramírez, Aracelis & Abeal, Edil Estrada. Respuesta de plantas in vitro de ñame clon Blanco de guinea al uso del Pectimorf[®]. *Cultivos Tropicales*. 38 (2):129-136, 2017.
- Bover, felices, Katia; López, vigoa, Onel; Rizo, Álvarez, Maritza & Ángel, Miguel. Efecto del EcoMic[®] y el Pectimorf[®] en el crecimiento de plántulas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham Effect of EcoMic[®] and Pectimorf[®] on the growth of *Leucaena*. 40:102-107, 2017.
- Bover, Katia; Álvarez, D; Lamela, L & García, Mikelín. Evaluación del establecimiento de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham en una finca ganadera del municipio de Perico, Matanzas, Cuba./ Evaluation of the establishment of *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham in a livestock production farm of the Perico mun. *Pastos y Forrajes*. 36:445-452, 2013.
- Brewbaker, JL. *Leucaena leucocephala*: Un árbol versátil fijador de nitrógeno. *Una guía útil para los árboles de uso múltiple*. 1998.

- Cabrera, J; Iglesias, R & Hormaza, J. Procedimiento de obtención de una mezcla de oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal. no. 22859, Inst. *Oficina Cubana de la Propiedad Industrial, La Habana, Cuba.* 2003.
- Cabrera, JC; González, G; Napoles, M.C; Falcón, AB; Costales, D & Rogers, HJ. Practical use of oligosaccharins in agriculture. Ed. Eds. *Acta Horticulturae* 1009. p. 195-212, 2013.
- Cáceres, Amores, Julia C. *Caracterización, evaluación agronómica y selección de ocho accesiones de Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.* Tesis en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, 2017.
- Calderón, Puig, Alfredo A; Cruz, Marrero; Yosnel, J; Martín Cárdenas, José V & Mayo, Isoel. La fertilidad de los suelos y su importancia en el empleo de bioproductos en la provincia de Sancti Spíritus. *Cultivos Tropicales.* 34 (2):16-23, 2013.
- Camejo, D; Martí, MC; Olmos, E; Torres, W; Sevilla, F & Jiménez, A. Oligogalacturonides stimulate antioxidant system in alfalfa roots. *Biologia plantarum.* 56 (3):537-544, 2012.
- Carpenedo, Daiane Aparecida; Candido, Danieli Ferneda & Kohl, Melania Fatima. Efeito da estratificação com água e da escarificação mecânica na superação da dormência em sementes de leucaena leucocephala (lam.) De wit. *Seminário de Iniciação Científica, Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão e Mostra Universitária.* 2017.
- Condo, Yanzahuano, Juan Pablo. *Estudios de factibilidad de un banco de proteína a partir de Morera (Morus alba), Tilo (Sambucus peruviana), Leucaena, (Leucaena leucocephala), Cañaro (Erythrina edulis) en el Cantón Paute sector Cachiacu.* 2012.

- Corbera, J. & Nápoles, María C. Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*-hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27. *Cultivos Tropicales*. 34:05-11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000200001&nrm=iso. [2013].
- Cruz, Hernández; García, Rubido; León, González & Acosta, Aguiar. Influence the application of arbuscular mycorrhiza and the reduction of mineral fertilizer in tobacco seedlings. *Cultivos Tropicales*. 35 (1):21-24, 2014.
- Charles, Nelson J & Martín , Nelson J. Uso y manejo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. *Cultivos Tropicales*. 36 (1):55-64, 2015.
- ChunJie, Li & ZhiBiao, Nan. Seed-borne fungi of lucerne and their pathogenicity to lucerne seed and seedling. *Acta Prataculturae Sinica*. 9 (1):27-36, 2000.
- Dantas, Belchior L.; Weber, Olmar Baller; Maciel Neto, João Pereira; Rossetti, Adroaldo Guimarães & Pagano, Marcela Claudia. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em pomar orgânico no semiárido cearense. *Ciencia Rural, Santa Maria*. 45 (8):1480-1486, 2015.
- Dell'Amico, Rodríguez, José Miguel; Morales Guevara, Donaldo Merardo; Jerez Mompie, Eduardo; Rodríguez Hernández, Pedro; Álvarez, Bello, Idioleydis; Martín, Martín, Roberqui *et al*. Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de pectimorf® en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). 2017.
- Doll, Ursula; Norambuena, Catherine & Sánchez, O. Efecto de la aplicación de IBA sobre el enraizamiento de estacas en seis especies arbustivas nativas de la región mediterránea de Chile. *Idesia (Arica)*. 31 (3):65-69, 2013.
- Doyle, P.M. & Erickson, C.M. Opportunities for mitigating pathogen contamination during on-farm food product. *International Journal of Food Microbiology*. 152 (3):54-74, 2012.

- Duguma, B; Kang, BT & Okali, DUU. Factors affecting germination of leucaena (*Leucaena leucocephala*)(Lam.) de Wit seed. *Seed Science and Technology*. 16 (2):489-500, 1988.
- Duran, Alvernia, H. Caracterización de diez especies arbóreas nativas con potencial para el establecimiento de sistemas silvopastoriles. 2017.
- EEPF Indio Hatuey. Muestreo de pastos. Ed.^Eds. *Taller del IV Seminario Científico*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 1980.
- El-Sharkawy, Mabrouk A. Utility of basic research in plant/crop physiology in relation to crop improvement: a review and a personal account. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 18 (4):419-446, 2006.
- Escobar, A; Romero, E & Ojeda, A. *Gliricidia sepium*: el matarratón un árbol multipropósito. *Fundación Polar. Caracas, Venezuela*. 1998.
- Espinosa, Cuéllar, Alberto; Ruiz, Martínez, Luís; Espinosa, Ramón Rivera & Espinosa Cuéllar, Ernesto. Efecto del Nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre un suelo Pardo mullido carbonatado Nitrogen and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) effect on two commercial sweet potato clones on an inseptisol soil. *Centro Agrícola*. 42:39-46, 2015.
- Falcón, AB & Cabrera, JC. Actividad enraizadora de una mezcla de oligogalacturónidos en pecíolos de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*). *Cultivos Tropicales*. 28 (2):87-90, 2007.
- Falcón, Rodríguez, Alejandro B; Costales, Menéndez, Daimy; González, Peña Fundora, Dianevys & Nápoles, García, María C. Nuevos Productos Naturales Para La Agricultura: Las Oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*. 36:111-129, 2015.
- Fernández, Larrea, V.O. Programa para la recuperación de bioplaguicidas, biofertilizantes y bioestimulantes en Cuba. *Agricultura Orgánica*. 2:2-5, 2013.

- Flores, Bello, María del Rocío; Aguilar, Espinosa, Sergio; García, Calvario, Ramón; Zamora, Cruz, Alejandra; Farias, Larios, Javier & López, Aguirre, José Gerardo. Inoculación con hongos micorrízicos arbusculares y el crecimiento de plántulas de leucaena. *Terra Latinoamericana*. 26 (2):127-131, 2008.
- Frómata, Luperio Barroso; Michel, Maikel Abad; Nelson, Manuel Riera & Ramos, Adrián Montoya. Aplicación de FitoMas-E y EcoMic® para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de cafeto. *Cultivos Tropicales*. 36 (4):158-167, 2015.
- González, Jaime Enrique Simó; Espinosa, Ramón Rivera & Martínez, Luis Ruiz. Aplicación de cepas de hongos micorrízicos arbusculares en la fase de semillero del cv.'INIVIT-T-2007'*Solanum lycopersicum* L. *Agricultura Tropical*. 4 (1), 2018.
- González, Pedro J; Arzola, Joan; Morgan, Osvaldo; Rivera Espinosa, Ramón & Ramírez, Juan F. Efecto de la inoculación de la cepa de hongo micorrízico arbuscular *Glomus hoi-like* en la respuesta de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II (CIAT 36087) a la fertilización orgánica y nitrogenada. *Cultivos Tropicales*. 32:5-12, 2011.
- González, Y. & Mendoza, F. Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. *Pastos y Forrajes*. 31 (1):47-52, 2008.
- González, Yolanda & Mendoza, F. Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. *Pastos y Forrajes*. 31 (1):1-1, 2008.
- González, Yolanda & Mendoza, F. Efecto del agua caliente en la germinación de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 18 (1), 1995.
- González, Yolanda; Reino, J & Machado, R. Dormancia y tratamientos pregerminativos en las semillas de *Leucaena* spp. cosechadas en suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 32 (4):1-1, 2009.

- Gray, SG. A review of research on *Leucaena leucocephala*. *Tropical grassland*. 2:19-30, 1968.
- Guerra, Caridad W; Cabrera, A & Fernández, Lucía. Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37 (1):3-10, 2003.
- Guevara, Eunice & Guenni, Orlando. Densidad y longitud de raíces en plantas de *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit. *Multiciencias*. 13 (4):372-380, 2013.
- Guisande-Collazo, Alejandra; González, L. & Souza-Alonso, P. Impact of an invasive nitrogen-fixing tree on arbuscular mycorrhizal fungi and the development of native species. *AoB PLANTS*. 8:1-11. www.aobplants.oxfordjournals.org. [20/03/2018], 2016.
- Hernández, CA; Alfonso, A & Duquesne, P. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. I. Ceba inicial. *Pastos y Forrajes*. 9 (2):79, 1986.
- Hernández, I. *Utilización de las leguminosas arbóreas L. leucocephala, A. lebeck y B. purpurea en sistemas silvopastoriles*. Tesis presentada en opción al grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. Instituto ..., 2000.
- Hernández, Jiménez, A; Pérez, Jiménez, J. M; Bosch, Infante, D & Castro, Speck, N. Clasificación de los suelos de Cuba 2015 1-93, 2015.
- Hughes, Colin E. *Leucaena: Manual de recursos genéticos*: Oxford Forestry Institute, University of Oxford, 1998.
- Ibrahim, Muhammad & Pezo, Danilo. Interacciones en sistemas silvopastoriles. *Producción de madera*.69, 2012.
- Iglesias, JM. *Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias ..., 2003.
- Iglesias, JM; Funes-Monzote, F; Toral, Odalys C; Simón, L & Milera, Milagros. Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería

sustentable. Apuntes para el conocimiento. *Pastos y Forrajes*. 34 (3):241-257, 2011.

INCA, inventor; Permiso de Seguridad Biológica No. 41/02. No. 22641, assignee.

Manual de instructivo técnico del EcoMic®. San José de las Lajas, Cuba 2003.

Iriondo, Jose M & Perez, Cesar. Propagation from seeds and seed preservation. *A colour atlas of plant propagation and conservation*. 46-57, 1999.

Izquierdo, H; Núñez, Miriam; González, María C; Proenza, Ruth & Cabrera, JC. Influencia de un oligogalacturónido en la aclimatización de vitroplantas de banano (*Musa spp.*) del clon FHIA-18 (AAAB). *Cultivos Tropicales*. 30 (1):00-00, 2009.

Izquierdo, H.; González, María C. & de la C-Núñez, Miriam Estabilidad genética de las plantas de banano (*Musa spp.*) micropropagadas con reguladores del crecimiento no tradicionales. *Bioteología Aplicada*. 31 (1):18-22, 2014.

Jay, S.S.; Chandra, P.V. & Singh, D.P. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 140 (3-4):339-353

João, José P; Mutunda, Moniz P; Taíla, Amílcar F & Rivera Espinosa, Ramón. Potencialidad de los inoculantes micorrízicos arbusculares en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) en Kibala, Angola. *Cultivos Tropicales*. 37 (2):33-36, 2016.

Kollárová, Karin; Zelko, I; Henselová, Mária; Capek, P & Lišková, Desana. Growth and anatomical parameters of adventitious roots formed on mung bean hypocotyls are correlated with galactoglucomannan oligosaccharides structure. *The Scientific World Journal*. 2012, 2012.

Lamela, L; Soto, R B; Sánchez, Tania & Montejo, F Ojeda I. leucocephala , *Morus alba* y *Pennisetum purpureum* CT-115 bajo condiciones de riego Milk production from an association of *Leucaena leucocephala* , *Morus alba* and *Pennisetum purpureum* CT-115 with irrigation. 33:311-321, 2010.

- Lara, Acosta, Danurys ; Costales, Menéndez, Daimy & Falcón, Rodríguez, Alejandro Los oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. *Cultivos Tropicales*. 39 (2):127-134, 2018.
- Leng, RA. Tree foliage in ruminant nutrition: FAO Animal Production and Health Papers 139. *FAO, Rome, Italy ISBN 9251040869*. 1997.
- Ley, Juan Francisco; Sánchez, Jorge Alberto; Ricardo, Nancy Esther & Collazo, Esther. Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. *Agronomía Costarricense*. 2015.
- Lezcano, JC; de Pastos, Estación & Bonita, Forrajes Niña. *Micoflora asociada a semillas almacenadas de Leucaena leucocephala cv. Perú*. Estación de Pastos y Forrajes Niña Bonita., 2005, 2005.
- López, 1O.; Lamela, L.; Montejo, I. L & Sánchez, Tania. Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 38:0-0. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000100005&nrm=iso. [2015].
- López, Vigoa, Onel; Sánchez-Santana, Tania; Iglesias-Gómez, Jesús Manuel; Lamela-López, Luis; Soca-Pérez, Mildrey; Arece-García, Javier *et al*. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*. 40 (2):83-95, 2017.
- Ludwig, Müller, Jutta. Hormonal responses in host plants triggered by arbuscular mycorrhizal fungi. In: *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function*: Springer. p. 169-190, 2010.
- Machado, Rey; Roche, R; Toral, Odalys & Garcia, Eliel Gonzalez. Metodología para la colecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería. *Pastos y Forrajes*. 22 (3):181-204, 1999.

- Martín, Martín, Roberqui; Jerez, Mompie, Eduardo; Morales, Guevara, Donaldo & Reynaldo, Escobar, Inés. Empleo de pectimorf® para estimular la tuberización en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*. 38 (3):72-76, 2017.
- Martínez, Francisco & Gómez, Luis. La fertilización de los cultivos bajo una perspectiva agroecológica. *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología*. 185 p. La Habana. Mayo, 2015. Coordinación editorial: Iñaki Liceaga Edición, diseño y composición: Eduardo Martínez Oliva Corrección científica: Fernando Funes Aguilar.64, 2015.
- Martínez, R & Dibut, B. Biofertilizantes bacterianos. *La Habana, Cuba, Editorial científica técnica*. 2012.
- Matías, C. Influencia del momento y la frecuencia de la poda en la producción y calidad de la semilla. I. *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 21 (4), 1998.
- Medina, María G; García, Danny E; Moratinos, Pedro; Clavero, Tyrone & Iglesias, Jesús M. Macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con *Morus alba*, *Leucaena leucophala* y pastos. *Zootecnia Tropical*. 29 (3):301-312, 2011.
- Medina, María G & García, DE. Validación de estrategias para la evaluación de especies forrajeras en vivero sometidas a sustratos alcalinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Manual técnico. Instituto de Investigaciones Agrícolas, estado Trujillo, Venezuela*. 2010.
- Mérola, Ruben & Díaz, Saulo. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. *Facultad de Ciencias Agrarias. Trabajo Postgrado. Montevideo, Uruguay*. 2012.
- MINAG. *Tecnología de labores agrotécnicas para pastos y forrajes*. La Habana: Ministerio de la Agricultura, 1987.
- Molina, M; Mahecha, L & Medina, M. Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 18:2:162-175, 2005.

- Murgueitio, E & Solorio, B. El Sistema Silvopastoril Intensivo, un modelo exitoso para la competitividad ganadera en Colombia y México. Ed. ^Eds. *V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Resúmenes. Universidad Rómulo Gallegos, Universidad Central de Venezuela, Universidad de Zulia. Maracay, Venezuela. Publicación electrónica. 2008.*
- Nápoles-Vinent, Sucleidis; Garza-Borges, Taymi & Reynaldo-Escobar, Inés M. Respuesta del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.) var. Lina a diferentes formas de aplicación del Pectimorf®. *Cultivos Tropicales*. 37 (3):172-177, 2016.
- Nápoles, Vinent, Sucleidi; Medina, Mitchell, Víctor Manuel; Serra, Díaz, Manuel; Orberá, Ratón, Teresa; Reynaldo, Escobar, Inés Maria & Ferrera, Fabrè, Juan Andrés. Impacto de los productos naturales pectimorf® y biopreparado bacteriano rizosférico en la producción de *Moringa oleifera* Lam en vivero. *Ciencia en su PC*. (3):53-65, 2017.
- Nápoles, Vinent, Sucleidis; Garza, Borges, Taymi & Reynaldo, Escobar, Inés M. Respuesta del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.) var. Lina a diferentes formas de aplicación del Pectimorf®. *Cultivos Tropicales*. 37 (3):172-177, 2016.
- Navarro, Marlen. *Evaluación del vigor de las semillas de Albizia lebbbeck (L.) Benth durante la emergencia de plántulas*. Tesis en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas, 2002.
- Novo, Sordo, René & Hernández, Barrueta, Juan Germán. *Historia de la microbiología del suelo en Cuba*: Editorial Universitaria, 2009.
- Núñez, M. Brasinoesteroides. Nuevos reguladores del crecimiento vegetal con amplias perspectivas para la agricultura. *IAC*, 68 (sp):65, 2016.

- Obiazi, C, C. Hot Water Enhanced Germination of *Leucaena Leucocephala* Seeds in Light and Dark Conditions. *Current Research in Agricultural Sciences*. 2:67-72, 2015.
- Peniche, González, Irina N; González-López, Zabdi U; Aguilar-Pérez, Carlos F; Ku-Vera, Juan C; Ayala-Burgos, Armín J & Solorio-Sánchez, Francisco J. Milk production and reproduction of dual-purpose cows with a restricted concentrate allowance and access to an association of *Leucaena leucocephala* and *Cynodon nlemfuensis*. *Journal of Applied Animal Research*. 42 (3):345-351, 2014.
- Pentón, Gertrudis; Reynaldo, Inés; Martín, G J; Rivera, R & Oropesa, Katerine. Uso del EcoMic[®] y el producto bioactivo Pectimorf[®] en el establecimiento de dos especies forrajeras Use of EcoMic[®] and the bioactive product Pectimorf[®] in the establishment of two forage species. *Pastos y Forrajes*. 34:281-294, 2011.
- Pérez, Lumbí; Hernán, Daniel; Ortiz, Zeledón & Marcela, Nehisy. *Evaluación del uso de micorrizas en el cultivo de café (Coffea arábica) en etapa de producción en la finca El Petén comunidad Los Robles-Jinotega, Nicaragua, I semestre 2015*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, 2015.
- Pérez, Ortega, Eduardo J. *Hongos micorrízicos arbusculares (HMA) para la bioprotección de patógenos en el cultivo del tomate (Solanum lycopersicum L.)*. Universidad de La Habana, 2010.
- Peters, Michael; Franco, T; Schmidt, Axel & Hincapié Carvajal, Belisario. *Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del Trópico Americano*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bundesministerium für ...; 2011.
- Posada, Pérez, Laisyn; Padrón, Montesinos, Yenny; González, Olmedo, Justo; Rodríguez, Sánchez, Romelio; Barbón, Rodríguez, Raul; Norman, Montenegro, Osvaldo *et al*. Efecto del Pectimorf[®] en el enraizamiento y la

aclimatización in vitro de brotes de papaya (*Carica papaya* L.) cultivar Maradol Roja. *Cultivos Tropicales*. 37 (3):50-59, 2016.

Poulsen, KAREN & Stubsgaard, Finn. Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura. *Técnicas para la escarificación de semillas forestales*. Serie Técnica. Manual Técnico. (36):35, 2000.

Ramírez, Pedroso, J.F; González-Cañizares, P. J; Salazar-Ruiz, Xiomara; Rivera-Espinosa, R; Plana-Llerena, A & Hernández-Jimenez, R. Inoculación micorrízico-arbuscular y reducción de la fertilización orgánica y nitrogenada en *Megathyrsus maximus* cv. Likoni Arbuscular-mycorrhizal inoculation and reduction of organic and nitrogen fertilization in *Megathyrsus maximus* cv . Likoni. *Pastos y Forrajes*. 40 (2):108-117, 2017.

Ramos-Font, María; González-Rebollar, J. & Ana, Robles-Cruz. Dispersión endozoócora de leguminosas silvestres: desde la recuperación hasta el establecimiento en campo. *Ecosistemas*. 24 (3):14-21.
www.revistaecosistemas.net. [12/02/2018], 2015.

Ramos-Hernández, Leudiyanes. *Uso de Pectimorf (R), fitomas-E e inóculos microbianos para el enraizamiento de esquejes y el crecimiento de posturas de guayaba (Psidium guajava, l.) "enana roja cubana*. La Habana: Editorial Universitaria, 2015.

Ramos, Font. María; González, Rebollar. José & Robles, Cruz. Ana. Dispersión endozoócora de leguminosas silvestres: desde la recuperación hasta el establecimiento en campo. *Ecosistemas*. 24:14-21, 2015.

Ramos, Hernández, Leudiyanes; Arozarena, Daza, Noel Juan; Lescaille, Acosta, José; García, Cisneros, Fidel; Tamayo, Aguilar, Yonger; Castañeda, Hidalgo, Ernesto *et al.* Dosis de pectimorf® para enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 4 (SPE6):1093-1105, 2013.

- Ramos, Quirarte, A.; Bugarín, J. & Espinosa, María Magdalena. Evaluación del establecimiento en vivero de árboles tropicales con fines silvopastoriles en el estado mexicano de Nayarit. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 18 (2):144-149, 2011.
- Ranal, Marli A; Santana, Denise Garcia de; Ferreira, Wanessa Resende & Mendes-Rodrigues, Clesnan. Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Brazilian Journal of Botany*. 32 (4):849-855, 2009.
- Ridley, Brent L; O'Neill, Malcolm A & Mohnen, Debra. Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*. 57 (6):929-967, 2001.
- Rivera, Herrera, J. E.; Molina-Botero, Isabel & Chará-Orozco, J. Sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit: alternativa productiva en el trópico ante el cambio climático. *Pastos y Forrajes*. 40:171-183, 2017.
- Ruiz-Sánchez, Michel; Muñoz-Hernández, Yaumara; Dell Amico-Rodríguez, José M; Simó-González, Jaime & Cabrera-Rodríguez, Juan A. Evaluación de diferentes cepas de micorrizas arbusculares en el desarrollo de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones inundadas del suelo. *Cultivos Tropicales*. 37 (4):67-75, 2016.
- Ruiz, Sánchez Michel; Muñoz, Hernández Yaumara; Dell Amico, Rodríguez José M; Simó, González Jaime & Cabrera, Rodríguez Juan A. Evaluación de diferentes cepas de micorrizas arbusculares en el desarrollo de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones inundadas del suelo. *Cultivos Tropicales*. 37 (4):67-75, 2016.
- Ruiz, Sánchez, Michel; Muñoz, Hernández, Yaumara; Dell Amico, Rodríguez, José M; Simó, González, Jaime & Cabrera, Rodríguez, Juan A. Evaluación de diferentes cepas de micorrizas arbusculares en el desarrollo de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones inundadas del suelo. *Cultivos Tropicales*. 37 (4):67-75, 2016.

- Ruiz, T. E & Febles, G., Eds. *Sistemas silvopastoriles. Conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal*. San José de las Lajas, Cuba: EDICA, 1999.
- Ruiz, TE & Febles, G. Agrotecnia para el fomento de sistemas con leguminosas. *Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos.*(Ed. Milagros Milera). *EEPF" Indio Hatuey", Matanzas, Cuba-Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.*103, 2006.
- Saborío, F. Bioestimulantes en fertilización foliar. *Memoria del seminario de capacitación Fertilización foliar principios y aplicaciones. Centro de Investigaciones Agronómicas. Laboratorio de Suelos y Foliare. Universidad de Costa Rica. Recuperado de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%20Foliar.pdf>.* 2002.
- Sánchez, J. A ; Reino, J; Muñoz, Bárbara; González, Yolanda; Montejo, Laura & Machado, R. Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la emergencia y el vigor de plántulas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes.* 28 (3):209-220, 2005.
- Sánchez, Rendón, Jorge Alberto; Reino, Molina, Jorge Jesús; Pernús, Alvarez, Mayté; Morales, Querol, Dariel & Martín, Martín, Giraldo Jesús. Efecto de condiciones controladas en la germinación de cinco variedades de *Morus alba* L. *Pastos y Forrajes.* 40 (4):281-289, 2017.
- Sánchez, Santana, Tania; López-Vigoa, Onel; Iglesias-Gómez, Jesús Manuel; Lamela-López, Luis & Soca-Perez, Mildrey. The potential of silvopastoral systems for cattle production in Cuba. *Elem Sci Anth.* 6 (1), 2018.
- Sánchez, Saray; Hernández, Marta & Ruz, F. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios Management alternatives of soil fertility in livestock production ecosystems. *Pastos y Forrajes.* 34:375-392, 2011.

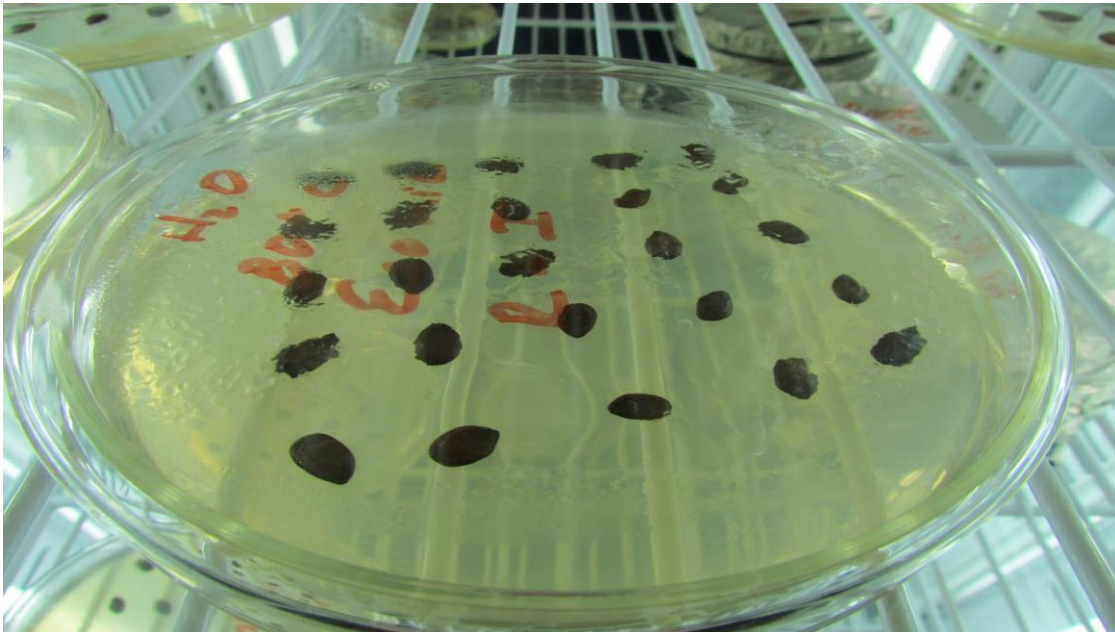
- Sánchez, Tania; Lamela, L & López, O. Caracterización de la comunidad vegetal en una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv.: Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 30 (4):0-0, 2007.
- Savatin, Daniel V; Ferrari, Simone; Sicilia, Francesca & De Lorenzo, Giulia. Oligogalacturonide-auxin antagonism does not require posttranscriptional gene silencing or stabilization of auxin response repressors in *Arabidopsis*. *Plant physiology*. 157 (3):1163-1174, 2011.
- Seguí, Esperanza; Machado, R & Wencomo, Hilda Bl. Informe final del Proyecto Caracterización botánica y morfoagronómica de una colección de *Leucaena* spp. y selección de las mejores accesiones para los sistemas agroforestales. *Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey*. 2002.
- Shelton, H Max & Gutteridge, Ross C. *Forage tree legumes in tropical agriculture*: Citeseer, 1994.
- Shelton, HM. Potential and limitations of *Leucaena* spp. for silvopastoral systems. 2000.
- Simón, Leonel *El Silvopastoreo: Un nuevo concepto de pastizal* 2012.
- Smith, Sally E; Facelli, Evelina; Pope, Suzanne & Smith, F Andrew. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil*. 326 (1-2):3-20, 2010.
- Solorio, FJ & Solorio, B. Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*. *Leucaena leucocephala*. 2008.
- Spaepen, Stijn; Vanderleyden, Jos & Remans, Roseline. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS microbiology reviews*. 31 (4):425-448, 2007.
- Suárez, Guerra, Lorenzo. *Efecto de PectiMorf® en la propagación in vitro de la yuca (Manihot esculenta C.), cultivares 'CMC-40' y 'Señorita'*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2016.

- Suárez, Guerra, Lorenzo & Hernández, Espinosa, María M. Efecto del Pectimorf® en el cultivo de ápices de plantas in vitro de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), clones CMC-40' y Señorita'. *Cultivos Tropicales*. 36 (4):55-62, 2015.
- Suárez, L & Hernández, María M. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en la propagación in vitro de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), var. CMC-40. *Cultivos Tropicales*. 29 (3):47-52, 2008.
- Suárez, L; Savatin, DV; Salvi, G; De Lorenzo, G; Cervone, F & Ferrari, S. The non-traditional growth regulator Pectimorf is an elicitor of defense responses and protects *Arabidopsis* against *Botrytis cinerea*. *Journal of Plant Pathology*. 177-180, 2013.
- Teles, Margareth Maria; Alves, Arnaud Azevêdo; Oliveira, José Crisóstomo Gomes de & Bezerra, Antonio Marcos Esmeraldo. Procedure for dormancy breakage in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Revista Brasileira de zootecnia*. 29 (2):387-391, 2000.
- Terrero, J. C. *Evaluación de 3 sustancias biostimulantes en el cultivo del pepino (Cucumis sativus, L.) en condiciones de organopónico*. 2010. <http://www.monografias.com/trabajos46/cultivo-pepino/cultivo-pepino.shtml>. . [diciembre del 2017], 2010.
- Terry, Alfonso, Elein; Ruiz Padrón, Josefa; Tejeda Peraza, Tamara & Reynaldo Escobar, Inés. Efectividad agrobiológica del producto bioactivo Pectimorf[R] en el cultivo del rabano (*Raphanus sativus* L). *Cultivos Tropicales*. 35:105-111, 2014.
- Toral, Odalys & González, Yolanda. Efecto del agua caliente en la germinación de diez especies arbóreas. *Pastos y Forrajes*. 22 (2), 1999.
- Torres, A; Alvarado, A; Chacón, E; Zerpa, A & Romero, R. Producción de semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en Venezuela. Conferencia para el III Cursillo: " El uso de recursos alimenticios para la producción de bovinos a

- pastoreo. Ed. Eds. *Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal*. Vallera. ULA-Trujillo, Venezuela. p. 7, 2002.
- Uribe, F; Zuluaga, AF; Murgueitio, E; Valencia, LM; Zapata, A; Solarte, LH *et al.* Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. T. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, Ed.). Bogotá, DC; 2011.
- Vallarino, José G & Osorio, Sonia. Signaling role of oligogalacturonides derived during cell wall degradation. *Plant Signaling & Behavior*. 7 (11):1447-1449, 2012.
- Van, Nguyen & Hanh, Thi. Application of chitosan solutions for rice production in Vietnam. *African Journal of Biotechnology*. 12 (4), 2013.
- Vázquez, E. & Torres, S. *Fisiología Vegetal 2da parte*. Editorial Félix Varela: La Habana. Cuba, 2006.
- Vega, Albi, Ana M. *Efecto del marco de siembra de Leucaena leucocephala en el comportamiento agronómico de una asociación*. Tesis presentada en opción al título académico en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, 2002.
- Velasco, José; Aguirre, Gino & Ortuño, Noel. Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 4 (2):71-83, 2016.
- Wencomo, Hilda B; Hernández, L & Seguí, Esperanza. Comportamiento de accesiones de *Leucaena* spp. en la fase de establecimiento. *Pastos y Forrajes*. 24 (2), 2001.

ANEXOS

Anexo I. Imágenes del experimento de germinación *in vitro* de semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham



Anexo II. Imágenes del experimento en la etapa de vivero



Anexo III. Imágenes del experimento durante la siembra directa en campo

