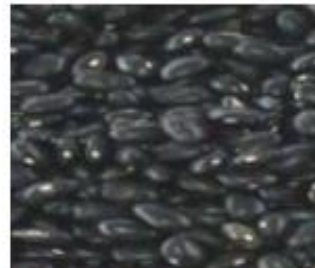


# TRABAJO DE DIPLOMA

## PROYECTO CIENTÍFICO PRODUCTIVO

### EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS BIOPRODUCTOS EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)



Autor: Jucema Patricia Cordero Llerena  
Tutores: Dr. C. Ramón Liriano González.  
M. Sc. Jovana Pérez Ramos.

CURSO: 2022

## **PENSAMIENTO**

Ni el entusiasmo, ni la disciplina, ni el espíritu de sacrificio, ni el trabajo máximo, pueden concretarse en una gran obra, si no hay también conocimientos teóricos donde asentarse.

Ernesto Che Guevara



## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Tribunal

---

Firma

---

Miembro del Tribunal

---

Firma

---

Miembro del Tribunal

---

Firma

---

Miembro del Tribunal

---

Firma

Dado en Matanzas, el día \_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año 2022.

“Año 64 de la Revolución”

## **DECLARACION DE AUTORIDAD**

Declaro que yo, Jucema Patricia Cordero Llerena soy la única autora de este Trabajo de Diploma, por lo que autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

A mis tíos, que sepan que el sacrificio no ha sido en vano.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos aquellos que prestaron sus tareas, los que hicieron café en mitad de la noche, a mis profesores por la confianza.

A mi madre por la fe, mis tíos por su preocupación, mis amigos por el interés, los conocidos en cada sitio que visité relacionado con la carrera y a mis tutores por demostrarme una vez más que se mira de frente y con la cabeza en alto.

De corazón, gracias.

## RESUMEN

En el mundo, el frijol es una de las leguminosas más importante para el consumo humano por su composición nutricional. En Cuba, es un cultivo prioritario en el programa de producción de granos para la sustitución de importaciones por lo que se trabaja en la búsqueda de alternativas que permitan incrementar sus volúmenes de producción a un bajo costo económico y ambiental. En el Departamento de Agricultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas se trabaja con diferentes bioproductos como alternativa a la fertilización química en cultivos de importancia económica, de ahí que el presente trabajo constituye una propuesta de proyecto que tiene como objetivo: Evaluar el efecto de la aplicación de Microorganismos eficientes (ME) y *Trichoderma harzianum* Rifai, en el crecimiento y respuesta productiva del cultivo del frijol. Se efectuó la búsqueda de información para la fundamentación, el diseño de métodos y procedimientos de cada etapa de la investigación, así como de la relación de los recursos y el presupuesto necesario. Se culmina con el cálculo de un presupuesto global de 2 392 308,69 pesos para la ejecución del proyecto en tres años, lo que pudiera contribuir a incrementar los niveles de producción en el cultivo del frijol y satisfacer la creciente demanda de la población.

## **ABSTRACT**

In the world, beans are one of the most important legumes for human consumption due to their nutritional composition. In Cuba, it is a priority crop in the grain production program for import substitution, which is why work is being done in the search for alternatives that allow increasing its production volumes at a low economic and environmental cost. The Department of Agriculture of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Matanzas works with different bioproducts as an alternative to chemical fertilization in crops of economic importance, hence the present work constitutes a project proposal that aims to: Evaluate the effect of the application of Efficient Microorganisms (EM) and *Trichoderma harzianum* Rifai, on the growth and productive response of the bean crop. The search for information was carried out for the foundation, the design of methods and procedures of each stage of the investigation, as well as the relationship of resources and the necessary budget. It culminates with the calculation of a global budget of 2 392 308,69 pesos for the execution of the project in three years, which could contribute to increasing production levels in bean cultivation and satisfy the growing demand of the population.



<b>INDICE</b>	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. FUNDAMENTACIÓN	3
2.1 El cultivo del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	3
2.1.1 Origen	3
2.1.2 Importancia económica y alimenticia	3
2.1.3 Características morfológicas	4
2.1.4 Fases fenológicas	5
2.1.5 Agrotecnia	6
2.1.5.1 Siembra	6
2.1.5.2 Fertilización	6
2.1.5.3 Control de malezas	7
2.1.5.4 Riego	7
2.1.5.5 Cosecha	8
2.2 Microorganismos Eficientes (ME)	8
2.2.1 Antecedentes. Definición	8
2.2.2 Principales microorganismos que componen los ME y funciones	9
2.2.3 Estudios de la aplicación de ME en la producción agrícola	10
2.3 <i>Trichoderma</i> spp.	12
2.3.1 Generalidades	12
2.3.2 Taxonomía	13
2.3.3 Mecanismos de acción	14
2.3.3.1 Antibiosis	14
2.3.3.2 Competencia por espacio y nutrientes	14
2.3.3.3 Micoparasitismo	14
2.3.3.4 Estimulación del crecimiento vegetal	15
2.3.3.5 Inducción de resistencia	17
3. OBJETIVOS	18
4. RESULTADOS ESPERADOS	19

5. METODOS Y PROCEDIMIENTOS. CRONOGRAMA	20
6. RECURSOS NECESARIOS	26
7. PRESUPUESTO	28
8. EVALUACIÓN ECONOMICA FINANCIERA	31
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

## 1. INTRODUCCION

El frijol es una de las leguminosas de grano más importante para el consumo humano a nivel mundial por su composición nutricional, debido a que sus semillas constituyen una de las principales fuentes de proteína y minerales como calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc y las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico (Ulloa *et al.*, 2011; Beebe, 2012).

En Cuba, el frijol es un cultivo de gran demanda en la sociedad, por tradición y por necesidades nutricionales, pues constituye la principal fuente proteica de origen vegetal al alcance de la mayoría de la población (Maqueira, 2017).

La agricultura para incrementar los rendimientos agrícolas se basa en el empleo de fertilizantes y plaguicidas químicos, pero estos constituyen un riesgo para los agroecosistemas y para la salud humana y animal, al provocar efectos en el medio ambiente como la contaminación del agua por nitratos, fosfatos; son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nitroso. La agricultura también provoca según González (2011) la degradación de la tierra, la salinización, el exceso de extracción de agua y la reducción de la diversidad genética agropecuaria.

Debido a esta situación, los científicos buscan nuevas estrategias para disminuir el uso de estos productos agroquímicos, por otros que sean menos agresivos al medioambiente y mantengan rendimientos que permitan satisfacer las demandas de la población, entre los que se encuentran el uso de bioproductos.

En el caso de Cuba, el uso de bioproductos se incrementa gradualmente en la agricultura y su aplicación se hace frecuente y casi imprescindible en el manejo agrotécnico de los cultivos, con ello se busca aumentar los rendimientos agrícolas y garantizar la sostenibilidad biológica y económica de los sistemas de producción (Ordookhani *et al.*, 2010).

Los microorganismos eficientes (EM) son la base de los estudios llevados a cabo por el Dr Teruo Higa, de Japón, basada en un cultivo mixto de microorganismos aislados del medio ambiente los cuales pueden aplicarse como inoculantes con el fin de incrementar la calidad de los suelos así como el rendimiento y calidad de las cosechas. Se definen según Luna y Mesa (2016) como un cultivo mixto de microorganismos benéficos, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente

compatibles unos con otros. Estos microorganismos naturales del suelo desempeñan un papel importante en diferentes transformaciones químicas en los suelos, que influyen en la disponibilidad de macro y micronutrientes para las plantas (Ravindran *et al.*, 2016). También pueden sintetizar y producir fitohormonas, tales como auxinas, citoquininas, giberelinas, el etileno, que logran afectar la proliferación celular en la arquitectura de la raíz, con un aumento de la absorción de nutrientes y de agua (Simranjit *et al.*, 2019). El hongo *Trichoderma spp* destaca por su amplia plasticidad ecológica, metabolismo versátil, adaptabilidad, fácil reproducción y capacidad antagonística, por lo que el uso de cepas de *Trichoderma* promueven el crecimiento de la planta, mejoran la calidad de frutos y potencializan el rendimiento en los cultivos mediante la producción de fitohormonas y promoción de la disponibilidad de fosfatos y otros minerales necesarios para el metabolismo de las plantas (Sharma y Gothwal, 2017).

Por todo lo anteriormente planteado, se propone el siguiente **problema científico**:

La producción del cultivo del frijol, se basa en la utilización de una alta carga de productos químicos (fertilizantes y plaguicidas) que no garantiza la estabilidad de los rendimientos e incrementa los costos económicos y medioambientales.

Como **hipótesis científica** de trabajo se plantea:

La aplicación de Microorganismos eficientes (ME) y *Trichoderma harzianum* Rifai, permitirá lograr una estabilidad de los rendimientos agrícolas y una reducción de los costos económico y medioambientales en el cultivo del frijol.

## **2. FUNDAMENTACIÓN**

### **2.1 El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

#### **2.1.1 Origen**

Kalavacharla *et al.* (2011) afirman que es una especie nativa de Meso y Suramérica. Los frijoles comunes empezaron a cultivarse en el sur de México y Guatemala hace aproximadamente 7 000 años A.C. En México, los nativos cultivaron los frijoles blancos, negros, y todas las demás variedades de color. Puesto que las culturas Mesoamericanas de México cruzaron el continente americano, estos frijoles y las prácticas de cultivo se propagaron poco a poco por toda Suramérica a medida que exploraban y comercializaban con otras tribus. Los primeros exploradores y comerciantes llevaron posteriormente las variedades de frijol americano a todo el mundo, y a principios del siglo XVII, los frijoles ya eran cultivos populares en Europa, África y Asia (Treviño y Rosas, 2013).

#### **2.1.2 Importancia económica y alimenticia**

El frijol se considera estratégico, no solo por sus propiedades nutricionales y culinarias, sino además por su presencia en los cinco continentes del mundo y su importancia para el desarrollo rural y social de muchas economías. Estudios de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) se refieren a este producto como un alimento tradicional para la región, una fuente importante de sustento económico para numerosas familias de bajos ingresos y un elemento de identificación cultural (CEPAL, 2015).

En el mundo, 129 países destinan alrededor de 27,4 millones de hectáreas al cultivo de frijol común en sus diferentes variedades. El volumen anual de esta producción ha estado en el orden de los 23 millones de toneladas (FAOSTAT, 2015). Se estima que más del 30% de la producción mundial de frijol proviene del continente americano. La producción promedio anual de frijol común en la región de Centroamérica y el Caribe pasó de 371 000 toneladas en los años 1990 y 2000, a 566 000 toneladas entre el 2001 y el 2013.

Desde 1994 al 2018 la producción de frijol ha ido en aumento y sobrepasa a nivel mundial los 30 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020).

Los continentes con mayor producción son Asia (44,8%) y América (32,4%), seguida de África (19,9%) y por último Europa (2,6%) y Oceanía (0,2%) con el menor porcentaje. Los países con mayor producción son India, Brasil, Myanmar, China, Estados Unidos, Uganda, Kenya e Indonesia (FAOSTAT, 2020).

El nivel de producción de frijol en Latinoamérica y en Cuba son relativamente bajos, no se logran los resultados alcanzados por países como China, Brasil, entre otros, principalmente porque existen factores que afectan el rendimiento del cultivo, además de los efectos del cambio climático, la presencia de plagas y la deficiencia de nutrientes en los suelos (Martínez *et al.*, 2016).

El frijol es la leguminosa de grano más importante para el consumo humano en el mundo. En términos nutricionales, estos granos son una gran fuente de proteína y son ricos en minerales (especialmente hierro y zinc) y vitaminas (García *et al.*, 2012).

Su importancia radica principalmente en su valor nutritivo, además de ser una fuente elemental de proteínas para el consumo humano, a la vez que contribuye a la gestión de la fertilidad del suelo debido a la fijación de nitrógeno (Dhima *et al.*, 2015).

En Cuba, ha constituido tradicionalmente un componente importante en la dieta, ya que tiene gran importancia nutricional por sus aportes en calorías, fósforo, vitaminas, hierro y otros elementos (Pérez *et al.*, 2017).

### **2.1.3 Características morfológicas**

Planta anual, herbácea, presentan hojas compuestas imparipinnadas, alternas, con estípulas transformadas a espinas. Flores con tendencia de simetría zigomorfa. Característica común es el tipo de fruto legumbre (seco, polispermo, dehiscente por dos suturas, aunque hay excepciones). Las semillas con dos grandes cotiledones (con la reserva del endospermo). Generalmente presentan simbiosis con bacterias nitrificadoras (nódulos en las raíces) que suministra una fuente adicional de nitrógeno por lo que son plantas ricas en proteína (Faure *et al.*, 2013).

### 2.1.4 Fases fenológicas

Muñoz *et al.* (2007), señalan que el desarrollo del cultivo del frijol tiene dos fases: la vegetativa (germinación de la semilla hasta el comienzo de la floración) y la reproductiva (floración hasta la madurez de cosecha).

El cultivo del frijol se distribuye en diez etapas (Figura 1), para desarrollo vegetativo están: Germinación (V0), Emergencia (V1), Hojas primarias (V2), Primera hoja trifoliada (V3), Tercera hoja trifoliada (V4); y en desarrollo reproductivo: Prefloración (R5), Floración (R6), Formación de vainas (R7), Llenado de vainas (R8), y Maduración (R9).

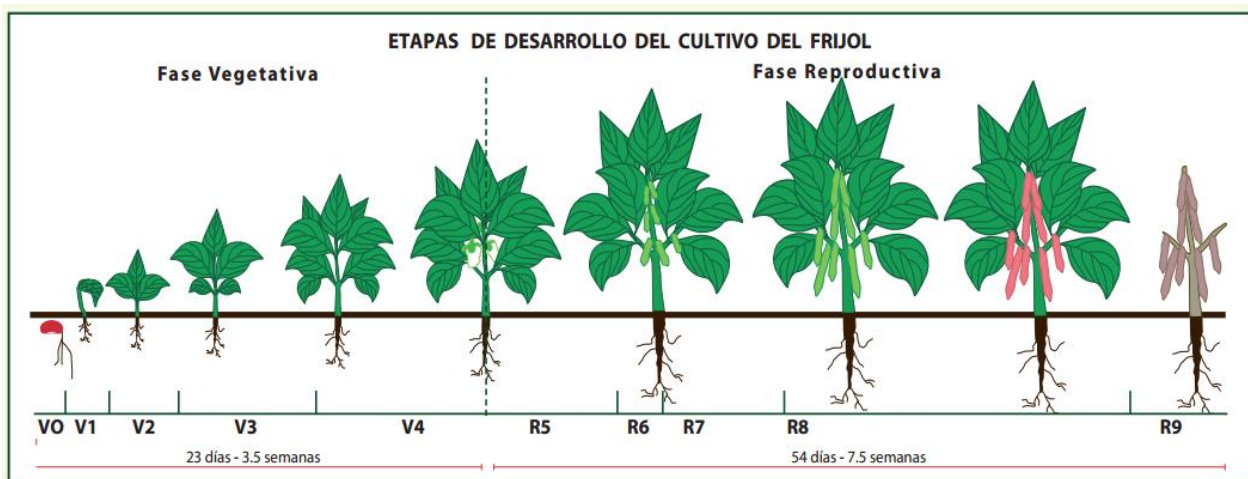


Figura 1. Etapas de desarrollo del frijol.

Fuente: Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura [IICA] (2009)

La duración de las etapas está afectada por factores que incluyen el genotipo (cuyas características, hábitos de crecimiento y precocidad pueden variar), y el clima. Mena *et al.* (2015), informan que existen otros factores tales como las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros, que causan variación en la duración de las etapas.

En la fase vegetativa de acuerdo con Ventura *et al.* (2018) se forma la estructura que la planta requiere para su reproducción, la cual comienza con la germinación de la semilla y termina cuando comienza aparecer la prefloración. La fase reproductiva comienza cuando aparecen los primeros botones florales, que se da a los 36 o 39 días y termina cuando el grano está completamente maduro para su recolección.

## **2.1.5 Agrotecnia**

### **2.1.5.1 Siembra**

Según Martínez *et al.* (2015) la época de siembra más adecuada para el frijol es aquella en que además de ofrecer las condiciones climáticas para un buen desarrollo del cultivo permite que la cosecha coincida con el período de baja o ninguna precipitación para evitar daños en el grano por exceso de humedad. El periodo de siembra del frijol en Cuba es desde el 1 de septiembre al 30 de enero, con fecha óptima 15 de octubre al 30 de noviembre y áreas sin riego desde el 1 de septiembre al 15 de octubre.

La distancia de siembra para las variedades de hábito de crecimiento indeterminado postrado tipo III y II erecto es de 45-70 cm entre surcos y 5,7-7,1 cm entre plantas para una densidad de población de 200 000-250 000 plantas.ha<sup>-1</sup> y 14-17 semillas/metro lineal. Las variedades de hábito de crecimiento determinado tipo I se sembrarán en surcos dobles de 30 + 60 cm a 7,3 cm entre plantas para una población de 300 000 plantas.ha<sup>-1</sup> y 14 semillas/metro lineal (Pérez *et al.*, 2014).

El Ministerio de la Agricultura [MINAG] (2017) recomienda 0,45 m de camellón por 0,07 m de narigón; 0,70 m de camellón por 0,05 - 0,07 m de narigón y 0,90 m de camellón por 0,05 - 0,07 m de narigón.

### **2.1.5.2 Fertilización**

Los suelos para el cultivo del frijol común poseen condiciones físicas y químicas muy variables. Existen suelos cuyas deficiencias nutricionales pueden afectar el desarrollo y rendimiento del cultivo. En diferentes variedades y poblaciones (250 000 y 300 000 plantas.ha<sup>-1</sup>, el promedio de absorción de nutrientes es 133,8 - 16,0 - 116,6 kg.ha<sup>-1</sup> y una media de extracción y exportación de 32,2 - 5,4 - 17,2 kg por tonelada en las semillas de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, para alcanzar el potencial de rendimiento de las variedades, el fertilizante completo debe aplicarse en el fondo del surco en el momento de la siembra (Pérez *et al.*, 2014). Estos autores también recomiendan la aplicación de FitoMas en dosis de 1 a 2,0 L.ha<sup>-1</sup>, por vía foliar, siempre disuelto en agua hasta completar de 200 a 300 L.ha<sup>-1</sup> de volumen final en las etapas V3 y al inicio R5, así como Bayfolan Forte en dosis de 2-3 L.ha<sup>-1</sup> en V4 y R7.



El frijol responde a la inoculación de la semilla con *Rhizobium* (1 kg de inoculo por 46 kg de semilla) para fijar el nitrógeno atmosférico que puede llegar a satisfacer las necesidades de nitrógeno de las plantas hasta un 70%. Se estima que la simbiosis *Rhizobium* leguminosa puede fijar de 24 hasta más de 584 kg de nitrógeno/ha y abastecer en algunos casos hasta 90% de las necesidades de las plantas (Lindström *et al.*, 2010).

La relación leguminosas-rizobios beneficia en la producción de otros cultivos por su gran aporte de nitrógeno al agroecosistema (Colás *et al.*, 2018).

### **2.1.5.3 Control de malezas**

La presencia de arvenses en frijol de acuerdo con Martínez *et al.* (2019) ocasiona grandes pérdidas que oscilan entre el 40,6% y 55,1% en el rendimiento del cultivo. El frijol es una especie susceptible ante la presencia temprana y tardía de las arvenses, la cual afecta su desarrollo y productividad.

Pérez *et al.* (2014) recomiendan entre los métodos de lucha el control preventivo (limpieza de maquinarias, canales de riego, medidas de cuarentena interna y externa), el control cultural (sistemas de preparación de suelo, rotación y asociación de cultivos, deshierbe manual y mecánico) y el control químico (uso de herbicidas).

Ministerio de la Agricultura [MINAG] (2017) indica realizar las labores de cultivo mecanizado o con tracción animal a los 10-20 días después de germinado el cultivo, para las áreas donde no hay respaldo tecnológico con herbicidas.

### **2.1.5.4 Riego**

El frijol necesita alrededor de diez riegos (con una norma neta total promedio de 3 500 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) durante todo el ciclo del cultivo, dependiendo de la variedad y el tipo de suelo, este debe mantenerse en un 80% de capacidad de campo. El frijol tiene cuatro etapas críticas, donde no puede faltar el agua para que el rendimiento no se afecte (35%) germinación, floración, formación de vainas y llenado de las vainas (Pérez *et al.*, 2014).

El déficit de agua provoca varias modificaciones morfofisiológicas en la planta. En las primeras etapas afecta su desarrollo tanto en la planta como en sus hojas y en la parte

reproductiva tiene consecuencia en el llenado de la vaina y por ende en el rendimiento del cultivo (Domínguez *et al.*, 2019).

#### **2.1.5.5 Cosecha**

La cosecha debe organizarse dependiendo de la cantidad de hectáreas y la tecnología disponible para la trilla manual o mecanizada, esta última se puede realizar en dos fases, la primera se realiza cuando las plantas están secas y se cosecha directamente por la combinada, en la segunda primero se corta e hilera dejándola secar y posteriormente la combinada se alimenta del cordón y trilla. El momento óptimo del arranque y corte de las plantas es cuando el grano tiene una humedad entre el 15% y 17% (Pérez *et al.*, 2014).

### **2.2 Microorganismos Eficientes (ME)**

#### **2.2.1 Antecedentes. Definición**

Los ME surgen desde la década de los años 60, aunque los mayores avances comienzan con los estudios del profesor de horticultura Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón aproximadamente en 1970. Este investigador se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, el mismo había sufrido efectos tóxicos de plaguicidas químicos en sus primeros años de ejercitar su profesión (Callisaya y Fernández, 2017).

En experimentos reunió unas 2 000 especies de microorganismos de los cuales 80 mostraron efectos eficaces. El profesor por accidente colocó una mezcla de los ME en arbustos pequeños y al cabo del tiempo observó un estímulo importante en el crecimiento de los mismos. Como tecnología los ME consisten en un cultivo microbiano mixto de especies de microorganismos seleccionadas los cuales coexisten en un pH aproximado de 3,5 (Camones y Noemi, 2015).

Los ME son una mezcla de diferentes microorganismos tanto aerobios como anaerobios con más de 80 cepas, que representan cerca de 10 géneros diferentes 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 o sólido y pueden ser

aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana de suelos y plantas (Zhou *et al.*, 2009).

### **2.2.2 Principales microorganismos que componen los ME y funciones**

Moon *et al.* (2011) y FUNDASES [Fundación de Asesorías para el Sector Rural] (2014) reportan que las principales especies incluidas en preparaciones ME son las bacterias del ácido láctico, las bacterias fotosintéticas, las levaduras, los actinomicetos y los hongos. Según Shuichi (2009) cada una de las especies contenidas en el ME tiene su propia e importante función. Sin embargo, la bacteria fotosintética es el pivote de la tecnología ME, pues soportan las actividades de los otros microorganismos. Por otro lado utilizan para sí mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos.

Las bacterias ácido lácticas son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados, no móviles, anaeróbicos, microaerófilos o aerotolerantes; oxidasa, catalasa y benzidina negativas, carecen de citocromos, no reducen el nitrato a nitrito y producen ácido láctico como el único o principal producto de la fermentación de carbohidratos (Anguiano *et al.*, 2017)

Este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* (*S. lactis*) y *Pediococcus*, que pueden ser aisladas a partir de alimentos fermentados, masas ácidas, bebidas, plantas y los tractos respiratorio, intestinal y vaginal de animales de sangre caliente, entre otros.

Las bacterias fotosintéticas están representadas por las especies *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, microorganismos autótrofos facultativos. Este grupo utiliza como fuente de carbono moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas y como fuente de energía utilizan la luz solar y la energía calórica del suelo (Su *et al.*, 2017).

*R. palustris* es capaz de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, todos los cuales pueden ser utilizados por microorganismos heterótrofos para su crecimiento (Luna y Mesa, 2016).

*R. sphaeroides* además de la actividad fotosintética, muestra gran diversidad metabólica que incluyen litotrofismo, respiración aeróbica y anaeróbica, la fijación de nitrógeno y la síntesis de tetrapiroles, clorofila, hemo y vitamina B12.

Las levaduras son capaces de utilizar diversas fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol) y de energía. Varias especies del género *Saccharomyces* conforman esta comunidad microbiana, aunque prevalece las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Estos microorganismos requieren como fuente de nitrógeno el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos. No son capaces de asimilar nitratos ni nitritos (Vásquez *et al.*, 2016).

De acuerdo con lo afirmado por Meena y Meena (2017) las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y de aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las bacterias ácido lácticas. Como parte de su metabolismo fermentativo producen etanol el cual en elevadas concentraciones puede tener actividad antifúngica.

Los actinomicetos juegan un importante papel en la solubilización de la pared celular o componentes de las plantas, hongos e insectos, por lo cual tienen gran importancia en el compostaje y en la formación de suelos. *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las principales especies de actinomicetos informadas como componentes de ME (Vurukonda *et al.*, 2018).

Los hongos contribuyen con los procesos de mineralización del carbono orgánico del suelo y una gran cantidad son antagónicos de especies fitopatógenas.

Dentro de las principales especies se encuentran: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp y *Mucor hiemalis* Wehmer. Varias especies del género *Penicillium* son excelentes degradadores de lignina y celulosa, muy comunes en los ecosistemas tropicales por su capacidad de secretar enzimas extracelulares, su adaptación a ambientes ácidos, al estrés hídrico y su rápido crecimiento (El-Gendy *et al.*, 2017).

### **2.2.3 Estudios de la aplicación de ME en la producción agrícola**

El uso de la tecnología de ME se ha extendido y cada vez hay un mayor interés por estos bioproductos de bajo costo e impacto ambiental, los que se han utilizado para estimular la germinación, el crecimiento y el desarrollo de las plantas, debido a que producen numerosos compuestos bioactivos (Changas *et al.*, 2015), así como para el control de enfermedades presentes en el suelo (Grosu *et al.*, 2015).

Los efectos beneficiosos de los ME en los cultivos agrícolas están dados según Talaat (2015) al aumento de la eficacia de la materia orgánica como alternativa nutricional, a la resistencia de las plantas a plagas agrícolas y el aumento de la producción de antioxidantes que suprimen los efectos adversos de los radicales libres en el metabolismo de las plantas.

Haney *et al.* (2015) manifiestan que el uso de los ME en plantas, inducen mecanismos de eliminación de insectos y enfermedades, puesto que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas e incrementa la capacidad de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar.

López *et al.* (2017) al estudiar el uso de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepa* L., cv. Caribe-71) obtuvieron un efecto positivo de la aplicación foliar de estos productos en forma de mezcla sobre el cultivo comparado con la fertilización química, dado al aporte de nutrientes y microbiota benéfica que mejora las condiciones del suelo y estimula el crecimiento y desarrollo de la planta.

Calero *et al.* (2018) al evaluar la respuesta de dos cultivares de frijol común (Velazco largo y Cuba cueto [CC-25-9-N]) a la aplicación foliar de microorganismos eficientes concluyeron que la misma estimuló los parámetros morfológicos y productivos evaluados, como el número de hojas, la masa seca, el promedio de vainas, los granos por vainas, la masa de 100 granos y el rendimiento en relación con el control sin aplicación.

Investigaciones realizadas en nuestro país en cultivos de importancia económica como rábano (Calero *et al.*, 2019a; Liriano *et al.*, 2020), pepino (Calero *et al.*, 2019b), frijol (Vasallo *et al.*, 2018; Calero *et al.*, 2019c,) y arroz (Calero *et al.*, 2020) evidencian el efecto benéfico de los ME en el incremento del crecimiento y productividad.

## **2.3 *Trichoderma spp.***

### **2.3.1 Generalidades**

El hongo *Trichoderma spp* fue identificado en 1871 y ha sido ampliamente estudiado, se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas, se le puede encontrar en diferentes zonas y hábitats, especialmente donde existe materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, así como en residuos de cultivos. Esta capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y sustratos confiere a *Trichoderma spp* la posibilidad de ser utilizado en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos para su multiplicación y establecimiento (Sivila y Alvares, 2013). Las especies de *Trichoderma* tienen bajo requerimiento nutrimental pero relativamente amplio rango de temperatura (25-30 °C) para su crecimiento (Sandle, 2014). Además, poseen alta adaptabilidad a condiciones ecológicas y pueden crecer de manera saprofítica, interactúan con animales y plantas (Zeilinger *et al.*, 2016), y se desarrollan en diversos sustratos.

*Trichoderma* es un hongo polivalente, cuyas propiedades lo postulan como agente de control biológico de fitopatógenos y como estimulador de crecimiento de plantas (Páramo y Hernández, 2017).

El éxito de *Trichoderma* como biocontrolador se basa según Navaneetha *et al.* (2015) en su capacidad de sintetizar compuestos antagónicos (proteínas, enzimas y antibióticos), y sustancias promotoras de crecimiento (vitaminas y hormonas), beneficiando así a los cultivos agrícolas.

*Trichoderma* no solo se ha caracterizado por su uso como bioinoculante y como agente de biocontrol, sino también por su capacidad de generar enzimas capaces de degradar residuos orgánicos sólidos, por lo que puede coadyuvar en la mineralización y en la reutilización de los residuos (Marques *et al.*, 2017; Idris *et al.*, 2017).

Según Sandle (2014) *Trichoderma* es un hongo metabólicamente versátil, capaz de utilizar un amplio rango de biomasa vegetal, incluyendo oligosacáridos como sacarosa, rafinosa y polisacáridos como celulosa, inulina, quitina, pectina, y almidón.

Este hongo tiene relevancia industrial y ecológica ya que puede sintetizar y liberar enzimas como celulasas; además de producir diversos metabolitos secundarios como auxinas y giberelinas (Zeilinger *et al.*, 2016).

*Trichoderma* está presente en el mercado como bioplaguicida, biofertilizante, promotor del rendimiento y crecimiento vegetal, y como solubilizador de nutrientes en campos agrícolas o descomponedor de materia orgánica (Hernández *et al.*, 2019).

### 2.3.2 Taxonomía

La primera descripción que se realizó para el género *Trichoderma* se remonta a 1794 por Persoon. A partir de entonces, nuevas especies fueron descritas, comprendiendo más de 200 filogenéticamente definidas para el año 2013 (López *et al.*, 2018).

*Trichoderma* se encuentra clasificado taxonómicamente de la siguiente manera: (Persoon, 1794; Atanasova *et al.*, 2013; Jangir *et al.*, 2017).

Reino Mycetozoa: (Fungi)

División: Ascomycotina

Subdivisión: Pezizomycotina

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Género: *Trichoderma*

El género *Trichoderma* después que se introdujo por Persoon, fue revisado por Rifai (1969) el cual propuso nueve especies agregadas: *Trichoderma piluliferum* Webster & Rifai, *Trichoderma polysporum* (Link ex Pers) Rifai, *Trichoderma hamatum* (Bon) Bain, *Trichoderma koningii* Rifai, *Trichoderma aureoviride* Rifai, *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma longibrachiatum* Rifai, *Trichoderma pseudokoningii* Rifai y *Trichoderma viride* Pers ex S. F Gray. Estas especies se identificaron teniendo en cuenta diferencias morfológicas y fisiológicas, como tipo de ramificación del conidióforo, forma del conidio, crecimiento y coloración de la colonia, entre otras.

Torres *et al.* (2015) informan que el uso de la biotecnología vegetal mediante la introducción de técnicas moleculares en micología evolutiva, permitió revelar la existencia de más de 100 especies distintas en los últimos años.

*T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii* y *T. hamatum* se encuentran entre las especies más destacadas en este género con efectos beneficiosos en el control de hongos

fitopatógenos y las de mayor aplicación en el desarrollo de la agricultura moderna sostenible (Companioni *et al.*, 2019).

### **2.3.3 Mecanismos de acción**

Entre los mecanismos de acción se encuentran la antibiosis (Vinale *et al.*, 2006), la competencia por espacio y nutrientes (Bélanger *et al.*, 1995), el micoparasitismo (Larralde *et al.*, 2008), la estimulación del crecimiento (Harman *et al.*, 2004; Mathivanan *et al.*, 2005) y la inducción de resistencia a estrés biótico y abiótico (Jayaraman *et al.*, 2014; Schirawski y Perlin, 2018; Stringlis *et al.*, 2018).

#### **2.3.3.1 Antibiosis**

*Trichoderma* produce una gran cantidad de compuestos con actividad antifúngica los cuales pueden actuar mediante contacto directo con los agentes patógenos o inhibir su crecimiento o reproducción sin establecer contacto físico (Dennis y Webster, 1971; Hjeljord y Tronsmo, 1998, citados por Companioni *et al.*, 2019).

#### **2.3.3.2 Competencia por espacio y nutrientes**

La capacidad de *Trichoderma* a la hora de colonizar un espacio está dado por su rápido crecimiento y la secreción de metabolitos de diferente naturaleza (Sivan y Chet, 1989). La colonización por *Trichoderma* de los sitios de unión de estos agentes patógenos en la planta permite reducir la enfermedad.

En suelos ricos en materia orgánica o con fertilización completa de acuerdo con Martínez *et al.* (2013) este mecanismo tiene menos valor práctico, en lo cual influyen factores como el tipo de suelo, pH, temperatura y humedad.

#### **2.3.3.3 Micoparasitismo**

Constituye uno de los principales mecanismos de acción relacionado al control biológico de hongos fitopatógenos y se basa en su capacidad de parasitar a otros hongos. Este ocurre según Companioni *et al.* (2019) en cuatro etapas:

1) Crecimiento quimiotrófico: *Trichoderma* puede detectar a distancia a sus posibles hospedantes.



2) Reconocimiento: se considera que existe una alta especificidad del antagonista por su sustrato.

3) Adhesión y enrollamiento: ocurre por la asociación de un azúcar de la pared del antagonista con una lectina presente en la pared del patógeno.

4) Actividad lítica donde la producción de enzimas líticas extracelulares, tales como quitinasas, glucanasas y proteasas degradan las paredes celulares del organismo patógeno y posibilitan que las hifas de *Trichoderma* penetren al hospedero.

Durante el proceso de micoparasitismo, *Trichoderma* secreta enzimas que hidrolizan la pared celular de los hongos que parasita, siendo las más conocidas las proteasas, las quitinasas y las glucanasas (García *et al.*, 2016), y provocan la retracción de la membrana plasmática y la desorganización del citoplasma. También inhiben la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo (Romero *et al.*, 2016)

#### **2.3.3.4 Estimulación del crecimiento vegetal**

Las especies del género *Trichoderma* mejoran el crecimiento de las plantas, favoreciendo el desarrollo de la raíz, la captación de nutrientes y la resistencia al estrés abiótico, mejorando su productividad en campo hasta en un 300% (Bae *et al.*, 2009), lo cual es debido de acuerdo con Contreras *et al.* (2011) a la producción de fitohormonas (auxinas y citoquininas), la solubilidad y el aumento en la disponibilidad de fosfatos, micronutrientes y minerales tales como hierro, manganeso y magnesio.

Awasthi *et al.* (2011) plantean que el aporte benéfico a las plantas de *T. harzianum* está dado a través de la descomposición de materia orgánica, liberando nutrientes en formas disponibles y favoreciendo la actividad solubilizadora de fosfatos.

La promoción en el crecimiento de las plantas por *Trichoderma spp*, puede deberse no solo a un mejoramiento del sistema radicular, sino también a que facilita la hidrólisis de celulosa del suelo. Asimismo, es capaz de liberar sustancias, como los compuestos quelantes, que aumentan la disponibilidad de nutrientes en las plantas dando como resultado un incremento de la biomasa vegetal. De esta manera *Trichoderma spp* favorece la nutrición de las plantas generando una absorción más eficiente de nutrientes. Esto puede conducir a una modificación en las prácticas de manejo hacia una disminución y uso más racional de fertilizantes (Contreras *et al.*, 2013).

Varios aislados de este controlador biológico son capaces de producir más de 70 metabolitos, entre ellos sustancias estimuladoras del crecimiento y del desarrollo de las plantas. Este grupo de microorganismos son capaces de secretar determinados compuestos de naturaleza hormonal, así como diferentes ácidos orgánicos que disminuyen el pH del suelo (Singh *et al.*, 2016; Youssef *et al.*, 2016). Además, poseen la capacidad de solubilizar los fosfatos y otros nutrientes. De esta manera mejoran el desarrollo de la planta.

Al respecto Torres *et al.* (2015) y Sharma *et al.* (2017) coinciden en afirmar que diversas especies de este género están asociadas con la rizosfera de plantas o pueden relacionarse de manera endofítica, por lo que pueden promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante la producción de auxinas y giberelinas; también pueden producir ácidos orgánicos (glucónico, fumárico, y cítrico) que pueden disminuir el pH del suelo y propiciar la solubilización de fosfatos, magnesio, hierro y manganeso, los cuales son vitales para el metabolismo vegetal.

Existen numerosos reportes de la acción de *Trichoderma* como estimulador de crecimiento en una amplia gama de cultivos. Reyes (2005) citado por Valdés (2014) lo refiere como estimulador de crecimiento en especies tales como clavel (*Dianthus caryophyllus* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), arveja (*Pisum sativum* L.), pimienta (*Piper nigrum* L.), rábano (*Rhapanus sativus* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), zanahoria (*Daucus carota* L.) papa (*Solanum tuberosum* L.), algodón (*Gossypium herbaceum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L) entre otras.

En plántulas, *Trichoderma* promueve el desarrollo de tejidos meristemáticos primarios, los cuales aumentan la altura de plántula, el peso y el desarrollo de las raíces laterales que mejoran la asimilación de nutrientes y con ello la acumulación de antocianinas en hojas (Contreras *et al.*, 2011; Marín *et al.*, 2016).

La inoculación de *Trichoderma* tiene efecto en el crecimiento y desarrollo de cultivos de importancia agrícola como *Solanum lycopersicum* L., *Theobroma cacao* L., *Salvia hispánica* L., *Zea mays* L., *Nicotina tabacum* L., *Lactuca sativa* L., *Raphanus sativus* L., *Capsicum annuum* L. var. *longum* y *Capsicum chinense* Jacq. (Candelero *et al.*, 2015).

### **2.3.3.5 Inducción de resistencia**

Algunas cepas de *Trichoderma* pueden activar un mecanismo nativo de defensa en las plantas conocido como inducción de resistencia sistémica. La activación de estos mecanismos suponen que pueden controlar a agentes patógenos distantes del lugar donde se encuentran físicamente el antagonista (Hatman *et al.*, 2004; Schuster y Schmoll, 2010). Estos mecanismos aceleran la respuesta frente al agente fitopatógeno y mejoran de este modo la resistencia de la planta. A su vez, permite disminuir la incidencia de la enfermedad en la planta.

### **3. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la aplicación de Microorganismos eficientes (ME) y *Trichoderma harzianum* Rifai, en el crecimiento y respuesta productiva del cultivo del frijol.

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Determinar el efecto de la aplicación de los bioproductos estudiados en el crecimiento del cultivo del frijol.
2. Evaluar la respuesta productiva del cultivo del frijol a la aplicación de Microorganismos eficientes (ME) y *Trichoderma harzianum* Rifai.
3. Determinar la influencia de los bioproductos sobre la calidad del grano de *Phaseolus vulgaris* L.

#### **4. RESULTADOS ESPERADOS**

1. Desarrollo de una nueva variante tecnológica como alternativa a la fertilización química en el cultivo del frijol.
2. Estabilidad e incremento de los volúmenes de producción.
3. Disminución de los costos de producción y la obtención de ingresos económicos.
4. Publicaciones en revistas de alto impacto.
5. Presentación en eventos científicos nacionales e internacionales.
6. Capacitación a los productores de frijol involucrados en la aplicación de los bioproductos estudiados en la provincia.

## **5. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS. CRONOGRAMA**

El proyecto consta de cinco etapas que se desarrollarán en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas, en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) y en la Empresa Agropecuaria “Máximo Gómez Baéz”, municipio Perico.

### **1<sup>ra</sup> Etapa: Revisión del estado del arte.**

En esta etapa se conformará el equipo que trabajará en el futuro proyecto, para lo que se tendrán en cuenta los profesores e investigadores que poseen experiencia en la temática, profesionales de la producción, así como, estudiantes vinculados a las investigaciones de la facultad. Las tareas a desarrollar son las siguientes:

Revisión de bibliografía sobre el tema a investigar.

- Cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Importancia, producción nacional, variedades comerciales, agrotecnia, cosecha y manejo poscosecha.
- Microorganismos Eficientes (ME). Definición, principales microorganismos que componen los ME y funciones, dosis y formas de aplicación, resultados de la aplicación de ME en la producción agrícola.
- *Trichoderma spp.* Características, mecanismos de acción, recomendaciones sobre dosis y formas de aplicación, efectos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

### **2<sup>da</sup> Etapa: Caracterización edafoclimáticas de la zona de estudio.**

2.1 Análisis de suelo.

2.1.1 Clasificación de los suelos.

La clasificación del suelo se obtendrá a partir de la base cartográfica digital de Clasificación de los Suelos de Cuba, en su segunda versión genética, escala 1:25 000, realizada por el Departamento de Suelo y Fertilizante, del Ministerio de la Agricultura, obtenida de Geo-Cuba.

2.1.2 Caracterización química del suelo.

En el laboratorio de suelo de la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) se determinaran: pH, materia orgánica (%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ppm) y cationes cambiabiles (cmol.kg<sup>-1</sup>) K<sup>+</sup> Ca<sup>2+</sup> Mg<sup>2+</sup> Na<sup>+</sup>

## 2.2 Caracterización climática.

Se determinaran los valores de la media mensual y anual de las variables temperatura (°C), precipitaciones (mm) y humedad relativa (%) en los períodos comprendidos entre 1996-2025 (histórico) y 2016-2025 (últimos 10 años), para lo cual se consultaran los datos de la estación meteorológica ubicada en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, municipio de Perico.

### **3<sup>ra</sup> Etapa: Composición general del inóculo de Microorganismos Eficientes.**

La composición general del inóculo de Microorganismo eficiente a estudiar se realizara en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas. El aislamiento de los grupos de bacterias, hongos y levaduras se efectuara según la metodología de las diluciones seriadas (Stanier, 1996). Para estos grupos microbianos, se realizaran diluciones en solución salina estéril (0,9% de NaCl) hasta 10<sup>-6</sup>. Posteriormente se inocularan 0,5 mL en la superficie de los medios, placas que contenían agar nutriente para bacterias, dilución 10<sup>-6</sup>; agar Saborout para hongos, dilución 10<sup>-5</sup> y agar papa dextrosa para levaduras, dilución 10<sup>-4</sup>. La incubación para bacterias se efectuara a 37 °C durante 24 h mientras que para hongos y levaduras a 30 °C durante 24-72 h (Incubadora TermoScientific).

### **4<sup>ta</sup> Etapa: Evaluación de la aplicación de Microorganismos Eficientes y *Trichoderma harzianum* Rifai, en el crecimiento y respuesta productiva del cultivo del frijol.**

Para el cumplimiento de los objetivos planteados durante el trabajo experimental se valoró desarrollar tres experimentos en la Empresa Agropecuaria “Máximo Gómez Baéz”, municipio Perico, de forma tal que los resultados del primero y segundo experimento terminado (dosis del bioproducto estudiado más efectiva) constituyan los

precedentes utilizados en los tratamientos del tercer experimento. Las características de cada uno de los experimentos se presentan continuación:

Experimento I. Evaluación de la aplicación de Microorganismos Eficientes.

Los tratamientos a estudiar son los siguientes:

T1 = Control sin aplicación de bioproducto.

T2 = Microorganismos Eficientes a 20 L.ha<sup>-1</sup>

T3 = Microorganismos Eficientes a 30 L.ha<sup>-1</sup>

T4 = Microorganismos Eficientes a 40 L.ha<sup>-1</sup>

Experimento II. Evaluación de la aplicación de *Trichoderma harzianum* Rifai.

Se estudiarán cuatro tratamientos que se relacionan a continuación:

T1 = Control sin aplicación de bioproducto.

T2 = *Trichoderma harzianum* Rifai a 5 kg.ha<sup>-1</sup>

T3 = *Trichoderma harzianum* Rifai a 10 kg.ha<sup>-1</sup>

T4 = *Trichoderma harzianum* Rifai a 15 kg.ha<sup>-1</sup>

Experimento III. Evaluación de la aplicación simple y combinada de Microorganismos eficientes (ME) y *Trichoderma harzianum* Rifai.

Para el desarrollo del presente experimento se establecerán cuatro tratamientos:

T1 = Control sin aplicación de bioproducto.

T2 = Dosis de ME más efectiva (resultante del experimento I)

T3 = Dosis de *Trichoderma harzianum* Rifai más efectiva (resultante del experimento II)

T4 = Aplicación combinada de la dosis más efectiva de Microorganismos eficientes (ME) y *Trichoderma harzianum* Rifai.

Se efectuarán tres aplicaciones de los bioproductos a estudiar: en el momento de la siembra, a los 10 y 20 días de la germinación de la semilla.

En cada uno de los experimentos se determinarán como variables respuesta las siguientes:



#### VARIABLES DEL CRECIMIENTO DE LA PLANTA

1. Altura de la planta (cm)
2. Diámetro del tallo (mm)
3. Número de hojas por planta
4. Número de flores por planta
5. Materia seca ( $\text{g.planta}^{-1}$ )

#### VARIABLES DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

1. Número de legumbres por planta
2. Número de granos por planta
3. Número de granos por legumbre
4. Masa de 100 granos (g)
5. Rendimiento total ( $\text{t.ha}^{-1}$ )

#### VARIABLES DE CALIDAD DEL GRANO.

Se tendrá en cuenta los indicadores fundamentales que se evalúan en la determinación de la calidad culinaria y nutricional del grano del frijol de acuerdo con Mederos (2006).

##### ➤ Calidad nutricional

1. Contenidos de proteínas. Para su determinación en granos de frijol, se obtiene el contenido de nitrógeno por el método del micro-Kjeldahl (Concon y Soltess, 1973), y con este valor se realiza la conversión de nitrógeno a proteína, multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor 6.25.
2. Contenido de carbohidratos.  
Almidón. Se determinara por el método multienzimático usando Termamyl® y amiloglucosidasa (Holm, 1986).
3. Fibra. Para su determinación se utilizara el método de Soxhlet (AOAC, 1995).
4. Contenido de micronutrientes. El contenido total de minerales se determinara mediante los métodos descritos por la American Association of Cereal Chemistry (AACC, 1976).

➤ Calidad culinaria

1. Contenido de testa. Se determinara mediante la separación de esta estructura del grano luego de un remojo y posterior secado a 80 °C (Pérez *et al.*, 2002).
2. Capacidad de absorción de agua (CAA). Se determinara registrando el peso inicial de las muestras y el peso final luego de remojarlas por 18 horas, y se cuantificara mediante la siguiente formula (Pérez *et al.*, 2002).

$$CAA = \frac{\text{Peso de muestra después del remojo} - \text{peso inicial de la muestra}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100$$

3. Tiempo de cocción. Para su determinación se remoja una muestra de 25 semillas por 18 horas y se pasan a un cocedor Mattson-200. El tiempo de cocción quedará registrado cuando 20 de las 25 semillas (80%) hayan sido atravesadas por las agujas del equipo colocado en el recipiente con agua en ebullición (Acosta *et al.*, 2002).
4. Condiciones y el tiempo de almacenamiento.

Para el procesamiento de la información se elaborara una base de datos en Excel y se utilizara el programa estadístico Statgraphic plus 5.1 sobre Windows. Se determinara el ajuste a una distribución normal mediante la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza mediante la prueba de bartlett (Sigarroa, 1985). En los casos en que los datos cumplan los requisitos exigidos se procesaran mediante Anova de clasificación simple y se utilizara la prueba de rangos múltiples de Duncan para la comparación entre medias. Para los datos que no cumplan con estas premisas, se utilizara la prueba de Kruskal-Wallis y las medias serán comparadas mediante la prueba de rangos múltiples de Student-Newman-Kwels (SNK) ( $p \leq 0,05$ ).

**5<sup>ta</sup> Etapa: Implementación y generalización de los resultados obtenidos.**

Serán socializados los resultados obtenidos a los productores de la Empresa Agropecuaria “Máximo Gómez Báez” a través de conferencias, talleres, demostraciones en el campo, materiales didácticos, etc.

## CRONOGRAMA

Tabla 1. Cronograma de las principales tareas a ejecutar durante el desarrollo del proyecto.

Etapas	Tareas	Fechas de inicio	Fechas de culminación
<b>1<sup>ra</sup> Etapa:</b> Revisión del estado del arte.	Revisión bibliográfica y elaboración de proyecto	Febrero 2023	Mayo 2023
<b>2<sup>da</sup> Etapa:</b> Caracterización edafoclimáticas de la zona de estudio	Clasificación de los suelos.	Junio 2023	Septiembre 2023
	Caracterización química del suelo.	Junio 2023	Septiembre 2023
		Junio 2024	Septiembre 2024
	Caracterización climática.	Junio 2023	Enero 2025
<b>3<sup>ra</sup> Etapa:</b> Caracterización del inóculo de Microorganismos Eficientes.	Aislamiento de los grupos de bacterias, hongos y levaduras según la metodología de las diluciones seriadas (Stanier, 1996).	Septiembre 2023	Septiembre 2023
		Septiembre 2024	Septiembre 2024
<b>4<sup>ta</sup> Etapa:</b> Evaluación de la aplicación de Microorganismos Eficientes y <i>Trichoderma harzianum</i> Rifai en el crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol	Experimento I. Evaluación de la aplicación de ME.	Octubre 2023	Enero 2024
	Experimento II. Evaluación de la aplicación de <i>Trichoderma harzianum</i> Rifai.	Octubre 2023	Enero 2024
	Experimento III. Evaluación de la aplicación simple y combinada de ME y <i>Trichoderma harzianum</i> Rifai.	Octubre 2024	Enero 2025
Procesamiento estadístico de los resultados		Febrero 2024	Abril 2024
		Febrero 2025	Abril 2025
Escritura del informe		Mayo 2025	Septiembre 2025
Presentación de los resultados		Noviembre 2025	

## 6. RECURSOS NECESARIOS

En las tabla 2 se presentan los recursos humanos necesarios para desarrollar el proyecto.

Tabla 2. Recursos humanos para desarrollar el proyecto.

<b>Nombres y apellidos</b>	<b>Jefe de resultado</b>	<b>Grado científico</b>	<b>Categoría docente</b>	<b>Entidad</b>	<b>% de participación</b>
Ramón Liriano González	X	Dr. C.	Profesor titular	UM	20
Leonel Marrero Artabe		Dr. C.	Profesor titular	UM	15
Enildo O. Abreu Cruz		Dr. C.	Profesor titular	UM	15
Jorge L. Alvarez Marqués		M. Sc.	Profesor auxiliar	UM	10
Yunel Pérez Hernández		M. Sc.	Profesor auxiliar	UM	10
Iraní Placeres Espinosa		Dr. C.	Profesor titular	UM	10
Jovana Pérez Ramos		M. Sc		UM	10
Especialista laboratorio de suelo EPICA.				AZCUBA	5
Especialista de la producción.				MINAG	5

En la tabla 3 se presentan los recursos materiales necesarios para el desarrollo del proyecto, los cuales serán aportados por las instituciones participantes.

Tabla 3. Recursos materiales que aportan las instituciones participantes.

Recursos necesarios	
Aporte institucional	Materiales
Universidad de Matanzas	Cristalería.
	Agua destilada y corriente.
	Balanza digital.
	Autoclave.
	Estufa.
	Reactivos.
	pH digital.
	Zaranda.
	Incubadora TermoScientic.
	Cocedor Mattson-200.
Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA)	Reactivos.
	pH digital.
	Cristalería.
	Plancha de calentamiento.
	Espectro fotómetro visible.
Empresa Agropecuaria “Máximo Gómez Báez”	Transporte.
	Bioproductos.
	Personal técnico y obreros agrícolas.
	Equipos e implementos.
	Insumos productivos.
	Mochilas para asperjar.
	Pie de rey.
	Cinta métrica.
	Balanza analítica y de campo.
Insumos de oficina.	

## 7. PRESUPUESTO

En la tabla 4 se presenta el presupuesto del proyecto que incluye los gastos previstos en moneda nacional (MN).

Tabla 4. Presupuesto del proyecto en moneda nacional (MN).

Concepto	Años			Total
	2023	2024	2025	
Salario básico (1)	549 890,00	599 880,00	549 890,00	1 699 660,00
Otras retribuciones (2)	66 286,00	72 312,00	66 286,00	204 884,00
Salario complementario (9,09 % del salario total anual) (3)	49 984,88	54 528,96	49 984,88	154 498,72
Subtotal (4)	666 160,88	726 720,96	666 160,88	2 059 042,72
Seg. Social (5)	93 262,52	101 740,93	93 262,52	288 265,97
Impuestos por la utilización de la fuerza de trabajo (6) según lo aprobado para el año.				
Recursos materiales (7)	5 500,00	6 000,00	5 500,00	17 000,00
Subcontrataciones (8)				
Otros recursos (9)	9 000,00	10 000,00	9 000,00	28 000,00
Subtotal (10)	107 762,52	117 740,93	107 762,52	333 265,97
Total Gastos Corrientes Directos (11)	773 923,40	844 461,89	773 923,40	2 392 308,69
Gastos de Capital (12)				
Gastos Indirectos (13)				
Total Gastos (14)				
Total General del Proyecto	773 923,40	844 461,89	773 923,40	2 392 308,69

Salario (1): Presupuesto de salario del personal vinculado directamente al proyecto, de acuerdo con su por ciento de participación. La cifra anual comprende solamente 11 meses pues el mes de vacaciones está considerado en el 9,09% del salario anual.

Otras retribuciones (2): Presupuesto de otros gastos correspondientes a cualquier otro pago al personal directamente vinculado al proyecto y que no constituye salario, como por ejemplo pago de estimulación, pago por participación en proyectos, entre otros.

Salario complementario (3): Presupuesto correspondiente a las vacaciones del personal directamente vinculado al proyecto. Corresponde al 9,09% de la suma de las cifras que aparecen en (1) y (2).

Subtotal (4): Cifra que incluye la suma de (1), (2) y (3): salario, otras retribuciones y salario complementario.

Seguridad social (5): 14% de la cifra subtotal (4)

Impuesto por la utilización de la fuerza de trabajo (6): según el por ciento aprobado en el año (4)

Recursos materiales (7): Presupuesto vinculado a los gastos previstos para la adquisición de los recursos materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

Subcontrataciones (8): Presupuesto para el pago de los servicios o actividades que la entidad ejecutora principal prevé contratar para la ejecución del proyecto.

Otros recursos (9): Presupuesto para todo tipo de recursos y actividades que requieran financiamiento, tales como: investigación del estado de la técnica, vigilancia tecnológica, protección legal de los resultados, aseguramiento de la calidad, gestión ambiental, formación de recursos humanos, publicación de documentos, viajes y dietas, pago de licencias, gastos de celebración de eventos, entre otros.

Sub-total (10): Cifra que incluye la suma de (5), (6), (7), (8) y (9)

Total de gastos corrientes directos (11): Se calcula sumando los subtotales (4) y (10).

Gastos de capital (12): Presupuesto para los gastos correspondientes a inversiones materiales o compra de activos fijos (equipos y otros) necesarios para el proyecto. Deben estar en correspondencia con el plan de inversiones de la entidad y tienen que cumplimentar los aspectos relacionados con la política del proceso inversionista.

Gastos Indirectos (13): Son aquellos gastos que no son identificables con el proyecto y se relacionan con él de forma indirecta. La característica de estos gastos está dada por la imposibilidad de asociarlos directamente a un proyecto específico, ya que son gastos que se relacionan con la actividad general de la entidad, por lo que se aplican a cada Centro de Costo (Proyecto) por la vía del prorrateo (Coeficiente de Gastos Indirectos),

sobre determinadas bases, como por ejemplo los salarios directos. Como ejemplos más comunes de gastos indirectos a la actividad del Proyecto se pueden citar: gastos de reparaciones generales, mantenimiento, gastos de salario de personal relacionado indirectamente con el proyecto, gastos de electricidad, agua, gas, depreciación de instalaciones o equipos, desgastes de útiles y herramientas, servicios de teléfono, comunicaciones e internet, entre otros.



## **8. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA**

La ejecución de este proyecto de investigación permitirá que los productores dispongan de dos bioproductos como alternativa a la fertilización química. La aplicación de los mismos traerá como beneficio la estabilidad e incremento de la producción con alto valor comercial y la disminución de los costos.

Desde el punto de vista económico no será necesario ejecutar nuevas inversiones ya que se dispondrá de las instalaciones, maquinarias y equipos de las instituciones participantes, las que tendrán a su cargo la fase experimental, siendo imprescindible la disponibilidad de los recursos financieros para la adquisición de reactivos, el pago de salarios, viáticos, cuotas de participación en eventos, pago de servicios, publicaciones etc.

El manejo tecnológico que se derive de esta investigación podrá utilizarse en la capacitación de los obreros, técnicos y profesionales vinculados al sector agrícola y en específico aquellos relacionados con la producción del cultivo del frijol, lo que tributará a incrementar su preparación en esta temática. Las publicaciones y participaciones en eventos científicos que realicen los integrantes del proyecto permitirán difundir los resultados obtenidos.

Por otra parte, la ejecución de este proyecto traerá consigo un impacto desde el punto de vista ambiental, al fomentar un manejo agroecológico basado en el uso de productos alternativos vinculados con la nutrición y estimuladores del crecimiento vegetal.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC (American Association of Cereal Chemistry). 1976. Approved methods of analysis, 6<sup>th</sup> ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists.

Acosta, J. A.; Jacinto, C.; Bernal, I.; Hernández, H. y Azpíroz, H. S. 2002. Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. *Agrociencia*. 36(4): 451-459.

Anguiano, J. M.; Anguiano, J. y Palma, J. M. 2017. Inoculation of substrate with lactic acid bacteria for the development of *Moringa oleifera* Lam plantlets. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 51(2): 1-7.

AOAC. 1995. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed. Virginia: Assoc. Official Analysis Chemists (AOAC).

Atanasova, L.; Druzhinina, I. S. y Jaklitsch, W. M. 2013. Two hundred *Trichoderma* species recognized on the basis of molecular phylogeny. En: *Trichoderma* biology and applications. Mukherjee PK, Horwitz BA, Singh US, Mukherjee M, Schmoll M. Wallingford, UK: CABI. p. 10-42.

Awasthi, R.; Tewari, R. y Nayyar, H. 2011. Synergy between plants and P-solubilizing microbes in soils: effects on growth and physiology of crops. *International Research Journal of Microbiology*. 2(12): 484-503.

Bae, H.; Sicher, R. C.; Kim, M. S.; Kim, S.; Strem, M. D.; Melnick, R. L. y Bailey, B. A. 2009. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. *Journal of Experimental Botánica*. 60(11): 3279-3295.

Beebe, S. E. 2012. Common bean breeding in the tropics. *Plant Breed*. 36(1): 357-426.

Bélanger, R. R.; Dufour, N.; Caron, J. y Benhamou, N. 1995. Chronological events associated with the antagonistic properties of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea*: Indirect evidence for sequential role of antibiosis and parasitism. *Biocontrol Science and Technology*. 5(1): 41-54.

Calero, A.; Olivera, D.; Pérez, Y.; González-Pardo, Y.; Yáñez, L. A. y Peña, K. 2020. Manejo de diferentes densidades de plantación y aplicación de microorganismos eficientes que incrementan la productividad del arroz. *IDESIA*. 38(2): 109-117.

Calero, A.; Pérez, Y.; Peña, K.; Quintero, E. y Olivera, D. 2019a. Efecto de tres bioestimulantes en el comportamiento morfológico y productivo del cultivo del rábano (*Raphanus sativus* L.). *Facultad de Agronomía (LUZ)*. 36(1): 54-73.

Calero, A.; Quintero, E.; Olivera, D.; Pérez, Y.; Castro, I.; Jiménez, J. y López, E. 2018. Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*. 39(3): 5-10.

Calero, A.; Quintero, E.; Pérez, Y.; González, Y. y González, T. N. 2019b. Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. *U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*. 22(2): 1-9.

Calero, A.; Quintero, E.; Pérez, Y.; Olivera, D.; Peña, K. y Jiménez, J. 2019c. Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 17(1): 25-33.

Callisaya, Y. y Fernández, C. M. 2017. Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. *Apthapi*. 3(3): 652-666.

Camones, C. y Noemi, L. 2015. Efecto de la aplicación de tres dosis de humus y microorganismos eficaces en el cultivo del brocoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en

Marcara, Carhuaz. UNASAM, Huaraz, Perú [en línea]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1062>. [Consulta: septiembre, 19 2022].

Candelerio, D. J.; Cristóbal, A. J.; Reyes, R. A.; Tun, S. J. M.; Gamboa, A. M. M. y Ruíz, S. E. 2015. *Trichoderma* spp. promotoras del crecimiento en plántulas de *Capsicum chinense* Jacq. y antagónicas contra *Meloidogyne incognita*. *Internacional de Botánica Experimental* φYTON. 84: 113-119.

CEPAL. 2015. Evolución del sector agropecuario en Centroamérica y la República Dominicana, 1990-2013. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (LC/MEX/L.1175). México, D.F. 143 p.

Changas, A. F.; De Oliveira, A. G.; De Oliveira, L. A.; Dos Santos, G. R.; Changas, L. F.; Lopes da Silva, A. L. y da Luz Costa, J. 2015. Production of indole-3-acetic acid by bacillus isolated from different soils. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 21(2): 282-287.

Colás, A.; Díaz, B.; Rodríguez, A.; Gatorno, S. y Rodríguez, O. 2018. Efecto de la biofertilización en la morfo fisiología y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Agrícola*. 45(4): 34-42.

Companioni, B.; Domínguez, G. y García, R. 2019. *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*. 19(4): 237-248.

Concon, J. M. y Soltess, D. 1973. Rapid micro Kjeldahl digestion of cereal grains and other biological materials. *Analytical Biochemistry*. 53(1): 35-41.

Contreras, H. A.; Macías, L.; Beltrán, E.; Herrera, A. y López, J. 2011. *Trichoderma* induced plant immunity likely involves both hormonal and camalexin dependent

mechanisms in *Arabidopsis thaliana* and confers resistance against necrotrophic fungus *Botrytis cinerea*. *Plant Signaling & Behavior*. 6(10): 1554-1563.

Contreras, H. A.; Ortiz, R. y López, J. 2013. Promotion of Plant Growth and the Induction of Systemic Defence by *Trichoderma*: Physiology, Genetics and Gene Expression. En *Trichoderma* Biology and applications (Eds.) Mukherjee, P. K., Horwitz, B.A., Singh U. S. Mukherjee, M. & Schmoll, M. CAB International. p. 173-194.

Dhima, K.; Vasilakoglou, I.; Stefanou, S. y Eleftherohorinos, I. 2015. Effect of cultivar, irrigation and nitrogen fertilization on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Productivity Agricultural Sciences*. 6(10): 1187-1194.

Domínguez, A.; Darias, R.; Martínez, Y. y Alfonso, E. 2019. Tolerancia de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) a condiciones de sequía en campo. *Centro Agrícola*. 46(3): 22-29.

El-Gendy, M. A. A.; Al-Zahrani, S. H. M. y El-Bondkly, A. M. A. 2017. Construction of potent recombinant strain through intergeneric protoplast fusion in endophytic fungi for anticancerous enzymes production using rice straw. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 183(1): 30-50.

FAOSTAT. 2015. Base de Datos de Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Consumo mundial de frijol [en línea]. Disponible en: [www.faostat.com](http://www.faostat.com). [Consulta: octubre, 18 2022].

FAOSTAT. 2020. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. [Consulta: octubre, 18 2022].

Faure, B.; Benítez, R.; León, N.; Chaveco, O. y Rodríguez, O. 2013. Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Editora Agroecológica, Artemisa, Cuba. 35 p.

FUNDASES (Fundación de Asesorías para el Sector Rural). 2014. Microorganismos Eficaces [en línea]. Disponible en: <http://fundases.com/p/solbac.html>. [Consulta: octubre, 11 2022].

García, C. N.; Mamani, M. M.; Chávez, G. A. y Álvarez, M. T. 2016. Evaluación de la actividad enzimática del *Trichoderma inhamatum* (BOL-12 QD) como posible biocontrolador. Journal of the Selva Andina Research Society. 7(1): 20-32.

García, P.; Carro. L.; Robledo. M.; Ramírez, M. H.; Flores, J. D.; Fernández, M. T.; Mateos, P. F.; Rivas, R.; Igual, J. M.; Martínez, E.; Peix. A. y Velázquez, E. 2012. Rhizobium promotes non-legumes growth and quality in several production steps: Towards a biofertilization of edible raw vegetables healthy for humans. PLoS ONE. 7(5): 1-7.

González, F. 2011. Contaminación por fertilizantes un serio problema ambiental [en línea]. Disponible en: <http://fgonzalesh.blogspot.com/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html> [Consulta: septiembre, 19 2022].

Grosu, A. I.; Siciua, O. A.; Dobre, A.; Voaides, C. y Cornea, C. P. 2015. Evaluation of some *Bacillus* spp. Strains for the biocontrol of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* in wheat. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 6: 559-566.

Haney, C. H.; Samuel, B. S.; Bush, J. y Ausubel, F. M. 2015. Associations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. Nat. Plants. 1(6): 1-22.

Harman, G. E.; Howell, C. R.; Viterbo, A.; Chet, I. y Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*. 2(1): 43-56.

Hernández, D. J.; Ferrera, R. y Alarcón, A. 2019. *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*. 35(1): 98-112.

Holm, J.; Bjorck, I. y Drews, A. 1986. A rapid method for the analysis of starch. *Starch-Starke*. 38(7): 224-226.

Idris, A. S. O.; Pandey, A.; Rao, S. S. y Sukumaran, R. K. 2017. Cellulase production through solid state tray fermentation, and its use for bioethanol from sorghum stover. *Bioresour Technology*. 242: 265-271.

Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2009. Guía técnica para el cultivo del frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua. Santa Lucía, Boaco. Nicaragua. 23 p.

Jangir, M.; Pathak, R. y Sharma, S. 2017. *Trichoderma* and its potential applications. En: Singh D., Singh H., Prabha R. *Plant-Microbe Interactions*. En: *Perspectives of Agro-ecological*. Springer, Singapur. p. 323-339.

Jayaraman, D.; Gilroy, S. y Ané, J. M. 2014. Staying in touch: mechanical signals in plant-microbe interactions. *Current Opinion in Plant Biology*. 20: 104-109.

Kalavacharla, V.; Liu, Z.; Meyers, B. C.; Thimmapuram, J. y Melmaiee, K. 2011. Identification and analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) transcriptomes by massively parallel pyrosequencing. *BMC Plant Biology*. 11(1): 135.

Larralde, C. P.; Santiago, M. R.; Sifuentes, A. M.; Rodríguez, I. C.; Rodríguez, M. A.; Shirai, K. y Narváez, J. A. 2008. Biocontrol potential and polyphasic characterization of novel native *Trichoderma* strains against *Macrophomina phaseolina* isolated from sorghum and common bean. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 80(1): 167-177.

Lindström, K.; Murwira, M.; Willems, A. y Altier, N. 2010. The biodiversity of beneficial microbe-host mutualism: the case of rhizobia. *Research in Microbiology* 161(6): 453-463.

Liriano, R.; Pérez, J.; Pérez, Y.; Placeres, I. y Artilles, L. 2020. Efecto de dos bioproductos sobre algunos indicadores del crecimiento y productividad de *Raphanus sativus*. *Centro Agrícola*. 47(1): 28-37.

López, E.; Gil, Z.; Henderson, D.; Calero, A. y Jiménez, J. 2017. Uso de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepa* L., cv. Caribe-71). *Cultivos Tropicales*. 38(4): 7-14.

López, V. L.; Villa, M.; Quezada, A.; Mendoza, A. y Anducho, M. Á. 2018. El género *Trichoderma* una herramienta agrobiotecnológica. *Ciencias Biológicas y de la Salud, Proceedings-©ECORFAN-México, Pachuca*. p. 1-11.

Luna, M. A. y Mesa, J. R. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Científica Agroecosistemas*. 4(2): 31-40.

Maqueira, L.; Rojan, O.; Pérez, S. y Torres, W. 2017. Crecimiento y rendimiento de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de los Palacios. *Cultivos Tropicales*. 38(3): 58-63.

Marín, J. I.; Rodríguez, P.; Lupión, B.; Camacho, F. y Tello, J. C. 2016. Effect of *Trichoderma* on horticultural seedlings growth promotion depending on inoculum and substrate type. *Journal of Applied Microbiology*. 121(4): 1095-1102



Marques, S.; Matos, C.; Gírio, F. M.; Roseiro, J. C. y Santos, J. A. L. 2017. Lactic acid production from recycled paper sludge: Process intensification by running fed-batch into a membrane-recycle bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*. 120: 63-72.

Martínez, B.; Infante, D. y Reyes, Y. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Protección Vegetal*. 28(1): 1-11

Martínez, L.; Reyes, Y., Falcón, A., Nápoles, M. C. y Nuñez M. de la C. 2016. Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas. *Cultivos Tropicales*. 37(3): 165-171.

Martínez, P.; Haramboure, O. L.; Gil, V. D.; Montes de Oca, M. E. y Rodríguez, I. 2019. Arvenses presentes en cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) de siembra intermedia y su influencia en el rendimiento agrícola. *Centro Agrícola*. 46(3): 58-66.

Martínez, S.; Leiva, M.; Rodríguez, M.; Gómez, O.; Quintero, E.; Rodríguez, G.; García, A.; Cárdenas, M. 2015. Nuevas variedades promisorias de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú". *Centro Agrícola*. 20(4): 91-93.

Mathivanan, N.; Prabavathy, V. R. y Vijayanandraj, V. R. 2005. Application of talc formulations of *Pseudomonas fluorescens* Migula and *Trichoderma viride* Pers. ex S.F. Gray Decrease the sheath blight disease and enhance the plant growth and yield in rice. *Journal Phytopathology*. 153(11-12): 697-701.

Mederos, Y. 2006. Revisión bibliográfica. Indicadores de la calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*. 27(3): 55-62.

Meena, S. K. y Meena, V. S. 2017. Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production. In: *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*. p. 3-23.

Mena, E.; Leiva, M.; Dilhara, U.; Edirisinghage, K.; García, L.; Veitía, N.; Bermúdez, I.; Collado, R. y Cárdenas, R. 2015. Efecto del estrés salino en la germinación y el crecimiento temprano de *Phaseolus vulgaris* L. Cultivos Tropicales. 36(3): 71-74.

Ministerio de la Agricultura [MINAG]. 2017. Directivas del frijol común. Campaña 2017-2018. Dirección de Agricultura. La Habana, Cuba. 30 p.

Moon, Y. H.; Lee, K. B.; Kim, Y. J. y Koo, Y. M. 2011. Current Status of EM (Effective Microorganisms) Utilization. Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal. 26(5): 365-373.

Muñoz, C. G.; Allen, R. G.; Westermann, D. T.; Wright, J. L. y Sing, S. P. 2007. Water use efficiency among dry beans landraces and cultivars in drought-stressed and non-stressed environments. Euphytica. 155(3): 393-402.

Navaneetha, T.; Prasad, R. D. y Venkateswara, R. L. 2015. Liquid formulation of *Trichoderma* species for management of gray mold in castor (*Ricinus communis* L.) and Alternariaster leaf blight in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Biofertilizers and Biopesticides. 6(1): 1-11.

Ordookhani, K.; Khavazi, K.; Moezzi, A. y Rejali, F. 2010. Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. African Journal of Agricultural Research. 5(10): 1108-1116.

Páramo, L. A. y Hernández, J. L. 2017. Caracterización de *Trichoderma viridae* y *T atroviridae* aislados de monumentos históricos en ciudad de México. Nexo. 30(2): 1-13.

Pérez, P.; Esquibel, G.; Rosales, R. y Acosta, J. A. 2002. Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 52(2): 172-180.

Pérez, J. C.; Torres, A.; Patterson, A. B. e Infante, G. 2017. Evaluación agroproductiva de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la CCS Reytel Jorge del municipio Jesús Menéndez. Digital de Medio Ambiente “Ojeando la agenda”. (45): 36-53.

Pérez, P.; Rodríguez, E.; Grande, O.; Faure, B.; Benítez, R. y Torres, M. 2014. Guía técnica para la producción de frijol común y maíz. Instituto de Investigaciones de Granos. Bauta, Artemisa, Cuba. p. 7-21.

Persoon, C. H. 1794. Neuer Versuch einer systematischen Eintheilung der Schwämme. Neues Magazin für die Botanik in ihrem ganzen Umfange. 1: 63-128.

Ravindran, B.; Wong, J. W.; Selvam A. y Sekaran, G. 2016. Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. Bioresource Technology. 217: 200-204.

Rifai, M. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. Mycological Papers. 116: 1-56.

Romero, T.; López, P. A.; Ramírez, M. y Cuervo, J. A. 2016. Modelado cinético del micoparasitismo por *Trichoderma harzianum* contra *Cladosporium cladosporioides* aislado de frutos de cacao (*Theobroma cacao*). Chilean Journal of Agricultural and Animal Science, ex Agro-Ciencia. 31(3): 32-45.

Sandle, T. 2014. *Trichoderma*. En C.A. Batt y M.-L. Tortorello (eds.) Encyclopedia of Food Microbiology, London, UK.

Schirawski, J. y Perlin, M. H. 2018. Plant-microbe interaction 2017-The good, the bad and the diverse. International Journal Molecular Sciences. 19(5): 1374.

Schuster, A. y Schmoll, M. 2010. Biology and biotechnology of *Trichoderma*. Applied Microbiology and Biotechnology. 87(3): 787-799.

Sharma, P. K. y Gothalwal, R. 2017. *Trichoderma*: A potent fungus as biological control agent. p: 113-125. In: Singh J., Seneviratne G. (eds) Agro-Environmental Sustainability. Springer, Cham.

Sharma, V.; Salwan, R. y Sharma, P. N. 2017. The comparative mechanistic aspects of *Trichoderma* and probiotics: scope for future research. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 100: 84-96.

Shuichi, O. 2009. Red de Agricultura Natural para la Región Asia/Pacífico. (APNAN). Manual de Aplicación. Traducción del manual editado por EM technologies Inc [en línea] Disponible en: <http://em.iespana.es/manuales/apnan/apnan.html> [Consulta: septiembre, 19 2022].

Sigarroa, A. 1985. *Biometría y diseño experimental*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 743 p.

Simranjit, K.; Kanchan, A.; Prasanna, R.; Ranjan, K.; Ramakrishnan, B.; Singh, A. K. y Shivay, Y. S. 2019. Microbial inoculants as plant growth stimulating and soil nutrient availability enhancing options for cucumber under protected cultivation. *World J Microbiol Biotechnol*. 35(3): 35-51.

Singh, V.; Sanmukh, R.; Kumar, B. y Bahadur, H. 2016. *Trichoderma asperellum* spore dose depended modulation of plant growth in vegetable crops. *Microbiological Research*. 193: 74-86.

Sivan, A. y Chet, I. 1989. The possible role of competition between of *Trichoderma harzianum* and *Fusarium oxysporum* on rhizosphere colonization. *Phytopathology*. 79(2): 198-203.

Sivila, N. y Alvares, R. 2013. *Producción Artesanal de Trichoderma - Tecnologías Agroecológicas para la Agricultura Familiar*. Primera Edición. Argentina. 48 p.

Stanier, R. S. 1996. Microbiología. Segunda edición. Editorial Revert. Barcelona, España. 750 p.

Stringlis, I. A.; Zhang, H.; Pieterse, C. M. J.; Bolton, M. D. y Jonge, R. 2018. Microbial small molecules-weapons of plant subversion. *Natural Product Reports*. 35(5): 410-433.

Su, P.; Tan, X.; Li, C.; Zhang, D.; Cheng, J.; Zhang, S.; Zhou, X.; Yan, Q.; Peng, J.; Zhang, Z.; Liu, Y. y Lu, X. 2017. Photosynthetic bacterium *Rhodopseudomonas palustris* GJ-22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*. 10(3): 612-624.

Talaat, N. B. 2015. Effective microorganisms modify protein and polyamine pools in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*. 190: 1-10.

Treviño, C y Rosas, R. 2013. El frijol común: factores que merman su producción. *Divulgación Científica y Tecnología de la Universidad Veracruzana*. 26(1): 65-71.

Torres, M.; Ortiz, C. F.; Bautista, C.; Ramírez, J. A.; Ávalos, N.; Cappello, S. y De la Cruz, A. 2015. Diversidad de *Trichoderma* en el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. *Mexicana de Biodiversidad*. 86(4): 947-961.

Ulloa, J.; Rosas, U. P.; Ramírez, J. C.; Ulloa, R. B. E. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Fuente*. 3(8): 5-9.

Valdés, E. L. 2014. Caracteres principales, ventajas y beneficios agrícolas que aporta el uso de *Trichoderma* como control biológico. *Agroecosistemas*. 2(1): 254-264.

Vasallo, D. C.; Montejó, J. L.; López, P.; Morgado, A. I.; Robinson, M. y Piñeiro, D. 2018. Microorganismos eficientes como bioestimuladores en la producción de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar Delicia rojo 364. *Agrisost*. 24(3): 169-177

Vásquez, J. A.; Ramírez, M. y Monsalve, Z. I. 2016. Actualización en caracterización molecular de levaduras de interés industria. Colombiana de Biotecnología. 18(2): 129-139.

Ventura, R.; Clará, A.; Bruno, O. y Parada, J. 2018. Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) “Enrique Alvarez Córdova”. El Salvador. 37 p.

Vinale, F.; Marra, R.; Scala, F.; Ghisalberti, E. L.; Lorito, M. y Sivasithamparam, K. 2006. Major secondary metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active against different phytopathogens. Letters in Applied Microbiology. 43(2): 143-148.

Vurukonda, S. S. K. P.; Giovanardi, D. y Stefani, E. 2018. Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as Endophytes. International Journal of Molecular Sciences. 19(4): 952.

Youssef, S.; Tartoura, K. y Abdelraouf, G. 2016. Evaluation of *Trichoderma harzianum* and *Serratia proteamaculans* effect on disease suppression, stimulation of ROS-scavenging enzymes and improving tomato growth infected by *Rhizoctonia solani*. Biological Control. 100: 79-86.

Zeilinger, S.; Gruber, S.; Bansal, R. y Mukherjee, P. K. 2016. Secondary metabolism in chemistry meets genomics. Fungal Biology Reviews. 30(2):74-90.

Zhou, Q.; Kangmin; Jun, X. y Bo, L. 2009. Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. Bioresource Technology. 100(16): 3780-3786.