



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**TÍTULO:** Efecto de dos sustratos y el bioproducto IHPLUS-BF® sobre la emergencia y el comportamiento morfoagronómico en plántulas de *Cratylia argentea* en vivero.

**AUTOR:** Adner Perdomo Gómez

**TUTOR:** Dr.MVZ. Yuván Contino Esquijerosa, MSc.

Ing. Jorge Jesús Reino Molina, MSc.

Dr.MV Mildrey Soca Pérez, DrC.

Dr.MV Odelín Brea Maure, DrC.

**Matanzas, 2023.**



# *Pensamiento*

*"...que la enseñanza científica vaya, como la savia en los árboles, de la raíz al tope de la educación pública. Que la enseñanza elemental sea ya elementalmente científica: que en vez de la historia de Josué, se enseñe la formación de la Tierra".*

*José Martí.*



# *Declaración de autoridad*

Declaro que yo, **Adner Perdomo Gómez** soy el único autor de este Trabajo de Diploma o Ejercicio Profesional por lo que autorizo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

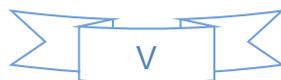


# *Dedicatoria*

- ✓ **A mis Padres**, por brindarme su apoyo y sus conocimientos
- ✓ **A mi Familia**, por apoyarme y animarme en esta etapa más importante de mi vida
- ✓ **A mis Profesores y Tutores** por ser la guía inspiradora en la búsqueda del nuevo conocimiento

# *Agradecimientos*

- ✓ **A mis Padres y Familias**, los que han dedicado importantes horas en mi formación profesional
- ✓ **A nuestro Claustro de Profesores**, que me han guiado por el camino del conocimiento y la búsqueda de la sabiduría, los que han hecho posible mi formación profesional.
- ✓ A todo aquel que hizo posible el desarrollo de este Trabajo de Diploma en particular, **a mis Tutores y Profesores** por ser las guías en la consecución del presente Trabajo de Diploma.
- ✓ **A La Revolución**, que me dio la oportunidad de convertirme en un profesional.



# Opinión de los Tutores

**Cratylia es una leguminosa arbustiva, empleada para alimentación del ganado en zonas tropicales. Es originaria de Brasil, es una planta con alto contenido de proteína, se usa para complementar la dieta del ganado que solo come pasto. Se usa en ganado de leche y de engorde.**

De manera tradicional, se han empleado métodos de fertilización convencional con productos químicos, los que por su efecto residual constituyen contaminantes del suelo y del ambiente unido al elevado costo que esto conlleva. En tal sentido, se precisa del empleo de bioproductos y sustratos de producción nacional, capaces de sustituir estos productos químicos y que eleven el rendimiento productivo. IHPLUS®-BF como producto natural formado por: bacterias ácido lácticas, fototróficas, levaduras y hongos benéficos muestra un favorable desempeño en el comportamiento morfoagronómico de las plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero, con el uso de dos proporciones (70:30, y 50:50) de Suelo y Materia Orgánica, objetos de estudio en la presente Tesis de Diploma.

En este sentido, el estudiante Adner Perdomo Gómez realizó su investigación con el objetivo de evaluar el efecto de dos sustratos y el del bioproducto IHPLUS-BF® sobre el comportamiento morfoagronómico de las plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero.

El estudiante manifestó disciplina e interés en la realización del presente estudio, con importante vínculo con sus compañeros y especialistas de la Estación y con sus Tutores los que le dirigieron sus investigaciones, mostró dominio en la temática, independencia y creatividad, con la oportuna asimilación de los criterios ofrecidos, lo que le permitió el alcance de muy buena calidad en la Tesis de Diploma que hoy propone. Es meritorio destacar la amplia revisión de la bibliografía consultada y citada en varios idiomas, lo cual avala que hizo un uso adecuado de los conocimientos adquiridos durante su carrera, con total dedicación de su parte, a pesar de las dificultades en las que estuvo inmerso, continuos apagones, falta de combustible, agenda trabajo laboral y la atención de la salud familiar, dedicó importante parte de sus vacaciones a la misma.

**En nuestra responsabilidad de Tutores, asumimos la responsabilidad con los aciertos y dificultades que el documento de Tesis pudiere presentar. El mismo reúne todos los requisitos para su acto de defensa como Trabajo de Diploma para la evaluación final de la carrera de Agronomía ante el tribunal designado.**

**Muchas Gracias.**

# Resumen

El experimento se desarrolló en el Patio Agroecológico “La Luz”, ubicado en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, Comunidad España Republicana vinculado al programa de Agricultura Urbana y Sub-urbana, de Referencia Nacional integrado al Movimiento Usuarios del Biogás (MUB). El mismo se ejecutó entre los meses de julio y agosto de 2023 con el objetivo de evaluar el efecto de tres sustratos y el bioproducto IHPLUS–BF® sobre el comportamiento morfoagronómico de plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero. Los tratamientos consistieron en la evaluación de tres proporciones de sustratos (Suelo, 70:30 y 50:50 de suelo-materia orgánica con la inoculación del bioproducto IHPLUS-BF® al 2% previo a la siembra de las semillas. Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA) con tres tratamientos (un control-Suelo y dos experimentales-proporciones en suelo y materia orgánica) y tres réplicas (R1, R2 y R3). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia (%), altura de la planta (cm), número de hojas (No), así como la presencia de plagas. Se evaluó el contenido en gramos (gr) de la clorofila, flavonoides, antocianinas y nitrógeno en las plántulas. Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza simple. Se empleó el paquete estadístico SPSS Versión 21.0 con una significación de 0.05. El bioproducto IHPLUS–BF® inoculado a los sustratos mostró mejor comportamiento en la emergencia en los sustratos suelo, proporción de suelo y materia orgánica de 50:50 y 70:30 con un comportamiento morfoagronómico, foliar y radicular adecuado en las plántulas de *Cratylia argentea*. No se presentó plagas y enfermedades en *Cratylia argentea* tras el estudio de la aplicación del bioproducto IHPLUS-BF® inoculado en tres sustratos en cepellón. La clorofila y nitrógeno mostraron diferencias numéricas y estadísticas entre los grupos control y experimentales con los flavonoides y antocianinas en las plántulas de *Cratylia argentea* en un similar comportamiento. El costo total durante el estudio ascendió a 4376,40 CUP en plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero desde el punto de vista económico.

**Palabras clave:** Sustratos, Bioproducto, IHPLUS-BF®, *Cratylia argentea*, Vivero, Comportamiento morfoagronómico.

# Abstract

The experiment was developed in the Agroecological Patio “La Luz”, located in the Pasture and Forage Experimental Station “Indio Hatuey”, Spanish Republican Community linked to the Urban and Sub-urban Agriculture program, of National Reference integrated into the Biogas Users Movement (MUB). It was carried out between the months of July and August 2023 with the objective of evaluating the effect of three substrates and the bioproduct IHPLUS–BF® on the morphoagronomic behavior of *Cratylia argentea* seedlings under nursery conditions. The treatments consisted of the evaluation of three proportions of substrates (Soil, 70:30 and 50:50 of soil-organic matter with the inoculation of the bioproduct IHPLUS-BF® at 2% prior to sowing the seeds. A design was used completely randomized statistic (DCA) with three treatments (one control-soil and two experimental-proportions in soil and organic matter) and three replicates (R1, R2 and R3). The variables evaluated were: percentage of emergence (%), height of the plant (cm), number of leaves (No), as well as the presence of pests. The content in grams (gr) of chlorophyll, flavonoids, anthocyanins and nitrogen in the seedlings was evaluated. The data obtained were processed through an analysis of simple variance. The statistical package SPSS Version 21.0 was used with a significance of 0.05. The IHPLUS–BF® bioproduct inoculated to the substrates showed better behavior in emergence in soil substrates, proportion of soil and organic matter of 50:50 and 70:30 with adequate morphoagronomic, foliar and root behavior in *Cratylia argentea* seedlings. . No pests and diseases occurred in *Cratylia argentea* after the study of the application of the bioproduct IHPLUS-BF® inoculated in three root ball substrates. Chlorophyll and nitrogen showed numerical and statistical differences between the control and experimental groups with flavonoids and anthocyanins in *Cratylia argentea* seedlings in a similar behavior. The total cost during the study amounted to 4376.40 CUP in *Cratylia argentea* seedlings under nursery conditions from an economic point of view.

**Key words:** Substrates, Bioproduct, IHPLUS-BF®, *Cratylia argentea*, Nursery, Morphoagronomic behavior.

# Índice

Introducción .....	1
Problema científico.....	2
Hipótesis.....	3
Objetivo general. ....	3
Objetivos específicos. ....	3
CAPITULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
Origen, Distribución y Adaptación:.....	4
1.2- Características generales del cultivo: .....	4
1.3 Siembra, Establecimiento y Manejo de la Plantación.....	5
1.4 Cosecha y Producción de Materia Seca.....	6
1.5 Valor Nutritivo.....	6
1.6 Uso en la Alimentación Animal .....	6
1.7 Microorganismos Eficientes .....	7
Obtención del bioproducto .....	12
1.8 Valoración económico-ambiental de la aplicación del producto natural IHPLUS®-BF .....	13
1.9 Sustratos .....	14
1.9.1 Características del sustrato.....	14
1.9.2 Funciones del sustrato .....	14
II. Materiales y Métodos.....	15
Ubicación y descripción del sitio experimental.....	15
Material de siembra.....	15
III. Resultados y Discusión. ....	17
3.1 Evaluación de la emergencia y los caracteres morfoagronómico. ....	17
3.2 Evaluación del peso fresco de la raíz, tallos y hojas .....	19
3.3 Evaluación del comportamiento de la clorofila antocianina y nitrógeno en las plántulas .....	20
3.3 Evaluación de los costos incurridos durante la investigación.....	21
IV. Conclusiones.....	23
V. Recomendaciones.....	24
Bibliografías.....	25



# Introducción

La ganadería que se sustenta en pastos se asocia con la destrucción y degradación de los ecosistemas, pérdida de agua, biodiversidad del suelo e incremento de los efectos del cambio climático **(Schultze-Kraft et al., 2018)**.

En Cuba, las áreas para la alimentación animal están cubiertas, en mayor medida, por pastos naturales y, en menor proporción, por pastos mejorados, cuya productividad y calidad nutritiva depende del establecimiento, manejo, rehabilitación, fertilidad del suelo, época del año, empleo de fertilizantes, riego, carga animal y nivel de pastoreo. La afectación en estos factores limita la disponibilidad de biomasa, lo que unido a la imposibilidad de acceder a productos concentrados, afecta la ganadería y obliga a los productores a buscar alternativas alimentarias en su localidad.

Muchas especies leguminosas arbóreas y arbustivas son utilizadas en las condiciones tropicales como componentes importantes de los sistemas agroforestales, por su naturaleza multipropósito, potencial forrajero y distribución natural **(Escalante, 2006)**.

Su rendimiento de forraje es mayor que las leguminosas herbáceas; toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas. Tienen, además, otros usos alternativos tales como leña para uso doméstico, barreras vivas rompevientos o para controlar erosión.

Estas plantas incrementan el contenido proteico y mineral en la ración, aumentan el consumo de materia seca **(Savón-Valdés et al., 2017)** e influyen positivamente en la salud **(Puerto-Abreu et al., 2014; Jiwuba et al., 2017)** y productividad animal **(Babiker et al., 2017)**. Soportan mejor un manejo agrícola deficiente, evitan la erosión y la degradación de los suelos; además de mejorar su fertilidad, al incrementar el contenido de materia orgánica, calcio, potasio, magnesio y disminuir el contenido de sales **(Mattar et al., 2018; Navas-Panadero et al., 2020)**. También, contribuyen a recuperar la macrofauna y microfauna, asociadas a los ecosistemas agrícolas **(Navas-Panadero, 2019)**.

Entre las leguminosas arbustivas conocidas se encuentra el género *Cratylia*, caracterizado principalmente por su capacidad de adaptación a suelos ácidos, así como por soportar ciclos prolongados de sequía, mantener alta producción de biomasa, responder

positivamente al corte y ser un excelente suplemento proteico y de alta digestibilidad, que puede ser usado en fresco o en ensilaje **(Argel & Lascano, 1995)**.

La *Cratylia argentea* tiene diversos usos, especialmente como alimento para animales y como cultivos de abono verde, teniendo una relación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno **(Mattar et al., 2018)**, recomendadas para sistemas silvopastoriles **(Mattar et al., 2022; Valles-de la Mora et al., 2014)**.

Diversas investigaciones han demostrado que el uso de bioestimulantes son instrumentos agronómicos innovadores, se definen como cualquier sustancia natural, microorganismos o cualquier combinación que al aplicarse estimulan los procesos naturales de las plantas beneficiando los procesos fisiológicos de estas, la eficiencia en el uso de nutrientes y/o la tolerancia al estrés **abiótico (Du, 2015)**.

Ha sido ampliamente documentado que la productividad dentro de los sistemas silvopastoriles se puede mejorar sustancialmente cuando se incluyen leguminosas arbustivas, en comparación con los sistemas que se basan exclusivamente en gramíneas forrajeras **(Mahecha & Angulo, 2012)**.

Se ha documentado que la edad de rebrote y las temporadas climáticas afectan el rendimiento y la calidad del forraje de las especies forrajeras leñosas **(Casanova-Lugo, Petit-Aldana, Solorio-Sánchez, Parsons, & Ramírez-Avilés, 2014)**.

### **Problema científico.**

En el cultivo de *Cratylia argentea* en vivero se han empleado métodos de fertilización convencional, que por su efecto residual constituyen contaminantes del suelo y del ambiente, unido a su elevado costo y la siembra sobre suelo como único sustrato, de ahí que la combinación en proporciones con la materia orgánica constituya una alternativa promisoría. En tal sentido, la evaluación de tres sustratos y un bioproducto de producción nacional que favorezcan el crecimiento y eleven su rendimiento productivo de esta leguminosa es de particular interés. Por tanto, IHPLUS®-BF y las proporciones suelo: materia orgánica como sustrato constituyen alternativas de posible empleo.

**Hipótesis.**

Si se emplean los tres sustratos inoculados con el bioproducto IHPLUS-BF® al 2% podrían tener un efecto favorable sobre la emergencia y el comportamiento morfoagronómico en vivero de la *Cratylia argentea*.

**Objetivo general.**

Evaluar la emergencia y el comportamiento morfoagronómico en vivero de *Cratylia argentea* con el empleo de tres sustratos inoculados con el bioproducto IHPLUS-BF® al 2%

**Objetivos específicos.**

- Evaluar la emergencia y el comportamiento morfoagronómico en vivero de *Cratylia argentea* con el empleo de tres sustratos inoculados con el bioproducto IHPLUS-BF® al 2%
- Determinar la posible incidencia de plagas presente en cada uno de los tratamientos después de la aplicación del bioproducto IHPLUS-BF®.
- Evaluar el comportamiento de la clorofila, flavonoides, antocianinas y nitrógeno en las plántulas de *Cratylia argentea*.
- Determinar el sustrato más efectivo en el desarrollo de las plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero.

# CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## **Origen, Distribución y Adaptación:**

*Cratylia argentea* es considerada como un género tropical de origen reciente, cuya distribución natural se sitúa al sur de la cuenca del río Amazonas y al este de la cordillera de los Andes, abarcando partes de Brasil, Perú, Bolivia y la cuenca del río Paraná al oeste de Argentina (**Argel & Lascano, 1998**).

Esta especie ha mostrado buena adaptación a un amplio rango de climas y suelos, en particular a suelos ácidos pobres, con alto contenido de aluminio. Se caracteriza por su excelente comportamiento en zonas bajas tropicales, con sequías hasta de seis meses; bajo estas condiciones, produce buenos rendimientos de forraje bajo corte, manteniendo la capacidad de rebrotar durante el período seco, debido a su desarrollo radicular vigoroso (**Argel & Lascano, 1998**). No obstante, el mayor vigor de crecimiento se reporta en condiciones de trópico húmedo, con suelos de mediana a buena fertilidad (**Pizarro, 2005**).

## **1.2- Características generales del cultivo:**

### **Taxonomía**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia:

Género: *Cratylia*

Especie: *Cratylia argentea*

*Cratylia argentea* es un arbusto de 3-6 m de altura, que produce entre 8-17 tallos basales. Las hojas son papiráceas, pubescentes o glabras. Las flores se ubican en inflorescencias de 30 cm, de color lila o blanco, con un desarrollo asincrónico. El fruto es una vaina dehiscente y aplanada, de 20 cm de longitud y 2 cm de ancho. Las semillas son circulares de 1,5 cm de diámetro y de color amarillo oscuro o marrón (Arango et al., 2016). Produce una floración abundante pero no sincronizada, por lo tanto, la maduración y la colecta de semilla es continua.

### **1.3 Siembra, Establecimiento y Manejo de la Plantación.**

*C. argentea* se multiplica fácilmente por semilla, no habiéndose utilizado la propagación vegetativa. Las semillas no requieren tratamientos pre-germinativos; cuando las semillas a utilizar en la siembra, son del mismo año de la cosecha, el porcentaje de germinación es alto, alcanzando en la mayoría de los casos el 100%. Sin embargo, cuando las semillas se almacenan por más de tres meses disminuye el porcentaje de germinación. La semilla germina a partir del quinto día después de sembrada, pudiéndose realizar la siembra, bien sea, sembrándola directamente al campo o por trasplante.

#### **Siembra directa**

La siembra directa puede ser realizada en condiciones de labranza mínima o después de una preparación convencional del suelo con arado y rastra. La semilla debe colocarse en forma superficial, es decir a menos de dos cm de profundidad en el suelo. Cabe destacar que esta especie tiene un crecimiento inicial lento durante los dos primeros meses, por lo que requiere de mucho cuidado en cuanto al control de malezas y plagas.

#### **Siembra por trasplante**

La siembra por trasplante requiere una fase de vivero, para lo cual se utiliza un sustrato adecuado que puede estar constituido por materiales orgánicos e/o inorgánicos. La semilla debe colocarse a una profundidad menor de dos cm. Las plantas deben permanecer en vivero por un período de 8 a 12 semanas, hasta que alcancen una altura de 20 a 30 cm. Un período mayor puede afectar el desarrollo de la raíz, la cual se dobla. La raíz de *C. argentea* tiene un crecimiento vertical buscando profundidad en el suelo, pues está es la principal característica que la hace tolerante a la sequía.

## **Manejo de la planta**

Una vez establecida en campo, cuando las plantas alcanzan un metro de altura, se les debe realizar un corte a 50 cm del suelo, con el propósito es estimular el rebrote y evitar que la planta adquiera hábito trepador. Después de cortada rebrota vigorosamente y produce de ocho a once rebrotes.

El cultivo puede ser establecido sólo o en asociación con gramíneas. En el caso de asociación, se deben considerar prever distancias adecuadas entre las hileras, que permitan la movilización de los animales durante el pastoreo, sin riesgo de quebrar las ramas.

### **1.4 Cosecha y Producción de Materia Seca**

Desde el momento de la siembra hasta el primer corte deben transcurrir como mínimo siete meses, de manera que garantice el fortalecimiento del sistema radical y una mayor persistencia del cultivo favoreciendo un buen anclaje de la planta.

La producción de materia seca por hectárea de *C. argentea* es alta y está influenciada por la fertilidad del suelo, densidad de siembra, edad en el primer corte, altura de la planta, frecuencia de corte, estación del año y el estado fisiológico.

### **1.5 Valor Nutritivo**

*C. argentea* se caracteriza por presentar una excelente calidad nutritiva. Esta especie presenta una gran variación en cuanto a la proteína cruda y digestibilidad, las cuales oscilan entre 13 y 23% y 40 y 55%, respectivamente (**Lascano et al., 2005**). Esta variación depende de la fertilidad del suelo, tipo de material cosechado (hojas, tallos tiernos), edad del rebrote y la época del año.

### **1.6 Uso en la Alimentación Animal**

*C. argentea* es una leguminosa muy palatable para la mayoría de los animales domésticos como bovinos, ovinos, conejos entre otros, por lo que el forraje de esta especie puede ser utilizado, ya sea en pastoreo directo, en corte y acarreo o en ensilaje. En sistemas de pastoreo directo, los animales tienen la capacidad de seleccionar un material de mejor calidad en el proceso de ramoneo. En observaciones realizadas a pastoreo, el consumo es mayor, si el cultivo tiene una edad de rebrote entre 45 y 60 días.

## 1.7 Microorganismos Eficientes

El concepto y la tecnología de los Microorganismos Efectivos (ME) fue desarrollado por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón (**Salgado, 2007**). El principio de esta tecnología es introducir un grupo de microorganismos benéficos, para mejorar la condición de los suelos, suprimir los microorganismos putrefactivos (inductores de enfermedades), y mejorar la eficacia en la utilización de la materia orgánica en los suelos (**Higa, 2004**).

Los microorganismos no sustituyen el accionar de una buena práctica agroecológica de manejo para los sistemas integrados, sin embargo, adiciona una nueva dimensión en la optimización para en el uso de los suelos, en el manejo de los residuales, la rotación de cultivos, la utilización de aditivos orgánicos, la conservación en forma de ensilajes, el reciclaje de los residuos de cosechas y de biocontroles para el tratamiento de plagas (**Higa y Wididana, 1991**).

Los ME son una mezcla de diferentes microorganismos tanto aerobios como anaerobios y que poseen aproximadamente cerca de 100 millones de microorganismos activos/mL a un pH entre 3,2 y 3,8. Estos microorganismos fisiológicamente compatibles y mutuamente complementarios, coexisten en equilibrio en un cultivo líquido y pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana de suelos y plantas (**Zhou et al., 2009**).

Los EM son una combinación de microorganismos útiles que existen libremente en la naturaleza; los bioproductos basados en estas mezclas, ya sean los consorcios microbianos naturales o mezclas de cepas seleccionadas, poseen un gran potencial en la agricultura ecológica y sostenible (**Talaat, 2019**). Su aplicación se basa en su capacidad para mejorar la salud del suelo, el ciclo de nutrientes, el crecimiento de los cultivos y aumentar su productividad y la calidad de los cultivos. También, inciden positivamente en otros factores asociados al desarrollo de los cultivos, como la resistencia al estrés sin dañar el medio ambiente.

Los microorganismos nativos están compuestos entre otros por bacterias fotosintéticas o fototróficas no sulfurosas (*Rhodopseudomonas* sp.), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* sp.) y levaduras (*Saccharomyces* sp.) en concentraciones superiores a 10<sup>5</sup> unidades formadoras de colonias/mL (**Díaz-Solares, 2019**).

Dentro del género *Rhodopseudomonas* la más importante es *Rhodopseudomonas palustris*, porque presenta la propiedad de convertir la luz del Sol en energía bacteriana y absorber el dióxido de carbono para producir biomasa bacteriana (**Díaz-Solares, 2019**).

Los microorganismos eficaces están compuestos por bacterias fotosintéticas o fototróficas no sulfurosas (*Rhodopseudomonas* sp.), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* sp.) y levaduras (*Saccharomyces* sp.) en concentraciones superiores a 10<sup>5</sup> Unidades Formadoras de Colonias/mL. Además, se detectan hongos filamentosos y actinomicetos que se encuentran en grandes cantidades en la naturaleza y que son capaces de interactuar entre sí (**Woodward, 2003**). Bacterias fotosintéticas no sulfurosas son proteobacterias, ampliamente distribuidas en la naturaleza, desde suelos y pantanos hasta aguas marinas y de desecho. Sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de la materia orgánica y de los gases dañinos, usando la luz solar y el calor como fuentes de energía. Son bacterias muy versátiles debido a su plasticidad metabólica, ya que pueden desarrollarse en condiciones anaeróbicas foto autotrófica y foto heterotróficamente, por medio de la reducción de compuestos inorgánicos u orgánicos, respectivamente.

En aerobiosis son capaces de utilizar un amplio rango de compuestos como fuente de carbono y energía (**Kim et al., 2003**). Entre las sustancias que sintetizan se encuentran los aminoácidos, ácidos nucleicos, elementos bioactivos y azúcares. Estos metabolitos son absorbidos directamente por ellas y también actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos benéficos

Dentro del género *Rhodopseudomonas*, la más importante es *Rhodopseudomonas palustris*, porque presenta la propiedad de convertir la luz del sol en energía bacteriana y absorber el dióxido de carbono para producir biomasa bacteriana. Ella puede degradar y reciclar un elevado número de compuestos aromáticos similares a la lignina y otros polímeros presentes en el suelo (**Karins, 2004**). También se le atribuye la capacidad de tomar el N<sub>2</sub> y convertirlo en NH<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>, este último de gran interés para las tecnologías futuristas de los biocombustibles (**Oda et al., 2003**).

Su potencial como biofertilizante está dado por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, solubilizar nutrientes insolubles como fosfato, descomponer residuos orgánicos, suprimir el crecimiento de patógenos del suelo, degradar tóxicos como pesticidas, reciclar e incrementar la disponibilidad de nutrientes y producir antibióticos y otras moléculas orgánicas simples como tocoferol, licopenos, saponinas, flavonoides y antioxidantes que estimulan el crecimiento de las plantas (**Lwin y Ranamukhaarachchi, 2006; Higa et al., 1994; Mantilla et al., 2007; McMillan, 2007; Ramírez et al., 2009**).

Estos microorganismos son usados en la eliminación de problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas y son ampliamente usados en agricultura orgánica (**Higa et al., 1994**). Las bacterias ácido lácticas (BAL) son bacterias estrictamente

fermentativas, crecen a un pH entre 4,8 y 9,6 y no forman esporas. Pueden ser bacilos y cocos Gram positivos, inmóviles, catalasa y oxidasa negativos, anaerobias aerotolerantes. Este tipo de bacterias promueve la fermentación de materia orgánica y descomponen materiales como lignina y celulosa, poseen la capacidad de suprimir microorganismos debido a la producción de sustancias antimicrobianas como ácido láctico, peróxido de hidrógeno y bacteriocinas (antibacterianos), o sustancias parecidas a antibióticos como acidofilina, lactocidina producidas por *Lactobacillus acidophilus*, lactolina producida por *Lactobacillus plantarum* y nisina producida por *Streptococcus lactis* (**Visser et al., 1986**). De igual manera las BAL son productores de nistatina (antifúngico) y de ácidos orgánicos como ácido acético, butírico, caprónico, propiónico, ácido 4-hidroxi-feniláctico y ácido-3-fenilacético reconocidos como antifúngico (**Lowe y Arendet, 2004; Ström, 2005; Mantilla et al., 2007; Yanagida et al., 2006; Alaniz et al., 2006**).

Estos microorganismos también son capaces de reducir poblaciones de nemátodos y controlar la propagación y diseminación de microorganismos patógenos como *Fusarium sp.* (**Ström, 2005; Laitila et al., 2002**), *Pseudomonas sp.* (**Cadirci y Citak, 2005**), *Xantomona campestris* y *Erwinia caratovora* (**Visser et al., 1986**).

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales útiles a partir de los aminoácidos y los azúcares secretados por las bacterias fototróficas y la materia orgánica presente en el medio. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas producidas por las levaduras, son sustratos útiles para microorganismos benéficos como bacterias ácido lácticas. Las levaduras son uno de los probióticos más utilizados en la alimentación animal, tanto en monogástricos como en rumiantes. Los hongos filamentosos tales como el *Aspergillus* y el *Penicillium* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas, lo que permite que con su presencia se produzca la desodorización del medio ambiente además de prevenir la aparición de insectos perjudiciales y gusanos.

Si bien es cierto que cada una de las especies contenidas en el bioproducto tiene su propia e importante función, se puede afirmar que la bacteria fotosintética (*Rhodospseudomonas palustris*) es el pivote de la tecnología, pues ellas son las que soportan las actividades de los otros microorganismos al utilizar varias de las sustancias producidas por los otros microorganismos. Este es el fenómeno al cual llaman coexistencia y coprosperidad (**Higa, 2002**).

Los actinomicetos son bacterias Gram positivas, aerobios heterótrofos principalmente, formadores de esporas y con alto contenido G+C (70–74%) en su ADN. El género principal es *Streptomyces* cuyo olor característico a tierra húmeda se debe a compuestos volátiles como la geosmina. Especies de la familia Streptomycetaceae se encuentran extensamente distribuidas y estudiadas debido a la producción de metabolitos secundarios como enzimas inhibitorias extracelulares, herbicidas y antibióticos (**Lezhava et al., 1995; Samac y Kinkel, 2001; Schlatter et al., 2009**). Están abundantes en el suelo y son importantes saprófitos de plantas, capaces de degradar moléculas complejas y sustancias recalcitrantes como celulosa, lignocelulosa, xilano y lignina, adicionalmente juegan un importante papel en el proceso de descomposición de material orgánico, debido a sus enzimas líticas (**Sousa et al., 2008**).

También son capaces de solubilizar fosfatos, cualidad muy importante ya que el fósforo se encuentra entre un 95-99% en forma de fosfato insoluble y no puede ser utilizado por las plantas. Poseen gran potencial como controladores de patógenos de plantas debido a la producción de antibióticos ionóforos (incrementan la captura de nutrientes incluyendo cationes) y enzimas que poseen actividad antimicrobiana. Dentro de las enzimas están la quitinasa que puede ser aprovechada como mecanismo de biocontrol especialmente de hongos patogénicos. De igual forma son capaces de colonizar el sistema de raíz de las plantas (**Sousa et al., 2008**).

Se les reconoce por su capacidad de sintetizar auxinas (reguladores de crecimiento vegetal), entre ellas el Ácido Indol Acético (AIA), promotor de crecimiento de raíces y de proliferación de pelos radicales que mejoran la absorción de agua y minerales del suelo (**Caballero-Mellado, 2006**). Además, pueden coexistir con las bacterias fotosintéticas

Los inoculantes microbianos representan una nueva tecnología conducente a mejorar la productividad del sistema agropecuario a largo plazo. Puede ser considerada como una tecnología limpia, alineada con principios de la agricultura sustentable, frente al aumento abusivo de la utilización de pesticidas y fertilizantes en estos últimos tiempos. Varios microorganismos son utilizados en la práctica agrícola habitual, y otros tienen potencialidad para ser utilizados en el futuro (**Naiman et al., 2009**).

La utilización de microorganismos con capacidad para promover el crecimiento de las plantas, se presenta como una gran alternativa de biofertilización. Estudios controlados de laboratorio, invernadero, y de forma más natural en el campo, han demostrado que la aplicación de estas tecnologías redundará en un beneficio para los productores. Sin embargo, ciertas consideraciones deben ser tenidas en cuenta a la hora de recomendar o diseñar un

inoculante basado en organismos vivos a fin de lograr su máxima potencialidad en los distintos cultivos, suelos y climas donde son aplicados. En general, los parámetros ecológicos, sinérgicos, fisiológicos y los procesos bioquímicos de los microorganismos en el ambiente son determinantes y actúan de manera integrada con los diferentes cultivos, dando lugar a una o más respuestas cuyas relaciones con los parámetros agronómicos tendrán que ser bien determinadas (**Pedraza et al., 2010**).

Dentro de los efectos más notables de los microorganismos en el tratamiento de los residuales sólidos se destacan la capacidad de convertir los desechos en abonos orgánicos inofensivos, útiles y de muy buena calidad (consistencia terrosa, sueltos al tacto e inodora), el incremento de la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante. Durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que, al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Además, se elimina rápidamente el mal olor de los desechos y se evita la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo. Normalmente el reciclaje de los desechos tarda varios meses, con los microorganismos benéficos tarda únicamente entre 8 a 10 semanas, según el ambiente y las influencias climatológicas. Por otra parte, disminuye la presencia de H<sub>2</sub>S en el biogás residual de la fermentación anaerobia producto a la demanda de Azufre que genera el crecimiento de los grupos microbianos presentes en el bioproducto

Estos microorganismos pueden ser utilizados en la agricultura como biofertilizantes (IHPLUS® - BF) en la germinación de semillas, eliminación de malos olores y purificación de aguas, entre otros (**Díaz Solares, 2019**).

Los microorganismos poseen amplio espectro de aplicación y una diversa composición microbiana formada por una población mixta de bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas sp.*), actinomicetos (*Streptomyces sp.*), mohos (*Aspergillus sp.*, *Mucor sp.*) levaduras (*Saccharomyces sp.*, *Candida sp.*) y bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus sp.* y *Streptococcus sp.*); tanto *Saccharomyces sp.* como *Lactobacillus sp.* y *Streptococcus sp.*, que cuentan con avales que dan fe de su eficiencia como probióticos (**Zakaria et al., 2010**). Para implementar la tecnología, fue necesario caracterizar las materias primas disponibles y la hojarasca de los principales bosques naturales de la provincia de Matanzas. Ello permitió obtener un producto biológico que dio origen a la tecnología cubana de microorganismos nativos, basada en los microorganismos eficientes.

En Cuba, existen varios productos a base de microorganismos beneficiosos que promueven el crecimiento vegetal y la producción animal. Entre estos, IHPLUS®-BF, desarrollado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, constituye un complejo microbiano con amplias perspectivas de uso tanto en la rama agrícola como en la alimentación y la salud animal.

En el marco del proyecto internacional FSPI Agrecocaribe se trabajó en la investigación de las potencialidades de microorganismos autóctonos benéficos cubanos como bioplaguicidas; con la aplicación de un enfoque de trabajo multidisciplinario y multinstitucional, que incluyó varias áreas de investigación. El presente trabajo expone los resultados obtenidos en la evaluación del efecto de IHPLUS® sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood; estudio de caso que ilustra un excelente modelo para abordar con éxito cuestiones de la investigación de este tipo de productos, como base para su utilización exitosa en el manejo de plagas.

Los microorganismos eficientes contienen muchos tipos diferentes de microorganismos con actividad biológica; entre ellos, *Lactobacillus* spp., *Saccharomyces* spp., actinomicetos, *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp.; que tienen acciones específicas. Por ejemplo, las bacterias que producen ácido láctico inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos y otros diversos microorganismos al reducir el pH a través de la producción de ácido láctico. Las levaduras producen muchas sustancias con efectos biológicos diversos como aminoácidos, polisacáridos, hormonas y enzimas. Los actinomicetos suprimen hongos y bacterias dañinas mediante la producción de compuestos antimicrobianos.

### **Obtención del bioproducto**

El proceso productivo para la obtención de microorganismos eficientes se basa en una fermentación sólida y dos fermentaciones líquidas. El inóculo sólido es utilizado para la elaboración del inóculo líquido y este último es la base del activado. Ambos inóculos son sometidos a controles de calidad antes de ser liberados para su uso por lo que se chequean las propiedades organolépticas, valor de pH, microorganismos presentes y límite bacteriano (ausencia de patógenos). La calidad de las materias primas es fundamental para obtener un bioproducto apto para ser utilizado. Dentro de los sustratos necesarios para la elaboración se encuentran: la hojarasca, la miel, la leche fermentada, la sémola de arroz y para dar la humedad requerida se adiciona agua. De esta forma se lleva a cabo la caracterización de los principales sustratos.

Con la aplicación de microorganismos nativos se logran efectos benéficos, tales como: promover la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las

plantas. En relación con el suelo pueden influir en mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, pues contribuyen a eliminar los patógenos causantes de enfermedades y aumentan la capacidad fotosintética de los cultivos. Deben aplicarse junto a la materia orgánica como fertilizante, pues mejora su eficacia en la germinación y desarrollo de las plantas.

Entre los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura están su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas.

Los microorganismos autóctonos benéficos constituyen una herramienta agroecológica para la seguridad alimentaria dado sus diversos usos y resultados para el alcance de la sostenibilidad, combinado con otros bioproductos y buenas prácticas bajo el enfoque de “Una Salud.

Los resultados del efecto del IHPLUS® activado sobre la elongación radicular, el efecto inhibitorio medio sobre el crecimiento de las raíces de las semillas que germinaron, efecto evaluado en las consideradas como germinadas con una elongación igual o mayor de 5 mm, se presentó a una concentración cercana a la propuesta por el productor (6 %) con un valor de CL50 correspondiente a una concentración del producto de 5.39 %, efecto que también disminuyó considerablemente al disminuir la concentración del producto.

### **1.8 Valoración económico-ambiental de la aplicación del producto natural IHPLUS®-BF**

Los productos naturales a base de microorganismos contribuyen al crecimiento y al desarrollo de los cultivos a través de la supresión de patógenos y agentes que provocan enfermedades a las plantas, la solubilización de los minerales, la producción de metabolitos como las fitohormonas que estimulan el crecimiento de los tejidos vegetales, la conservación de energía, el mantenimiento del balance microbial del suelo, el incremento de la eficiencia fotosintética y la fijación del nitrógeno biológico

El producto IHPLUS®-BF producido por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, constituye un biopreparado con amplio espectro para el sector agropecuario. En el contexto económico actual que enfrenta nuestro país, el empleo de productos de este tipo que sean eficaces y estimulen el crecimiento y desarrollo de los cultivos son de vital importancia. Esto se debe no solo a la acción que tienen sobre el crecimiento vegetal, sino

también a otras razones de peso como la reducción en el gasto por concepto de fertilizantes químicos que contaminan el ambiente y aceleran la erosión de los suelos.

Desde el punto de vista económico, la tecnología de estos productos naturales es barata y sencilla y tiene una buena aceptación entre los agricultores del territorio; por lo cual es sostenible y hasta el momento no se refiere algún impacto negativo sobre los ecosistemas agroecológicos donde se ha aplicado el producto.

En la actualidad, este bioproducto tiene buena aceptación por parte de productores del sector cooperativo y estatal no solo por el bajo costo de producción, sino también por el rendimiento que se han alcanzado en los cultivos y su uso como probiótico en animales.

## **1.9 Sustratos**

Un sustrato es cualquier material sólido distinto del suelo, natural, sintético o residual, mineral u orgánico, colocado en un recipiente, en forma pura o en una mezcla, que ancla el sistema de raíces de la planta y, actúa como soporte para la planta. Los sustratos pueden o no interferir con procesos complejos de nutrición mineral vegetal. **(Maroto, 2019)**.

### **1.9.1 Características del sustrato**

El sustrato tiene que tener una proporción de humedad, para beneficiar la germinación y certificar el desarrollo de los primeros días, el contenido de humedad no debe ser muy alto, porque la aireación queda restringida. En la preparación de la mezcla se debe llegar a un término medio, donde exista tanto buena aireación como buena humedad. Según **Vifinex (2020)** a discrepancia del suelo, que conserva más o menos estables sus particularidades en el tiempo, los sustratos no se toleran de la misma forma.

### **1.9.2 Funciones del sustrato**

Para **Fossati (2021)** menciona que, el sustrato es el medio en el cual germinan las semillas. Este debe ser de un material fino, poroso, liviano y suelto, de tal manera que permita una buena formación de la raíz principal en todas las especies. Por tanto, el sustrato debe tener una textura arenosa a limosa. Para obtener buenos resultados se requiere que un sustrato tenga características entre las cuales debe ser suficientemente poroso para que el exceso de agua drene del mismo, permitiendo la entrada de oxígeno a las raíces, debe retener suficiente humedad, para que el riego no sea muy frecuente y debe tener un bajo contenido de sales.

# II. Materiales y Métodos.

## Ubicación y descripción del sitio experimental

El experimento se desarrolló en el Patio Agroecológico La Luz, ubicado en la comunidad EEPF Indio Hatuey, Central España Republicana, Perico-Matanzas, vinculada al programa de Agricultura Urbana y Sub-urbana, como patio de Referencia Nacional integrado al Movimiento Usuarios de Biogás (MUB).

## Material de siembra.

El ensayo se realizó entre los meses de julio, agosto y septiembre de 2023. Las semillas fueron sembradas en cepellones con alvéolos para 90 plántulas (10\*9) Los tratamientos consistieron en la evaluación de tres proporciones de sustratos (Suelo, 70:30 y 50:50 de suelo-materia orgánica con la inoculación del bioproducto IHPLUS-BF® al 2% previo a la siembra de las semillas con el objetivo de determinar su efecto sobre la emergencia y el desarrollo de las plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero.

Las condiciones ambientales durante el estudio se registran en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Condiciones ambientales durante el estudio

Meses	Humedad relativa %	Precipitaciones (mm)	Temperatura (°C)
julio	80,0	176,7	27,9
agosto	82,0	139,7	27,7
septiembre	83,0	241,4	26,7

Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA) con un tratamiento y dos réplicas con grupos controles y experimentales.

## Grupos en estudio.

**Grupo control** – 100 % Suelo ferralítico

**Grupo experimental 1-** Sustrato compuesto por 70 % Suelo ferralítico +30% materia orgánica inoculado con el bioproducto IHPLUS-BF® al 2%

**Grupo experimental 2-** Sustrato compuesto por 50 % Suelo + 50 % materia orgánica inoculado con el bioproducto IHPLUS-BF® al 2%

Se efectuaron riegos semanales, evitando el estrés hídrico en las plántulas. La aplicación del agua fue con regaderas y se mojó el sustrato en su totalidad.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia (%), altura de la planta (cm) y número de hojas (No), así como la observación de la posible incidencia de plagas.

El porcentaje de emergencia se calculó mediante la siguiente fórmula:

$PE = NPE / NSS * 100$ ; Dónde: PE: Porcentaje de emergencia, NPE: Número de plantas emergidas, y NSS: Número de semillas sembradas. Las plántulas emergidas se evaluaron a los 9 días después de la siembra hasta los 30 días

La altura de planta (cm) se registró midiendo con regla graduada desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama apical.

El número de hojas se determinó mediante un conteo visual.

Se determinaron la clorofila, flavonoides, antocianina y nitrógeno en las plántulas de *Cratylia* (g/100mg) mediante el medidor SPAD-502(Soil Plant Analysis Development).

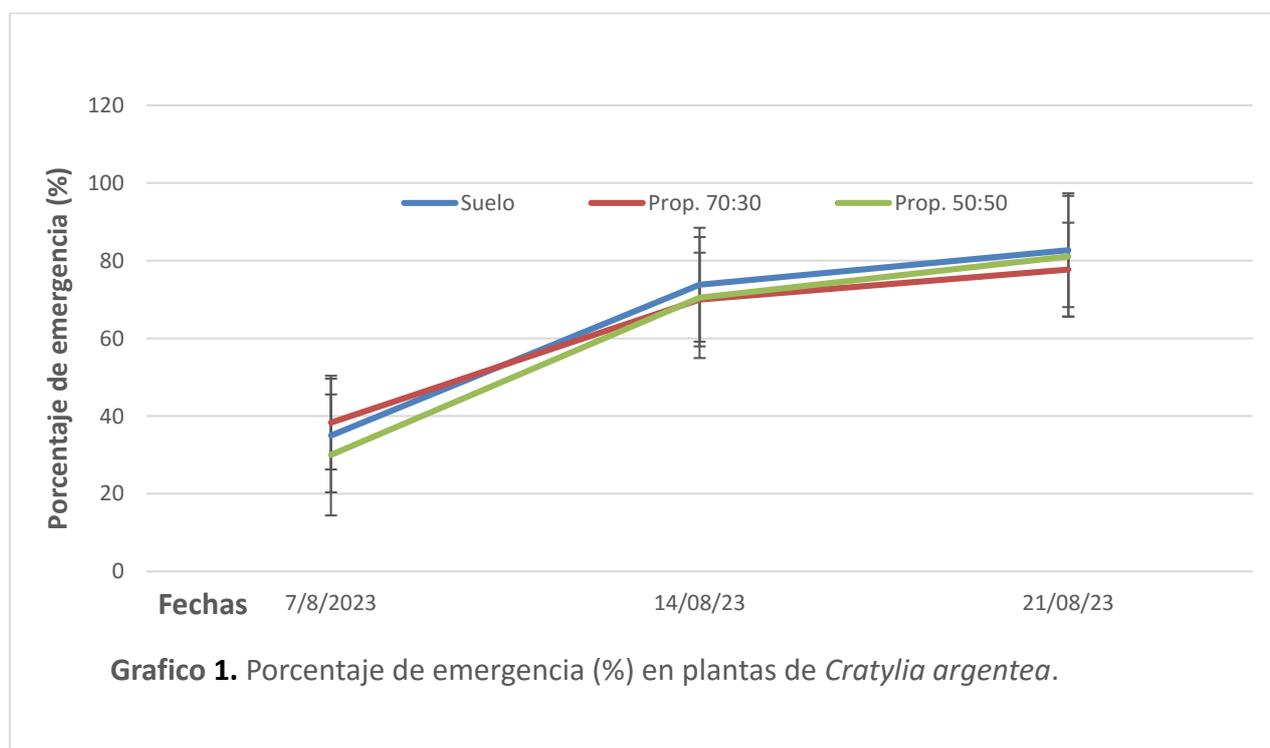
Los datos obtenidos fueron colectados en una Base en Microsoft Excel del paquete de Office y procesados mediante un análisis de Varianza simple. Se empleó el paquete estadístico SPSS Versión 21.0 con una significación de 0.05. Las comparaciones entre las medias se hicieron mediante la prueba de T-Student para dos medias.

Se determinó la rentabilidad económica de acuerdo a los costos y los ingresos generados en la investigación.

# III. Resultados y Discusión.

## 3.1 Evaluación de la emergencia y los caracteres morfoagronómico.

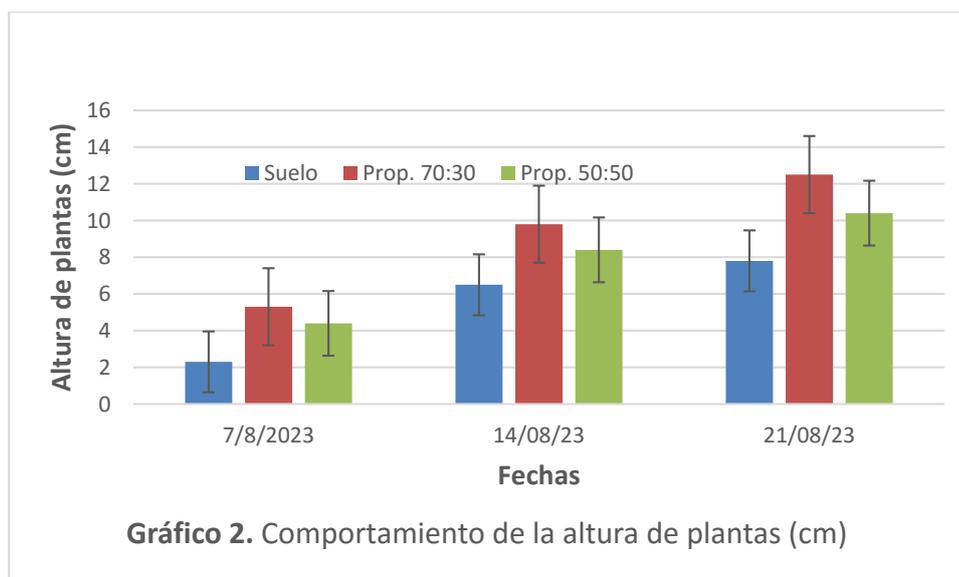
El porcentaje de emergencia desde el inicio del estudio se manifiesta en el Gráfico 1, en la primera medición su mejor valor estuvo dado para el grupo experimental (Prop. 70:30) con un 38,3%. Sin embargo, en la medición intermedia el grupo control (Suelo) tuvo un 73,8%, comportamiento que se mantuvo hasta la medición final del experimento (82,7 %). Para los grupos experimentales (Prop. 50:50) fue de 81,1% y (Prop. 70:30) de 77,7%. Se apreciaron diferencias numéricas entre ambos sustratos inoculados con IHPLUS-BF® pero no se detectaron desde el punto de vista estadístico.

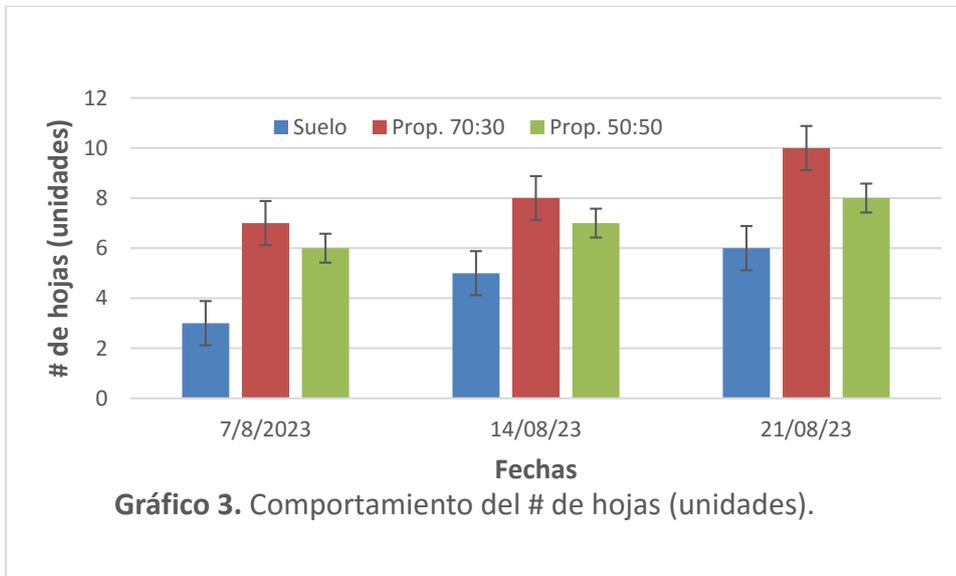


La bio-estimulación con IHPLUS-BF® incrementó la emergencia de plántulas con una mejor respuesta de las semillas. Esto es corroborado por los resultados obtenidos por **García et al. (2010)**.

El Gráfico 2 muestra el indicador morfoagronómico altura de la planta en centímetros. Se evidencia un mejor comportamiento de este en los grupos experimentales en comparación al control, es decir en los sustratos que incluyeron las proporciones de suelo y materia orgánica en un 70:30, y 50:50, seguido por el control quien solo incluyó suelo. Los valores promedios se encontraron en 9.20, 7.73 y 5.53 cm respectivamente. Las diferencias detectadas son numéricas no siendo estadísticas.

Similar comportamiento muestra (Gráfico 3) el indicador # de hojas (unidades) con valores promedios de 8, 7 y 5 en grupos experimentales y control.





No se presentaron plagas ni enfermedades asociadas al cultivo agrícola en estudio.

Según **Higa (1994)** los microorganismos efectivos cuando entran en contacto con la materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes.

### 3.2 Evaluación del peso fresco de la raíz, tallos y hojas

En las mediciones referentes al peso fresco de las hojas y tallos de las plántulas en estudio en cepellón de la *Cratylia argentea* en los tres sustratos estudiados se evidenciaron diferencias numéricas, no siendo detectadas desde el punto de vista estadístico (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento del peso fresco de hojas y tallos (gramos) en plántulas de *Cratylia argentea*.

Réplicas	Suelo (Control) ***	70 suelo:30 MO ***	50 suelo :50 MO ***
R1	4,52	6,05	5,36
R2	5,76	4,89	5,66
R3	5,50	5,57	5,90
<b>Promedio±EE</b>	<b>5,26±0,38<sup>a</sup></b>	<b>5,50±0,34<sup>a</sup></b>	<b>5,64±0,16<sup>a</sup></b>

\*\*\*=  $p \leq 0,001$ ; Proporciones con letras comunes no difieren significativamente.

Tabla 3. Comportamiento del peso fresco de la raíz (gramos) en plántulas de *Cratylia argentea*.

Réplicas	Suelo (Control) ***	70 suelo:30 MO ***	50 suelo :50 MO ***
R1	1,77	2,22	2,22
R2	1,52	1,94	1,72
R3	1,88	1,85	1,99
<b>Promedio±EE</b>	<b>1,72±0,11<sup>a</sup></b>	<b>2,00±0,11<sup>b</sup></b>	<b>1,98±0,14<sup>b</sup></b>

\*\*\*=  $p \leq 0,001$ ; Proporciones con letras comunes no difieren significativamente.

**Caballero-Mellado, 2006** plantea que hay un mayor crecimiento de las raíces de las plántulas con la aplicación de bioproducto. Los resultados obtenidos en el estudio evidencian tal consideración. En los tres sustratos en evaluación el mejor comportamiento fue para la Proporción de Suelo: Materia orgánica de 70:30, le siguió 50:50, y por último en el Suelo (como grupo control).

### 3.3 Evaluación del comportamiento de la clorofila antocianina y nitrógeno en las plántulas

Durante el estudio fue necesario realizar determinaciones de clorofila, flavonoides, antocianinas y nitrógeno en las plantas de *Cratylia* para la determinación de posibles diferencias numéricas y/o estadísticas implicadas por un efecto común, la inoculación en los tres sustratos (Suelo, 70:30 y 50:50 como proporciones de Suelo: Materia orgánica) del bioproducto IHPLUS-BF®. Se obtuvo diferencias numéricas y estadísticas en los valores de la clorofila y el nitrógeno, no siendo así con similar comportamiento en los flavonoides y las antocianinas (Tabla 4).

**Tabla 4.** Comportamiento de la clorofila, flavonoides, antocianinas y nitrógeno en las plántulas de *Cratylia argentea*.

Réplicas	Grupo	Chl (X±EE) (mg/100g) ***	Flav (X±EE) (mg/100g) ***	Anth (X±EE) (mg/100g) ***	NBI (X±EE) (mg/100g) ***
R1	Suelo (Control)	23592,38± 1170,39	0.53± 0,01	0,19± 0,01	55,03± 3,75
R2		23812,32± 1115,19	0.55± 0,02	0,20± 0,01	57,45± 4,72
R3		23016,38± 1005,23	0.57± 0,01	0,19± 0,01	59,15± 4,98

<b>Promedio</b>		<b>23473,69 ±1096,93<sup>a</sup></b>	<b>0,58 ±0,01<sup>a</sup></b>	<b>0,19 ±0,01<sup>a</sup></b>	<b>57,21 ±4,48<sup>a</sup></b>
R1	70 suelo: 30 MO	24128, 15± 1009,00	0.59± 0,02	0,19± 0,01	61,89± 2,75
R2		24234,25 ±1210,25	0.65± 0,01	0,21± 0,02	63,40± 2,15

R3		24298,40 ±1010,22	0.67± 0,02	0,24± 0,01	65,19± 3,20
Promedio		<b>24220,22</b> <b>±1076,49<sup>b</sup></b>	<b>0,63</b> <b>±0,02<sup>a</sup></b>	<b>0,21</b> <b>±0,01<sup>a</sup></b>	<b>63,49</b> <b>±2,70<sup>b</sup></b>
R1	<b>50 suelo: 50 MO</b>	23998,35± 1150,00	0.58± 0,01	0,18± 0,02	60,24± 4,73
R2		24023,12 ±1020,14	0.62± 0,01	0,20± 0,01	62,30± 5,32
R3		24005,40 ±1221,29	0.65± 0,01	0,21± 0,01	64,18± 4,20
Promedio		<b>24008,95</b> <b>±1920,90<sup>b</sup></b>	<b>0,62</b> <b>±0,01<sup>a</sup></b>	<b>0,20</b> <b>±0,01<sup>a</sup></b>	<b>62,24</b> <b>±4,75<sup>b</sup></b>

\*\*\*=  $p \leq 0,001$ ; Proporciones con letras comunes no difieren significativamente.

El contenido de clorofila es un parámetro que indica el estado fisiológico y la salud de una planta, y cómo se ve afectada por las condiciones experimentales. Por lo tanto, son buenos predictores del desarrollo de cultivos y su productividad. Las plantas con un bajo nivel de clorofila u hojas amarillentas muestran un rendimiento menos eficiente en los fotosistemas y, por consiguiente, se inhibe la asimilación de CO<sub>2</sub> (Dai *et al.*, 2009)

La rapidez en la aparición de los síntomas por la falta de nitrógeno, en comparación con los otros macronutrientes, también fue reportada por Fernandes y Haag (1972)

El tipo y contenido de antocianinas producen una diferencia importante en la pigmentación de las plantas (Puertas *et al.*, 2013).

Los polifenoles de tipo flavonoides son los antioxidantes más potentes presentes en los alimentos vegetales. Un antioxidante previene el daño oxidativo inhibiendo la generación de especies reactivas, capturando los radicales libres o aumentando el nivel de antioxidantes endógenas protectores (Pedrola I.E., 2010).

### 3.3 Evaluación de los costos incurridos durante la investigación

Durante la investigación el costo total fue de 4376,40 CUP (Tabla 5). Se consideraron las partidas correspondientes a cuidado del terreno con 2750,00 CUP, la siembra en cepellones de las plántulas de *Cratylia argentea* equivalente a 1200,00 CUP, así como el volumen de IHPLUS-BF® utilizado (1 L) equivalente a 8,00 CUP, se consideró el riego con 210,00 CUP y los costos de un 5% de administración (208,40 CUP).

**Tabla 5.** Evaluación económica del costo durante el estudio.

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario (\$)	Valor Total (\$)
Cuidado del terreno	U	1	2750,00	2750,00
Siembra en cepellones	jornales	2	600,00	1200,00
Aplicación de IHPLUS®BF-BF®	Litros	1	8,00	8,00
Riego	U	120,00	1,75	210,00
Subtotal				4168,00
Administración (5%)				208,40
<b>Total, Costo en CUP (\$)</b>				<b>4376,40</b>

Según **Ramírez-Padilla (1986)**, los costos es un sistema de información que clasifica, acumula, controla y facilita a la toma de decisiones, la planeación y el control. Su clasificación depende del comportamiento, actividades y procesos con los cuales se relacionan los productos.

## *IV. Conclusiones.*

1. El bioproducto IHPLUS–BF® inoculado a los sustratos mostró mejor comportamiento en la emergencia en los sustratos suelo, proporción de suelo y materia orgánica de 50:50 y 70:30 con un comportamiento morfoagronómico, foliar y radicular adecuado en las plántulas de *Cratylia argentea*.
2. No se presentó plagas y enfermedades en *Cratylia argentea* tras el estudio de la aplicación del bioproducto IHPLUS-BF® inoculado en tres sustratos en cepellón.
3. La clorofila y nitrógeno mostraron diferencias numéricas y estadísticas entre los grupos control y experimentales con los flavonoides y antocianinas en las plántulas de *Cratylia argentea* en un similar comportamiento.
4. El costo total durante el estudio ascendió a 4376,40 CUP en plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero desde el punto de vista económico.

# *V. Recomendaciones*

Extender la presente investigación realizada en plántulas de *Cratylia argentea* en condiciones de vivero a la etapa de campo con el empleo del IHPLUS-BF® inoculado al suelo como bioproducto con otros sustratos en el comportamiento de la emergencia morfoagronómico, incidencia de plagas y rendimiento productivo.

# Bibliografías

1. Alaniz, R., Martín del Campo, C., Juan, A., and Rosas, B. Aislamiento de Bacterias Ácido Lácticas con Acción Antagónica en Contra de Patógenos Bacterianos de Importancia en Salud Pública. XVII semana de la investigación científica en el CUCBA. Vía online: [http://www.cucba.udg.mx/new/publicaciones/avances/avances\\_2006/Contenido.pdf](http://www.cucba.udg.mx/new/publicaciones/avances/avances_2006/Contenido.pdf) f. 703-705. 2006.
2. Arango, J.; Gutiérrez, J. F.; Mazabel, J.; Pardo, P.; Enciso, K.; Burkart, S. et al. Estrategias tecnológicas para mejorar la productividad y competitividad de la actividad ganadera: Herramientas para enfrentar el cambio climático. Cali, Colombia: CIAT, 2016
3. Argel, P. J., & Lascano, C. *Cratylia argentea*: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. Conferencia electrónica de la fao. 1995
4. Argel, P. J., & Lascano, C. *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuníze: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas sub húmedas tropicales. Gramínea y Leguminosas Tropicales Proyecto JP~5 1998
5. Caballero- Mellado, J. Microbiología agrícola e interacciones microbianas con plantas. Revista Latinoamericana de Microbiología. 48(2):154-155. 2006.
6. Cadirci, B., and Citak, S. A comparación of Two Methods Used for Measuring Antagonistic Activity of Lactic Acid Bacteria. Pakistan Journal of Nutrition. 4(4):237-241. 2005.
7. Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J., Solorio-Sanchez, F. J., Parsons, D., & Ramírez-Avilés, L. Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico, Agroforestry Systems, 88, 29-39. doi:10.1007/s10457-013-9652-7 . 2014
8. Dai, Y., Shen, Z., Liu, Y., Wang, L., Hannaway, D., & Lu, H. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. Environmental and Experimental Botany, 65(2-3), 177-182. 2009. doi: 10.1016/j. envexpbot.2008.12.008.

9. Díaz Solares, Maykelis et al. Efecto del IHPLUS ® sobre el proceso de germinación de Sorghum bicolor L. (Moench). Pastos y Forrajes. 42 (1): 30-38, 2019.
10. Du Jardin, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia horticulturae, 196, 3-14. 2015
11. Escalante, E. Sistemas agroforestales en el estado Trujillo, perspectivas y limitaciones. En: Memoria. I Curso Nacional de Agroforestería "Metodologías para el manejo y evaluación de sistemas agroforestales". Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, estado Trujillo, Venezuela 2006
12. Fernandes, P. D. y Haag, H. P. Nutrição mineral de hortaliças: XXI efeito da omissão dos macronutrientes no crescimento e na composição química do pigmento (*Capsicum annuum* L., var. avelar). Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 29, 223-235. 1972.
13. Fossati, J., & Olivera, T. Programa de redoblamiento - forestal. Obtenido de Prefectura Inter - cooperación. COTESU. Sustratos en Vivero forestales: <https://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/index.php/2022/01/24/prefectura-deesmeraldas-y-cooperacion-internacional-trabajan-por-la-internacionalizacion-del-territorio>. 2021
14. García- Carreón, J. S. and Martínez- Menes, M. R. Abonos verdes. Fichas técnicas sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 8p. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/lists/agricolas/attachments/9/a-04-1.pdf>. 2010
15. Higa, T. & Wididana, G. N. The concept and theories of effective microorganisms. In Parr, S.; Hornick, B. & Whitman, C.E. (Eds.): Proceedings of 1st International Conference on Kyusei Nature Farming. USDA, Washington, D.C., p. 118-124. 1991.
16. Higa, T. La tecnología de los microorganismos efectivos EM. Conferencia dictada por el profesor Teruo Higa en el Real Colegio de Agricultura. Cirencester Inglaterra. 2004
17. Higa, T. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. International Nature Farming Research Center, Atami, Japan. 1994.
18. Jiwuba, P. C.; Ahamefule, F. O.; Ogbuwu, I. P. & Ikwunze, K. Blood chemistry and haematology of West African Dwarf goats fed Moringa oleifera leaf meal (MOLM) in their diet. Comp. Clin. Pathol. 26:621-624, 2017

19. Karins, C. Bacteria Genomes-Rhodopseudomonas palustris. Natural Biotech 22(1):55. 2004.
20. Kim S, Park C, Koo Y, Yun H. Biosorption of cadmium and copper ions by *Trichoderma reesei* RUT C30. J Ind Eng Chem, 9:403-406. 2003.
21. Laitila, A., Alakomi, H., Raaska, L., Mattila, T., and Haikara, A. Antifungal activities of two *Lactobacillus plantarum* strains against *Fusarium* moulds in vitro and in malting of barley. Journal of Applied Microbiology. 93:566-576. 2002.
22. Lezhava, A., Mizukami, T., Kajitani, T., Kameoka, D., Redenbach, M., Shinkawa, H., et. al. Physical Map of the Linear Chromosome of *Streptomyces griseus*. Journal of Bacteriology. 177(22):6492-6498. 1995.
23. Lowe, D., and Arendet, E. The Use and Effects of Lactic Acid Bacteria in Malting and Brewing with Their Relationships to Antifungal Activity Mycotoxins and Gushing: A Review. Journal of Institute Brewing. 110(3):163-180. 2004.
24. Lwin, M., and Ranamukhaarachchi. Development of Biological Control of *Ralstonia solanacearum* Through Antagonistic Microbial Populations. International Journal of Agriculture and Biology. 8(5):657-666. 2006.
25. Mahecha, L. L., & Angulo, J. Nutrient management in silvopastoral systems for economically and environmentally sustainable cattle production: A case study from Colombia. In J. Whalen (Ed.), Soil fertility improvement and integrated nutrient management - a global perspective (pp. 201-216). 2012.
26. Mantilla, C., Anaya, M., and Zumaqué, L. Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno de la zona agrícola de San Carlos. Córdoba, Colombia. Revista Colombiana de Biotecnología. IX(2):6-14. 2007.
27. Maroto, J. Elementos de horticultura general. Madrid: Mundo Prensa. 2019
28. Mattar, E. P. L.; Barros, T. T. V.; Brasileiro, B. P.; Mattiolo, E. M.; Coelho, M. R. R.; Gama, G. F. V. et al. Response of *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze to inoculation with *Rhizobium* sp. and *Bradyrhizobium* sp. strains. Aust. J. Crop Sci. 12 (6):849-854, 2018
29. Mattar, E. P. L.; Pinheiro, D. T.; Pereira, W. D.; Brasileiro, B. P.; Matrangolo, W. J. R.; Hilst, P. C.; ... & dos Santos Dias, D. C. F. Physiological, morphological, and biochemical characterization of *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze seeds. Tropical Grasslands-Forrajeras Tropicales, 10(3), 172-183. 2022
30. McMillan, S. Promoting Growth With PGPR. The Canadian Organic Grower. Via on line: [http://www.cog.ca/documents/07SU\\_PGPR.pdf](http://www.cog.ca/documents/07SU_PGPR.pdf). 2007.
31. Naiman AD, Latronico Ae, García de salamone Ie. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: impact on the production and rhizospheric microflora. European Journal of soil Biology 45:44-51. 2009.

32. Navas-Panadero, A. Bancos forrajeros de Moringa oleifera, en condiciones de bosque húmedo tropical. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*. 20 (2):207-218, 2019.}
33. Navas-Panadero, A.; Daza, J. I. & Montaña, V. Desempeño de bancos forrajeros de *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, en suelos degradados en el departamento de Casanare. *Rev. Med. Vet. Zoot.* (39):.29-42, 2020
34. Oda, Y. et al,. Biogeography of the purple nonsulfur bacterium *Rhodopseudomonas*. *Applied & Environment Microbiol.* 69(9): 5186. 2003
35. Pedrola, I.E. Polifenoles y sus propiedades antioxidantes. Disponible en: <http://dietcan.net/docs/POLIFENOLES-MAD.pdf>.2010.
36. Pizarro, E. A. Especies arbustivas, gramíneas y leguminosas para el trópico americano [Ponencia]. ix Seminario de Pastos y Forrajes (pp. 30-49). [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/nutriciondebovinos\\_com\\_ar/Archivos/ESPECIES\\_ARBUSTIVAS\\_GRAM%C3%8DNEAS\\_Y\\_LEGUMINOSAS\\_WWW.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/ESPECIES_ARBUSTIVAS_GRAM%C3%8DNEAS_Y_LEGUMINOSAS_WWW.pdf). 2005
37. Predraza O. R., R. S. T. Kátia., A. S. Fernández., I. S. García., B. E. Baca., R. Azcon., A. L.D. Baldani y R. Bonilla. Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y calidad de los suelos. *Ciencia y Tecnología agropecuaria* 11(2), 155-164. 2010.
38. Puertas-Mejía, Miguel A; Ríos-Yepes, Yersica; Rojano, Benjamín Alberto. Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia. *Rev. Cubana Plant Med, Ciudad de la Habana*, v. 18, n. 2, p. 288-297, jun. 2013. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962013000200012&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000200012&lng=es&nrm=iso). accedido en 02 dic. 2023.
39. Puerto-Abreu, Mileydy; Arece-García, J.; López-Leyva, Y.; Roche, Yaima; Molina, M.; Sanavria, A. et al. Efecto in vitro de extractos acuosos de *Moringa oleifera* y *Gliricida sepium* en el desarrollo de las fases exógenas de estrongílicos gastrointestinales de ovinos. 2014
40. Ramírez, I. & Blanco, D. Estudio de la inclusión de microorganismos benéficos en el control de las emisiones de amoníaco presentes en las excretas avícolas en la Granja San Vicente de la provincia El Oro. Ecuador. *Memorias de Congreso Agrociencia 2009*. Universidad Agraria de La Habana. San José de las Lajas, Cuba, 2009
41. Ramírez Padilla David Noel. *Contabilidad Administrativa*, McGraw-Hill De México S.A. De C.V., México, Segunda Edición PP. 5-6, 1986.
42. Salgado, D. *Manual para el uso del EM en la producción avícola*. Ecotecnologías Caracas. 2007.

43. Samac, D., and Kinkel, L. Suppression of the root-lesion nematode (*Pratylenchus penetrans*) in alfalfa (*Medicago sativa*) by *Streptomyces* spp. *Plant and Soil*. 235:35-44. 2001
44. Savón-Valdés, Lourdes L.; Gutiérrez-Borroto, Odilia & Febles-Pérez, G., Eds. Mulberry, moringa and tithonia in animal feed, and other uses. 2017
45. Schlatter, D., Fubuh, A., Xiao, K., Hernandez, D., Hobbie, S., and Kinkel, I. Resource Amendments Influence Density and Competitive Phenotypes of *Streptomyces* in Soil. *Microbial Ecology*. 57:413-420. 2009.
46. Schultze-Kraft, R.; Rao, I. M.; Peters, M.; Clements, R. J.; Bai, C. & Liu, G. Tropical forage legumes for environmental benefits. 2018
47. Sousa, C., Fermino, A., and Garrido M. Characterization of *Streptomyces* with potential to promote plant growth and biocontrol. *Scientia Agricola*. 65(1):50-55. 2008.
48. Ström Katrin. Fungal Inhibitory lactic Acid Bacteria. (Doctoral Thesis on Agricultural Sciences). Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences. Swedish University. Uppsala, 2005.
49. Talaat, Neveen B. Effective microorganisms: An innovative tool for inducing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) salt-tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production. *Scientia Horticulturae* 250, 254. 2019
50. Valles-De la Mora, Braulio, Castillo-Gallegos, Epigmenio, Ocaña-Zavaleta, Eliazar, Jarillo-Rodríguez Jesús . *Cratylia argentea* : Un arbusto forrajero potencial en sistemas silvopastoriles. rendimiento y calidad de accesiones según las edades de rebrote y estaciones climáticas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 2014
51. Vifinex. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional. 2020
52. Visser S., Exterkate, F.A. Slangen C.J., G.J.C.M. de Veer. Comparative study of action of cell wall proteinases from various strains of *Streptococcus cremoris* on bovine  $\alpha$ S1-,  $\beta$ -, and  $\kappa$ -casein *Appl. Environ. Microbiol.*, 52 (1986), pp. 1162-1166. 1986
53. Woodward, D. Soil and Sustainability Effective Microorganism as Regenerative Systems in Earth Healing. Vía on line: <http://p2pays.net/compost/CompostTea/SoilandSustainability.pdf>. 2003.
54. Yanagida, F., Chen, Y., and Shinohara, T. Searching for bacteriocin-producing lactic acid bacteria in soil. *Journal and General Applied. Microbiology*. 52: 21-28. 2006.

55. Zakaria Zunairi, Gairola Sanjay and Shariff Mohd. Effective microorganisms technology for water quality restoration and potential for sustainable water resource and management. International congress on environment modelling and software modelling for environments sake. Ottawa. Canada. 2010.
56. Zhou, Q., Li, K., Jun, X. & Bo, L. Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. Bioresource Technology. 100: 3780-3786. 2009.

# Anexos



Foto 1. Mediciones de emergencia y morfoagronómicas durante el estudio



Foto 2. *Determinaciones analíticas de biomasa y raíz frescas durante el estudio*



Foto 3. *Determinaciones de clorofila, antocianinas, flavonoides y nitrógenos.*