

Efecto del FitoMas-E sobre la germinación de semillas y calidad de plantas de *Chrysophyllum cainito* L. (caimito) en condiciones de vivero

Effect of FitoMas-E on seed germination and plant quality of *Chrysophyllum cainito* L. (caimito) in nursery conditions

Efeito do PhytoMas-E na germinação das sementes e qualidade das plantas de *Chrysophyllum cainito* L. (caimito) em condições de viveiro

Ana Gertrudis Trocones Boggiano^{1*}



<https://orcid.org/0000-0001-5769-2165>

Luis Alberto Delgado Fernández¹



<https://orcid.org/0000-0002-4675-1622>

¹Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez", Facultad Agropecuaria de Montaña Escambray, Departamento de Ciencias Agropecuarias. Sancti Spíritus, Cuba.

¹Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez", Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sancti Spíritus, Cuba.

*Autor para la correspondencia: anita@uniss.edu.cu

Recibido: 18 de octubre de 2019.

Aprobado: 21 de enero de 2020.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto del bionutriente FitoMas-E sobre la germinación de semillas y calidad de plantas de *Chrysophyllum cainito* L. (caimito), se diseñaron dos experimentos, completamente al azar, en un vivero rústico de la localidad montañosa Topes de Collantes. En el experimento, relacionado con la germinación, de semillas se aplicaron cinco tratamientos: inmersión en agua, escarificación mecánica, escarificación con ácido sulfúrico, inmersión en solución de FitoMas-E al 3 % y un testigo; mientras que en el experimento relacionado con la calidad de plantas se establecieron cuatro tratamientos consistentes en aplicación foliar del bionutriente en soluciones de diferentes concentraciones. En ambos casos se establecieron tres réplicas. Las variables evaluadas fueron: la germinación acumulada y total hasta los 50 días, así como los principales atributos e índices morfológicos de las plantas a los 150 días. Los datos obtenidos fueron sometidos a ANOVA simple y comparación de medias a través del test de rangos múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$). Los principales resultados pusieron de manifiesto la efectividad del FitoMas-E en ambos procesos, con un incremento en la germinación total de las semillas y adelanto en el inicio de la misma. En todos los tratamientos con el bionutriente se observaron valores



representativos de buena calidad en cuanto a los atributos e índices morfológicos, con diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo; los mejores resultados se obtuvieron con la disolución al 2 %.

Palabras clave: FitoMas-E; germinación; semillas; calidad; *Chrysophyllum cainito* L.; vivero.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of growth biostimulant FitoMas-E in the germination of seeds and seedlings quality of *Chrysophyllum cainito* L. (caimito), two totally randomized experiments were designed in a rustic nursery in Topes de Collantes mountainous town. In the experiment related with seeds germination, five treatments were applied consistent in water immersion, mechanical scarification, sulfuric acid scarification, immersion in a 3 % FitoMas-E solution and a control, while in the experiment related with seedling quality four treatments were set down consistent in foliar application of the growth biostimulant in solutions of different concentrations, three replicates were set down in both cases. The evaluated variables were the accumulated and total germination at 50 days, as well as the main morphological attributes and index at 150 days. A simple ANOVA test and means comparison through Duncan multiple ranges test ($p \leq 0,05$) were applied to the obtained data. The main results showed the effectiveness of FitoMas-E in both processes, with an increment in total germination of seeds and a decrease in the time of beginning. In all treatments with the growth biostimulant values of good quality for morphological attributes and index were obtained, with statistically significant differences respect to control (no applications); the best results were obtained with 2 % solution.

Keywords: FitoMas-E; germination; seeds; quality; *Chrysophyllum cainito* L.; nursery.

SÍNTESE

A fim de avaliar o efeito do bionutriente FitoMas-E na germinação da semente e na qualidade da planta do *Chrysophyllum cainito* L. (caimito), dois experimentos foram projetados, completamente ao acaso, em um viveiro rústico na cidade montanhosa de Topes de Collantes. No experimento, relacionado à germinação, foram aplicados cinco tratamentos: imersão em água, escarificação mecânica, escarificação com ácido sulfúrico, imersão em solução de PhytoMas-E a 3 % e um controle; enquanto no experimento relacionado à qualidade das plantas foram estabelecidos quatro tratamentos que consistiram na aplicação foliar do bionutriente em soluções de diferentes concentrações. Em ambos os casos, foram estabelecidas três réplicas. As variáveis avaliadas foram: germinação acumulada e total até 50 dias, assim como os principais atributos e índices morfológicos das plantas aos 150 dias. Os dados obtidos foram submetidos a ANOVA simples e comparação de meios através do teste de alcance múltiplo da Duncan ($p \leq 0,05$). Os principais resultados mostraram a eficácia do PhytoMas-E em ambos os processos, com um aumento da germinação total das sementes e avanço no início do mesmo. Em todos os tratamentos com o bionutriente, foram observados valores representativos de boa qualidade em termos de



atributos e índices morfológicos, com diferenças estatisticamente significativas em relação ao controle; os melhores resultados foram obtidos com a solução a 2 %.

Palavras-chave: PhytoMas-E; germinação; sementes; qualidade; *Chrysophyllum cainito* L.; viveiro.

INTRODUCCIÓN

El establecimiento de plantaciones con especies arbóreas, generalmente se ve afectado por diversos factores, entre los que se destacan el mal manejo de las mismas, la existencia de condiciones ambientales desfavorables y la utilización de plantas de mala calidad. Este último factor puede manejarse convenientemente, de forma tal que se realicen en la fase de vivero las labores adecuadas para que las plántulas obtenidas consigan su establecimiento exitoso en condiciones de plantación. El empleo de semillas de calidad y su manejo óptimo constituye el primer paso para lograr el éxito en el manejo silvicultural, crecimiento, rendimiento, calidad, productividad, competitividad y sostenibilidad de las plantaciones (Espitia *et al.*, 2017).

El estado nutricional de las plantas es de vital importancia para su buen desarrollo; es por eso que, dentro de las actividades que se realizan en los viveros forestales, la fertilización constituye una de las variables culturales con mayor influencia en la calidad de la planta producida, ya que actúa sobre el crecimiento, altera la composición nutritiva de los tejidos con efectos sobre el nivel de reservas, la capacidad de arraigo, la resistencia a estrés hídrico, entre otros; por tanto, se puede decir que interviene en todos los atributos de calidad que tradicionalmente se consideran en la caracterización de la planta forestal (Daza, 2010).

Entre los métodos que comúnmente se utilizan en los viveros, la fertilización foliar se presenta como un complemento importante que, si bien no sustituye la que se realiza al suelo, contribuye en gran medida a la corrección de las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos, al tiempo que mejora el rendimiento y la calidad del producto.

En los actuales esquemas de agricultura sostenible se ha venido aplicando esta técnica a nivel nacional e internacional, con buenos resultados en múltiples especies. Ello ha llevado a la producción y evaluación de diversos compuestos tales como Bayfolán, FitoMas-E, Enerplant, Pertimorf, Liplant, Biplant, Biostan, EcoMic, Biobras 16 y humus de lombriz líquido, entre otros. A pesar de los éxitos alcanzados, el mayor número de investigaciones se han realizado en cultivos agrícolas, viéndose más limitadas en especies arbóreas, donde el producto más estudiado hasta el momento ha sido el FitoMas-E Galindo (2010).

La importancia de valorar la influencia de este tipo de compuestos sobre el desarrollo de especies leñosas se justifica por la necesidad de buscar las alternativas más sencillas y económicas para propagarlas masivamente y poder responder así a los problemas de deforestación y pérdida de la biodiversidad. Para esto, es imprescindible que se produzcan plantas de buena calidad en el menor tiempo posible.



Actualmente, en Cuba se concede gran importancia a la producción de especies frutales, para garantizar la satisfacción de las necesidades alimentarias del país y el rescate de variedades que hoy constituyen una rareza en los campos cubanos, así como aumentar la diversidad biológica en fincas agroecológicas. Tal es el caso de *Chrysophyllum cainito* L. (caimito), que además de frutal, es un árbol de madera dura y pesada que puede ser utilizado también para planes de reforestación y restauración (Hernández *et al.*, 2009). La vía fundamental para la propagación de esta especie es la sexual; sin embargo, en la mayoría de las condiciones del país, la germinación de sus semillas es errática y con bajos porcentajes, las causas no se han estudiado con profundidad. Otra dificultad es el lento crecimiento de las plantas en vivero, lo cual provoca la permanencia de estas por un período de tiempo muy prolongado, encareciendo su producción; todo lo cual trae como resultado una planta de mala calidad con limitadas posibilidades de sobrevivir en el campo. Ante estas dificultades, se hace necesario la búsqueda de alternativas que contribuyan a minimizarlas, por lo que, el objetivo de esta investigación fue: evaluar el efecto del bionutriente FitoMas-E sobre la germinación de semillas y calidad de plantas de *Chrysophyllum cainito* L. (caimito) en condiciones de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y generalidades de la investigación

El estudio se desarrolló durante el período comprendido entre septiembre de 2016 a febrero de 2017), en áreas de la Unidad Docente de la Universidad de Sancti Spíritus (UD-FAME), ubicada en el macizo montañoso Guamuahaya, específicamente en la localidad de Topes de Collantes (21°53'20" N 80°00'20" O), municipio Trinidad. Durante este tiempo la temperatura media en el área fue de 20,8 °C, la precipitación media fue ligeramente superior a 100 mm y la humedad relativa por encima de 87 % según los datos registrados en la Estación Meteorológica de Topes de Collantes (Anexo 1). El tipo de suelo predominante es ferralítico rojo lixiviado, esta zona se encuentra a una altura aproximada de 760 msnm y presenta excelentes condiciones para el establecimiento de un gran número de especie frutales tanto nativas como exóticas. Las actividades económicas fundamentales son el turismo de naturaleza y la producción cafetalera.

Material vegetal utilizado

Se utilizaron semillas obtenidas a partir de los frutos maduros de árboles ubicados en áreas de la Estación Experimental de Suelos de Barajagua, provincia Cienfuegos colectados durante el mes de mayo de 2016, las que se secaron de forma natural y se almacenaron durante cuatro meses en frascos de cristal cerrados a temperatura ambiente, por lo que antes del montaje de los experimentos fueron sometidas a la prueba de flotabilidad para descartar posibles semillas inviables.

Envases, sustrato y riego

Se utilizaron bolsas de polietileno de tipo estándar que se llenaron manualmente con una mezcla de suelo ferralítico rojo lixiviado colectado en el "área del organopónico" de la UD-FAME cuyas propiedades químicas y físicas según Valero, Reyes y Cairo, (2016), se muestran en el Anexo 2 y materia orgánica de origen ovino, obtenida en una finca agroecológica de la localidad, conformándose un sustrato con proporción



3:1. Las bolsas se colocaron en un vivero rústico con malla plástica para la regulación de la intensidad luminosa. El riego se realizó de forma manual directamente al sustrato; la intensidad y frecuencia del mismo estuvo en correspondencia con el estadio de desarrollo de las plantas, siendo más frecuente e intenso durante los primeros 30 días (etapa de establecimiento), posteriormente, se redujo la frecuencia manteniendo la intensidad (etapa de crecimiento rápido) y en los últimos 30 días fue menor tanto la frecuencia como la intensidad (etapa de endurecimiento); este régimen de riego varió en dependencia del comportamiento de las precipitaciones (Anexo 2).

Sustancia estimuladora del crecimiento

La sustancia estimuladora del crecimiento utilizada fue el FitoMas-E, obtenida en la Empresa Agropecuaria "Ramón Ponciano" del municipio Fomento provincia Sancti Spíritus y las soluciones se prepararon en las instalaciones de la UD-FAME, de acuerdo con lo recomendado en la bibliografía especializada. El producto se presenta en forma líquida y en su composición química se encuentran 150 g.L⁻¹ de extracto orgánico, 55 g.L⁻¹ de Nitrógeno total, 60 g.L⁻¹ de K₂O y 31 g.L⁻¹ de P₂O₅ (Calero *et al.*, 2019).

El criterio de selección de esta sustancia estuvo determinado por la disponibilidad de la misma en la región, por contener macro y microelementos necesarios para la nutrición de las plantas y por los antecedentes que existen sobre su aplicación en especies leñosas como *C. odorata* (Mendoza, 2012), *S. mahagoni* (Bango *et al.*, 2013) y *T. elatum* (Falcón *et al.*, 2015). Las dosis, forma y frecuencia de aplicación del producto fueron determinadas a partir de una exhaustiva revisión bibliográfica y lo publicado por Montano, (2008) sobre los resultados de la aplicación del producto en diferentes cultivos, seleccionando para esta investigación dosis y frecuencias intermedias entre lo mínimo y lo máximo aplicado.

Experimento 1. Efecto del FitoMas-E sobre la germinación de semillas de *Chrysophyllum cainito* L.

Para el experimento se conformaron los siguientes tratamientos sobre la base de lo recomendado por varios autores para diferentes especies:

1. Testigo (Semillas sin tratar).
2. Remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas (Sánchez y Ramírez, 2006).
3. Escarificación mecánica: pequeña incisión en la testa por el lado opuesto a la radícula utilizando tenazas (Sánchez y Ramírez, 2006; Rojas y Torres, 2012).
4. Escarificación con ácido sulfúrico concentrado durante 10 minutos seguido de enjuagues con agua corriente (Martínez *et al.*, 2006).
5. Inmersión en solución de FitoMas-E al 3 % durante tres horas.

El experimento tuvo en diseño completamente aleatorizado donde se utilizaron 10 semillas por réplica, (30 por tratamiento).



Las variables evaluadas fueron:

- Germinación acumulada. (Número de semillas germinadas hasta los 50 días) mediante observación y registro cada cinco días.
- Germinación Total (%): calculado a través de la expresión matemática (Ecuación 1).

$$GT = \left(\frac{Nsg}{Nst} \right) 100$$

Donde:

Nsg fue el número de semillas germinadas;
Nst el número total de semillas sembradas.

Para el conteo de semillas germinadas se consideró la emergencia de la planta.

Experimento 2. Efecto de diferentes dosis de FitoMas-E sobre la calidad de plantas de *Chrysothamnus cainito* L. en condiciones de vivero

Constituyó un experimento independiente respecto al de germinación, cuya finalidad fue comprobar si una fertilización foliar de tipo estimulante con el bionutriente FitoMas-E tiene un efecto significativo sobre el crecimiento y calidad morfológica de las plántulas de la especie, por lo que se sembraron en bolsas de polietileno semillas previamente germinadas a partir del tratamiento que tradicionalmente se utiliza en la zona (escarificación mecánica) para evitar un efecto adicional del FitoMas-E. Se establecieron un total de 30 bolsas por tratamiento en un diseño completamente al azar.

Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Testigo. Sin aplicación de sustancias estimuladoras del crecimiento.
2. Tratamiento 1. FitoMas-E al 1 %.
3. Tratamiento 2. FitoMas-E al 3 %.
4. Tratamiento 3. FitoMas-E al 5 %.

Los mismos consistieron en aspersiones foliares del producto (soluciones) en horas de la mañana con frecuencia semanal, utilizando un frasco atomizador manual, durante 90 días contados a partir de la emergencia de las plantas. Las primeras aspersiones se realizaron cuando las plantas alcanzaron una altura de 5 cm.

Para la evaluación de las diferentes variables se utilizaron 15 plantas de cada tratamiento seleccionadas aleatoriamente evitando en todos los casos el efecto de borde. Las evaluaciones se realizaron 150 días posteriores a la siembra.



Los atributos morfológicos evaluados fueron los siguientes:

- Altura total de la planta (cm.): se midió con una regla graduada, desde la base del cuello de la raíz hasta el ápice.
- Número de hojas por planta: se determinó mediante conteo visual.
- Diámetro en el cuello de la raíz (DCR) (mm): Se midió con un pie de rey en el punto de unión entre el tallo y la raíz principal.
- Volumen de raíces (cm³): se determinó por el método de desplazamiento de agua.
- Biomasa de la parte aérea y de la radicular (g). Se separaron ambas partes con unas tijeras de jardinería y la masa se determinó con una balanza digital a una precisión de centésimas de gramo. Primero se registraron las masas húmedas y posteriormente se colocaron dentro de bolsas de papel en una estufa a 70 °C durante 72 horas (hasta obtención de masa constante) y finalmente se determinaron las masas secas de cada parte de la planta por separado.

Con las variables anteriores, se determinaron los siguientes índices de calidad de planta (Ecuación 2).

a) Relación altura/diámetro del cuello de la raíz o Índice de esbeltez (E): relaciona la altura en cm y el diámetro del cuello de la raíz en mm de la planta y se determinó mediante la siguiente expresión matemática:

$$H/D = \frac{\text{Altura total (cm)}}{\text{DCR (mm)}}$$

b) Relación parte aérea/parte radicular: se calculó mediante la división de los valores de biomasa seca aérea entre los de la radicular. Refleja el desarrollo de la planta en vivero, para especies de crecimiento normal.

c) Índice de calidad de Dickson (QI): reúne varios atributos morfológicos en un solo valor que es usado como índice de calidad; mientras mayor sea el valor de este índice resultará mejor la calidad de las plantas y se calculó mediante la expresión matemática (Ecuación 3).

$$QI = \frac{\text{Biomasa seca total de la planta (g)}}{E + \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radicular (g)}}}$$

d) Índice de lignificación (IL): relaciona la masa seca total y la masa húmeda total de la planta, el cual determina el porcentaje (%) de lignificación. Se calculó mediante la expresión matemática (Ecuación 4).

$$IL = \left(\frac{\text{Biomasa seca total de la planta (g)}}{\text{Biomasa húmeda total de la planta (g)}} \right) 100$$



Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza de clasificación simple utilizando el paquete Statgraphics ver. 5.0. La comparación de medias y determinación de grupos homogéneos se realizó mediante el test de rangos múltiples de Duncan al 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del FitoMas-E sobre la germinación de semillas de *Ch. cainito*

Los tratamientos aplicados a las semillas de *Ch. cainito* provocaron efectos diferentes sobre el inicio de la germinación y el número de semillas germinadas.

El bionutriente adelantó el inicio de la germinación cinco días respecto a la escarificación mecánica, que es el tratamiento que tradicionalmente se aplica a las semillas de la especie en la zona, y 15 días en relación al testigo. La aplicación de ácido sulfúrico concentrado retrasó significativamente el inicio de la germinación y no favoreció un incremento del número de semillas germinadas, lo que pudo estar dado por daños al embrión provocados por esta sustancia. Los resultados obtenidos respecto al inicio de la germinación, con la aplicación del bionutriente, la escarificación mecánica y la inmersión en agua, se encuentran dentro del rango referido para la especie de entre 15 y 25 días (Rojas y Torres, 2012) (Figura 1).

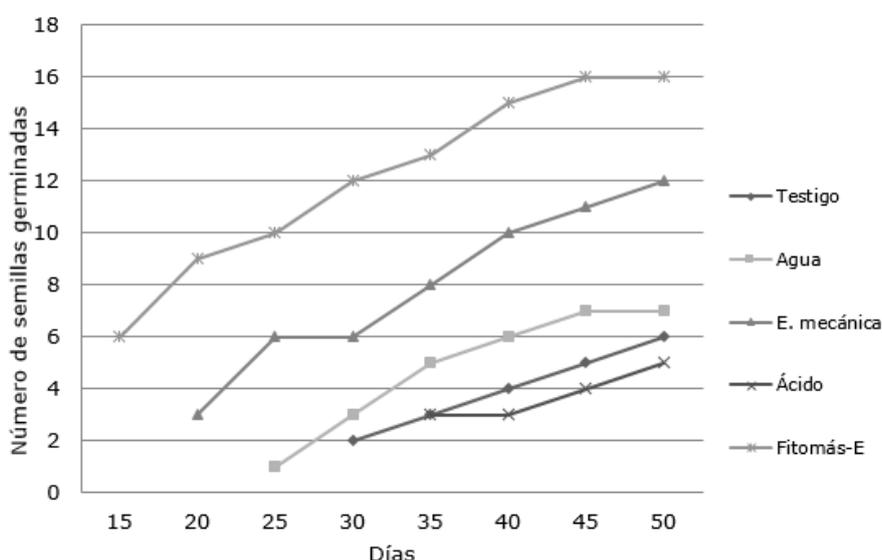


Figura 1.- Dinámica de germinación de las semillas de *Ch. cainito* bajo el efecto de diferentes tratamientos

Estos resultados corroboran que las semillas de esta especie presentan latencia, lo cual constituye un obstáculo para lograr germinaciones rápidas en vivero; se pone de manifiesto que cuando las semillas no fueron sometidas a ningún tratamiento pregerminativo (testigo), el inicio de la germinación tuvo lugar a los 30 días y un bajo número de semillas lograron germinar, o sea, se constató retraso e irregularidad en el proceso. Según Rojas y Torres, (2012), elevados porcentajes de germinación



de las semillas de caimito se logran solo si estas son sembradas inmediatamente después de su cosecha; por lo que el comportamiento observado en esta investigación también pudo estar influenciado por el tiempo y condiciones de almacenamiento a que estuvieron sometidas las semillas utilizadas.

Por otro lado, la respuesta germinativa a la aplicación del bionutriente FitoMas-E sugiere que la latencia puede estar determinada por la presencia de sustancias inhibitoras que se eliminan con la adición de estimuladores del crecimiento (latencia química), pues según *Hernández et al., (2009)*, esta fruta presenta una pulpa compuesta por altas concentraciones de azúcares totales (hasta $185.9 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y otras sustancias. Muchos bionutrientes se utilizan también para mejorar la germinación cuando el tipo de latencia es física, ya que la composición química de los mismos a menudo provoca modificaciones en la permeabilidad de la membrana de las células de la semilla; por lo que, teniendo en cuenta los resultados obtenidos y que al aplicar la escarificación mecánica se obtuvieron buenos resultados respecto a los demás tratamientos, se puede pensar en la presencia de estos dos tipos de latencia en las semillas de la especie.

El marcado efecto del bionutriente FitoMas-E sobre la velocidad y capacidad germinativa respecto al resto de los tratamientos, constituye un resultado muy importante si se tiene en cuenta la influencia de estos procesos sobre el mejoramiento del diámetro de las plántulas, siendo este una medida de la robustez, el cual se ha considerado como el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo (*Sánchez et al., 2016*). De igual manera, quedó demostrado que este preparado biológico es eficaz para romper la latencia de semillas de diferentes especies, en correspondencia con lo referido por *Serbelló, et al., (2014)*.

Aunque en ningún caso se obtuvieron altos porcentajes, la aplicación del bionutriente incrementó la germinación total hasta los 50 días, en más de un 10 %, respecto a la escarificación mecánica, que fue el segundo tratamiento más efectivo y en más de un 30 % respecto al testigo (Figura 2).

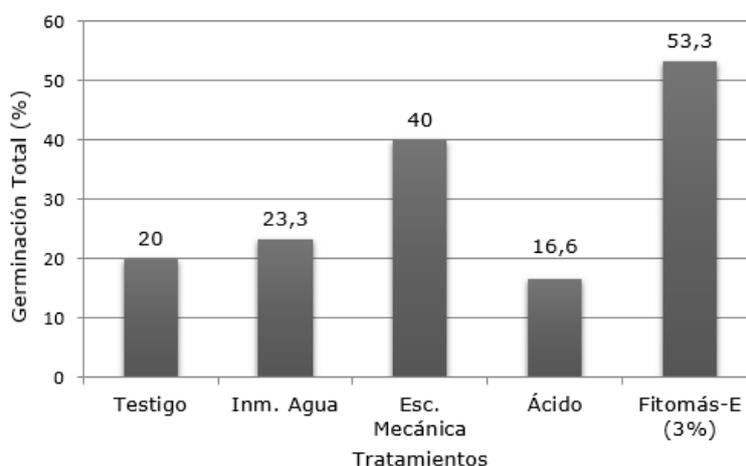


Figura 2. - Comportamiento de la germinación total de las semillas de *Ch. cainito* hasta los 50 días



Los resultados indican que, el bionutriente compuesto por sustancias minerales y bioquímicas de alta energía, pudo penetrar con facilidad hacia el interior de las semillas y potenciar el proceso de germinación, por lo que, se infiere que esta sustancia pudo actuar de dos maneras fundamentales: eliminando sustancias inhibitoras de la germinación; modificando la permeabilidad de la testa dura que presentan las semillas de esta especie o ambas inclusive.

Martínez *et al.*, (2006) refieren que la respuesta de semillas a la aplicación exógena de sustancias estimuladoras del crecimiento hace suponer que las mismas son permeables, aunque presenten una testa dura, lo cual apunta más hacia la presencia de una latencia fisiológica o química, que física, pues la penetración de las sustancias estimula la maduración del embrión con el consecuente aumento de la germinación.

La respuesta negativa de las semillas de *Ch. cainito* al tratamiento con ácido sulfúrico sugiere que, tanto el tiempo de inmersión como la concentración utilizada fueron letales para el embrión en la mayoría de las semillas. Estos resultados contrastan con lo planteado por Muñoz *et al.*, (2009), quienes han manifestado que en numerosas especies con semillas de testa dura se obtienen índices de germinación superiores al 95 % aplicando este tipo de tratamiento.

Álvarez *et al.*, (2004) plantean que las plantas de *Ch. cainito* emergieron entre los 25 y 28 días después de la siembra al ser sometidas las semillas a escarificación mecánica y la combinación de este tratamiento con inmersión en giberelina durante 24 h. Así mismo, constataron entre un 80 y un 87 % de germinación de las semillas sometidas a estos tratamientos; resultados superiores a los obtenidos en esta investigación.

Efecto de diferentes dosis de FitoMas-E sobre la calidad de plantas de *Chrysophyllum cainito* L. en condiciones de vivero

Se muestran los resultados obtenidos al evaluar el efecto del FitoMas-E sobre las variables morfológicas de las plantas de *Ch. cainito*. Se evidencia que la aplicación del bionutriente mejoró significativamente la mayoría de estas variables con diferencias estadísticas respecto al testigo (Tabla 1).



Tabla 1. - Efecto del FitoMas-E sobre los principales atributos morfológicos de plantas de *Ch. cainito* en condiciones de vivero

TRATAM	ALTURA (cm)	DCR (mm)	No. de HOJAS	VOL. de RAIZ (cm ³)	LONG. RAIZ PPAL (cm)
Testigo	28,79 ^c	4,93 ^c	28,9 ^c	2,63 ^c	30,1 ^b
Fitomás- E 1%	29,55 ^b	5,52 ^b	31,9 ^b	6,96 ^b	29,9 ^c
Fitomás- E 2%	30,39 ^a	6,84 ^a	36,5 ^a	7,50 ^a	32,35 ^a
Fitomás- E 3%	28,61 ^c	5,14 ^b	32,6 ^b	6,62 ^b	31,3 ^{ab}
Es	0,39	0,13	0,95	0,13	0,34
CV (%)	4,13	6,73	5,64	5,69	3,52

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según Duncan ($p \leq 0,05$)

En todos los tratamientos se obtuvieron valores que se encuentran dentro del rango deseable para latifolias según [Santiago et al., \(2007\)](#); se destaca la aplicación del FitoMas-E al 2 %, con resultados significativamente superiores al resto desde el punto de vista estadístico ($p \leq 0,05$).

Los valores de DCR y volumen de raíces obtenidos con la aplicación del bionutriente son relevantes, ya que muchos autores plantean que estos atributos son los mejores predictores de la supervivencia en campo. Un adecuado balance entre ellos evita que se envíen a condiciones de plantación plántulas con grandes diámetros y pobres sistemas radiculares o viceversa, lo cual es uno de los factores que determina el éxito de la misma. Con la aplicación de las diferentes dosis de FitoMas-E se obtuvieron DCR superiores a 5 mm, lo que indica que estas plantas mostrarán mayor resistencia al doblamiento y tolerarán mejor los daños por plagas y fauna nociva al ser llevadas a campo ([Muñoz et al., 2014](#)). De igual manera, resaltan las mejores características que presentó el sistema radicular de estas plantas respecto a aquellas en que no se aplicó el producto, lo que significa que los tratamientos fueron muy efectivos para el desarrollo de raíces secundarias, lo cual aumenta las posibilidades de explorar el suelo para captar agua y nutrientes.

En general, con la dosis intermedia se obtuvieron los mejores valores en todos los atributos morfológicos evaluados, lo que sugiere que la composición química del sustrato empleado aportó elementos que se complementaron con la aplicación foliar del bionutriente, alcanzando concentraciones suficientes para que las plántulas alcanzaran un estado nutricional óptimo de acuerdo con la fase de desarrollo en que estas se encontraban al momento de la evaluación. Como se sabe, el movimiento de nutrientes está estrechamente relacionado con la demanda de las plantas, cuando la disponibilidad de estos excede la demanda, tienen lugar una serie de procesos, tanto a nivel de suelo, como a nivel de planta para lograr el equilibrio y corregir dicho exceso; esto quiere decir que existe un sistema de control que les permite reducir o detener la absorción de un determinado nutrimento cuando este se encuentra en un



nivel adecuado. Por otro lado, entre los factores externos que afectan la penetración de nutrientes a través de las hojas se encuentran la concentración del producto y el estado nutricional de la planta (Fernández *et al.*, 2015), por lo que los resultados obtenidos pueden encontrar una explicación en estos aspectos: al incrementarse la concentración de la solución del bionutriente y las plantas estar en un estado nutricional óptimo, el producto no fue completamente absorbido y el crecimiento no se vio influenciado por el aumento de la concentración.

Similar efecto del bionutriente FitoMas-E constataron Mendoza, (2012) y Bango *et al.*, (2013) en las especies forestales cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba antillana (*Swietenia mahagoni* L., Jacq.) respectivamente, quienes al combinar la aplicación del producto con la inoculación de micorrizas obtuvieron un mejoramiento significativo en los atributos morfológicos de las plantas durante la etapa de vivero.

Las aplicaciones foliares del bionutriente también fueron efectivas para incrementar la producción de biomasa. Existieron diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicó el producto y de estos respecto al testigo (Tabla 2). Estos resultados corroboran el efecto estimulador del compuesto, sobre todo, su acción a nivel foliar.

Tabla 2.- Efecto del FitoMas-E sobre la producción de biomasa en plantas de *Ch. cainito* en condiciones de vivero

TRATAM	BFA(g)	BFR (g)	BSA (g)	BSR (g)	BSA/BSR
Testigo	22,45 ^d	9,69 ^b	9,29 ^c	3,70 ^c	2,51 ^{bc}
Fitomás- E 1%	30,74 ^b	11,15 ^a	10,10 ^b	3,95 ^c	2,55 ^c
Fitomás- E 2%	29,44 ^c	9,88 ^b	9,61 ^c	4,15 ^b	2,31 ^a
Fitomás- E 3%	31,57 ^a	11,28 ^a	11,28 ^a	4,48 ^a	2,51 ^{bc}
Es	0,24	0,25	0,15	0,08	0,06
CV (%)	2,53	7,39	4,63	6,47	4,87

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según Duncan ($p < 0.05$)
Legenda: BFA= Biomasa fresca aérea; BFR= Biomasa fresca radicular; BSA= Biomasa seca aérea; BSR= Biomasa seca radicular.

La mayor producción de biomasa aérea y radicular obtenida con la dosis más alta del producto, no se reflejó en un mejor equilibrio entre ambas partes de las plantas (BSA/BSR); en este sentido, la dosis intermedia fue más efectiva, lo que indica un desarrollo más proporcionado entre la parte absorbente y la fotosintetizante.

Sotolongo *et al.*, (2010), han hecho referencia a la importancia de que esta relación se encuentre en el rango de 1.5 a 2.5 para que las plantas sean llevadas a campo en mejores condiciones de adaptabilidad, y puedan superar determinado estrés al llegar al sitio, partiendo de que en muchos casos las labores de preparación de suelo para las especies forestales no son las más idóneas.



Estos resultados coinciden con los obtenidos en otras especies leñosas tales como *C. odorata* (Mendoza, 2012), *T. elatum* (Falcón *et al.*, 2015) y *C. arabica* (Gutiérrez y Gaskin, 2017), donde la aplicación de diferentes dosis de FitoMas-E incrementó la producción de materia seca de las plantas en condiciones de vivero.

En el caimito, el bionutriente también mostró un efecto significativo sobre los índices morfológicos, con diferencias respecto al testigo, a excepción del índice de lignificación (Tabla 3), con la dosis intermedia se obtuvieron los mejores resultados.

Tabla 3.- Efecto del FitoMas-E sobre los principales índices morfológicos que caracterizan la calidad de plantas de *Ch. cainito* en condiciones de vivero

TRATAM	IE	QI	IL (%)
Testigo	5.83 ^d	1.55 ^d	40.41 ^a
Fitomás- E 1%	5.26 ^b	1.79 ^c	33.54 ^c
Fitomás- E 2%	4.39 ^a	2.05 ^a	34.99 ^c
Fitomás- E 3%	5.59 ^c	1.94 ^b	36.77 ^b
Es	0.12	0.03	0.62
CV (%)	7.35	5.67	5.57

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según Duncan ($pd^{*}0.05$)

Leyenda: IE= Índice de Esbeltez; QI= Índice de calidad de Dickson; IL=Índice de lignificación

Los valores de esbeltez están íntimamente relacionados con el DCR; a pesar de que existieron diferencias significativas entre los tratamientos, en todos los casos este índice se mantuvo por debajo de seis, que es lo deseable para especies latifolias, lo que permite inferir que la densidad de plantas fue adecuada y expresa las potencialidades de estas para la sobrevivencia y el crecimiento de acuerdo con su espacio vital.

El mejor valor en cuanto al índice de calidad de Dickson se obtuvo al aplicar la dosis intermedia del FitoMas-E (2 %), con diferencias significativas desde el punto de vista estadístico respecto al resto de los tratamientos, lo cual corrobora el mejor desarrollo de estas plantas en términos generales y, al mismo tiempo, el equilibrio entre las fracciones aérea y radicular.

En cuanto al índice de lignificación, el testigo y la mayor dosis de FitoMas-E mostraron superioridad; con estos tratamientos se obtuvieron los menores valores de altura, lo cual coincide con los resultados de Villalón *et al.*, (2016), quienes en *Quercus canby* Trel. constataron una relación inversamente proporcional entre este atributo morfológico y la lignificación.



La aplicación del bionutriente FitoMas-E fue más efectiva para el incremento de la germinación total, y para el adelanto del inicio de este proceso en las semillas de *Chrysophyllum cainito* L. (caimito), en comparación con otros métodos que se utilizan tradicionalmente.

La nutrición foliar con una solución de FitoMas-E al 2 % fue efectiva para elevar la calidad de las plantas de *Ch. cainito* en condiciones de vivero hasta los 150 días con incrementos significativos en la mayoría de los atributos e índices morfológicos evaluados.

Anexo 1. - Comportamiento de las principales variables climáticas durante el estudio

Meses	Precipitaciones (mm)	Humedad (%)	Temperatura media (°C)
Septiembre/16	141.6	87	22.8
Octubre/16	224	88	22.4
Noviembre/16	160	92	20.8
Diciembre/16	14.8	90	20.3
Enero/17	43.1	83	18.6
Febrero/17	65	86	20.1
Promedio	108,08	87,66	20,83

Fuente: registro de la Estación Meteorológica Topes de Collantes.

Anexo 2. - Caracterización y clasificación del suelo utilizado en la investigación

	Característica	Valor	Clasificación
QUÍMICAS	pH (H ₂ O)	4,61	Muy ácido
	pH (KCl)	3,72	Ácido
	M.O. (%)	3,56	Mediano
	P ₂ O ₅ (mg.100g ⁻¹)	6,87	Mediano
	K ₂ O (mg.100g ⁻¹)	8,20	Mediano
	Y ₁ (cmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)	4,79	Muy alta
	Y ₂ (cmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)	0,41	Baja
	Al (cmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)	0,11	Baja
FÍSICAS	L.I.P (% H.b.s.s)	29,09	
	L.S.P (% H.b.s.s)	47,15	
	IP	18,06	Medianamente plástico
	F.E. (%)	60,35	Regular
	A.E. (%)	44,84	Satisfactorio
	Perm. (log 10K)	1,97	Adecuada

Fuente: Valero, Reyes y Cairo, (2016).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, R.; BRICEÑO, J.; GRATEROL, C.; QUINTERO, I.; ZAMBRANO, J.; MATERANO, W. y MAFFEI, M. 2004. *Evaluación de algunos métodos y prácticas de propagación en la especie caimito Chrysophyllum cainito L. II Asexual*. Rev. Fac. Agron. (LUZ), [en línea], vol. 21, no. 1, pp. 54-59. [Consulta: 18 enero 2017]. Disponible en: https://www.academia.edu/3349739/Evaluaci%C3%B3n_de_algunos_m%C3%A9todos_y_pr%C3%A1cticas_de_propagaci%C3%B3n_en_la_especie_caimito_Chrysophyllum_cainito_L._II_Asexual.
- BANGO FOLGOSO, J. C. y TORRES MARTÍNEZ, L. 2013. *Alternativas biológicas para la obtención de posturas de Caoba antillana en la etapa de vivero*. DELOS: Desarrollo Local Sostenible [en línea], vol. 6, no. 16, pp. 15. [Consulta: 18 enero 2017]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6426880>.
- CALERO, A., QUINTERO, E., PÉREZ, Y., OLIVERA, D., PEÑA, K. y JIMÉNEZ, J. 2019. *Efecto entre microorganismos eficientes y Fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, vol. 17, no. 1, pp. 25-33. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612019000100025&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- DAZA, A. 2010. *Fertilización y tratamientos biológicos en los viveros forestales*. I Curso de Gestión de viveros forestales. Alcalá del Río, Sevilla. España: Centro de Investigación y Formación Agraria "Las Torres-Tomejil". Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80-373/6_FERTILIZACION_Y_TRATAMIENTOS_BIOLOGICOS.PDF
- ESPITIA CAMACHO, M. CARDONA AYALA, C. y ARAMÉNDIZ TATIS, H. 2017. *Morfología y viabilidad de semillas de Bombacopsis quinata y Anacardium excelsum*. Cultivos Tropicales, vol. 38, no. 4, pp. 75-83. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400012
- FALCÓN OCONOR, E.; RODRÍGUEZ LEYVA, O. y RODRÍGUEZ MATOS, Y. 2015. *Aplicación combinada de micorriza y FitoMas-E en plantas de Talipariti elatum (sw.) fryxell (majagua)*. Cultivos Tropicales, vol. 36, no. 4, pp. 35-42. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000400005
- FERNÁNDEZ, V., SOTIROPOULOS, T y BROWN, P. 2015. *Fertilización foliar: principios científicos y práctica de campo*. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) Paris, Francia, 159 pp [Consulta: 20 febrero 2017] Disponible en: http://www.guiaverde.com/files/company/03032016122136_libro_2015_foliar_fertilizers_spanish_def.pdf



- GALINDO, A. 2010. *FitoMas-E*. Revista ACPA [en línea], vol. 2, no. 17. [Consulta: 15 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.icidca.cu/Productos/Fitomas1.html>
- GUTIÉRREZ BENÍTEZ, J. R. y GASKIN ESPINOSA, B. 2017. *Aplicaciones de "Fitomas e" en posturas de cafeto variedad Caturra rojo*. Revista Ingeniería Agrícola, vol. 7, no. 1, pp. 16-21. Disponible en: <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/508/509>
- HERNÁNDEZ SÁNCHEZ, M. L.; HERNÁNDEZ FUENTES, A.; ELORZA MARTÍNEZ, P.; LÓPEZ HERRERA, M. y LÓPEZ JIMÉNEZ, M. A. 2009. *Caracterización de frutos de caimito (Chrysophyllum cainito L.) en el estado de Veracruz, México*. Revista 70 UDO Agrícola [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 70-73. [Consulta: 30 marzo 2018]. ISSN 1317-9152. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3293762>.
- MARTÍNEZ PÉREZ, G.; OROZCO SEGOVIA, A. y MANTORELL, C. 2006. *Efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies leñosas de la Mixteca Alta Oaxaqueña con características relevantes para la restauración*. Boletín de la Sociedad Botánica de México, No. 79, pp. 9-20. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57707902>
- MENDOZA, M, G. 2012. Evaluación de los biofertilizantes FitoMas-E y micorrizas arbusculares en posturas de Cedro (*Cedrela odorata* L.). Universidad de Granma. Facultad de Ciencia y Técnica, Departamento de Procesos Agroindustriales.
- MONTANO MARTÍNEZ, R. 2008. *FitoMas-E, bionutriente derivado de la industria azucarera. Composición, mecanismos de acción y evidencia experimental*. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de azúcar (ICDCA). MINAZ. La Habana, Cuba. 35 pp. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120666002.pdf>
- MUÑOZ FLORES, H. J.; SÁENZ REYES, J. T.; Coria Avalos, V. M.; García Magaña, J. J.; HERNÁNDEZ RAMOS, J. y Manzanilla Quijada, G. E. 2014. *Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 6, no. 27, pp. 72-89. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000100007
- MUÑOZ, B. C.; SÁNCHEZ, J. A.; MONTEJO, L. A.; GONZÁLEZ, Y. y REINO, J. 2009. *Valoración germinativa de 20 accesiones de leguminosas almacenadas en condiciones desfavorables*. Pastos y Forrajes, vol. 32, no. 3, 15 pp. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000300005
- ROJAS RODRÍGUEZ, F. y TORRES CÓRDOBA, G. 2012. *Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción. Caimito (Chrysophyllum cainito L.)* Revista Forestal Mesoamericana Kurú, vol. 9, no. 23, pp. 45-46. Disponible en: <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/491>



- SÁNCHEZ AGUILAR, H.; ALDRETE, A.; VARGAS HERNÁNDEZ, J.; ORDAZ CHAPARRO, V. 2016. *Influencia del tipo y color de envase en el desarrollo de plantas de pino en vivero*. *Agrociencia*, vol. 50, no. 4, pp. 481-492. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000400481
- SÁNCHEZ PAZ, Y. y RAMÍREZ VILLALOBOS, M. 2006. *Tratamientos pregerminativos en semillas de Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. y Prosopis juliflora (Sw.) DC.* Rev. Fac. Agron. (LUZ) [en línea], vol. 23, no. 3, pp. 257-272 [Consulta: 3 junio 2018]. ISSN 0378-7818. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-78182006000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- SANTIAGO, O., T; SÁNCHEZ, MONSALVO V. MONROY R. C., GARCÍA S. G. 2007. *Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor*. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto técnico Núm. 44. Veracruz, México. 73 pp. Disponible en: <http://cvforestal.upr.edu.cu/resource/download.html/576/resource.resource.b5aceb18b4dc3b02.4d616e75616c2064652076697665726f7320566f6c756d656e20332e706466.pdf>
- SERBELLÓ GUZMÁN, F. G.; MESA REYNALDO, J. R.; SOTO ORTIZ, R. 2014. *Efecto de diferentes alternativas biológicas, sobre el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas de fruta bomba (Carica papaya L.)*. *Revista Científica Agroecosistemas*, vol. 2, no. 1, pp. 247-253. Disponible en: https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/34/pdf_23
- SOTOLONGO SOSPEDRA, R.; GEADA LÓPEZ, G. y COBAS LÓPEZ, M. 2010. *Fomento Forestal*. La Habana. Editorial: Félix Varela. 287 p. Disponible en: <https://isbn.cloud/9789590712944/fomento-forestal/>
- VALERO CHONG, V. M.; REYES HERNÁNDEZ, A. y CAIRO CAIRO, P. I. 2016. *Evaluación de las propiedades químicas y físicas de un suelo ferralítico rojo lixiviado en Topes de Collantes para una producción sostenible*. *Revista Científica Agroecosistemas* [en línea], vol. 4, no. 2, pp. 53-53. [Consulta: 30 marzo 2018]. ISSN 2415-2862. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/86>.
- VILLALÓN MENDOZA, H.; RAMOS REYES, J.C.; VEGA LÓPEZ, J.A.; MARINO, B.; MUÑOZ PALOMINO, M.A. y GARZA OCAÑAS, F. 2016. *Indicadores de calidad de la planta de Quercus canby Trel. (encino) en vivero forestal*. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, vol. 12, no. 1, pp. 46-52. Disponible en: <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v12-n1-5-indicadores-de-calidad-de-la-planta-de-quercus-canby-Trel-encino-en-vivero-forestal.pdf>



Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2020 Ana Gertrudis Trocones Boggiano, Luis Alberto Delgado
Fernández

