

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FCA**  
Facultad de  
Ciencias Agropecuarias

## TRABAJO DE DIPLOMA

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FCA**  
Facultad de  
Ciencias Agropecuarias

Departamento Agronomía

## TRABAJO DE DIPLOMA

**Título** Efectividad de FitoMas-E® en el crecimiento y rendimiento agrícola en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Autora del trabajo: Dayana Álvarez Treto

Tutor del trabajo: Dr.C Isbel Rodríguez Seijo

Santa Clara Junio 2018  
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

## DEDICATORIA

A mi niño **Cristopher Bray Colón Álvarez**, por ser la personita más especial en mi vida, tú eres mi inspiración y la razón que me impulsa a seguir adelante, por quien he aprendido a ser fuerte, tu eres mi vida, mi alegría y la verdad de mi existencia, porque no hay nada más bonito en este mundo como el ser Mamá, contigo mi vida es única, amor, y soy tan feliz. Eres el mejor niño del mundo.

## AGRADECIMIENTOS

A **mis padres** por ser ellos quienes me dieron la vida, agradezco todos sus consejos y sacrificios, a quienes jamás encontraré la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindados en las derrotas y logros obtenidos.

A **mi hermana** por su apoyo incondicional, por su cariño, por soportar las majaderías de su sobrinito querido para yo poder trabajar en este trabajo.

A **mi esposo** que ha sido mi impulso durante estos años de mi carrera, que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amigo y compañero inseparable en todo momento, quien siempre quiso que culminara mis estudios para poder decir que nuestro niño tiene un padre Médico y una madre Ingeniera. Gracias mi amor por todos estos años.

Para **Arahi**, por su ayuda incondicional y comprensión en todo este tiempo

A mi tutor **Dr.C. Isbel Rodríguez Seijo** por su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas. Ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación.

A **Lesly** en especial por ser una amiga incondicional, gracias por tanta ayuda brindada, por tu apoyo en los momentos más difíciles de mi vida, porque ahí, tú, has estado presente.

A la **Dr.C Arahi Cruz Limonte, Dr.C Claribel Suárez Pérez y al Dr.C Alejandro Díaz Medina** por su importante aporte, debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia de revisar este trabajo.

Al **Dr.C Ubaldo Alvarez Hernandez y al MSc Elier Mora Perez** por sus valiosas contribuciones y su orientación en diferentes etapas de la tesis. •

A **toda mi familia** que de una forma u otra me han dado su apoyo, los quiero mucho

**A todos mis amigos y compañeros de estudio** en especial a la Diana, Berkis y Leidy por los magníficos momentos vividos, por haberme sabido apoyar y comprender todo este tiempo

**A mis profesores** que me dieron la posibilidad de superación.

**GRACIAS A TODOS** los que me han ayudado para la realización de este trabajo.

“La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre”

Cicerón

## RESUMEN

Se evaluó el efecto del FitoMas-E® en condiciones de campo en un experimento de bloques al azar con cuatro tratamientos: control, tratamiento a la semilla, aplicación en floración y en todas las etapas fenológicas, con tres réplicas sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado para evaluar el crecimiento y rendimiento agrícola en el cultivar CIAP 7247. Se evaluaron los siguientes caracteres morfológicos: altura de la planta, número de hojas por planta y el diámetro del tallo. También fueron evaluados los indicadores fisiológicos: peso fresco, y peso seco de raíz, tallos, hojas y porcentaje de materia seca, área foliar por plantas, índice del área foliar, Tasa de asimilación neta, Tasa Relativa de Crecimiento, Tasa Absoluta de Crecimiento y Razón del Área Foliar. Además, se evaluaron los componentes de rendimiento agrícola: número de legumbres/plantas, promedio de semillas/legumbres, número de semillas/planta, peso de semillas/planta, peso de 100 semillas/tratamiento. Como resultados del trabajo se obtuvo que los indicadores morfológicos altura de la planta, número de hojas y diámetro del tallo fueron influenciados por el efecto del FitoMas-E® en el cultivar CIAP 7247 de frijol común, donde el tratamiento IV (FitoMas-E® a la semilla y en las fases V4 (35 días), R5 (49 días) y R7 (56 días) a una dosis de 0,6 L en cada caso), obtuvo los mejores resultados. Las dosis fragmentadas de FitoMas-E® propiciaron que el cultivar CIAP 7247 de frijol común obtuviera un mayor rendimiento agrícola en el tratamiento IV con respecto a los demás tratamientos.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Origen y diversidad del frijol común .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Clasificación taxonómica .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Fases fenológicas del frijol. Sus características .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Época de siembra .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Distancias y densidad de siembra .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5. Atenciones culturales .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5.1. Fertilización .....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.2. Riego .....</b>	<b>8</b>
<b>2.6. Factores que intervienen en el crecimiento y desarrollo del cultivo .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.1 Factores climáticos .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.2. Temperatura .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.3. Luz.....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.4. Agua .....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.5. Edáficos.....</b>	<b>10</b>
<b>2.7. Indicadores de crecimiento en frijol común .....</b>	<b>11</b>
<b>2.7.1. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).....</b>	<b>11</b>
<b>2.7.2. Tasa de Asimilación Neta (TAN) .....</b>	<b>12</b>
<b>2.7.3. Relación Área Foliar (RAF).....</b>	<b>12</b>
<b>2.7.4. Relación de Peso Foliar (RPF).....</b>	<b>13</b>
<b>2.7.5. Área Foliar Especifica (AFE).....</b>	<b>14</b>

2.7.6. Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) .....	14
2.8. Cosecha .....	15
2.9. Producción del cultivo del frijol en el mundo y en Cuba .....	16
2.10. La variedad CIAP 7247. Características y su manejo.....	17
2.10.1. Caracteres morfológicos .....	17
2.10.2. Tallo.....	17
2.10.3. Hojas .....	17
2.10.4. Flor.....	18
2.10.5. Legumbres.....	18
2.10.6. Semilla .....	18
2.11. El FitoMas-E® como biofertilizante.....	19
2.11. Dosis y modo de aplicación .....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1. Indicadores morfológicos .....	24
3.1.1. Evaluación de la altura de la planta, número de hojas por planta y el diámetro del tallo.....	24
3.2. Indicadores fisiológicos .....	24
3.2.1. Peso fresco (PF) y peso seco (PS) de raíz, tallos, hojas y porcentaje de materia seca.....	24
3.2.2. Área foliar por plantas (AF) .....	24
3.2.3. Índice del área foliar (IAF).....	25
3.2.4. Tasa de asimilación neta (TAN) .....	25
3.2.5. Tasa Relativa de Crecimiento (TCR).....	26
3.2.6. Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) .....	26
3.2.7. Razón del área foliar (RAF). .....	27

3.3. Indicadores del rendimiento y el rendimiento agrícola .....	27
3.3.1. Evaluación del efecto de FitoMas-E® sobre los componentes del rendimiento y el rendimiento agrícola .....	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1. Indicadores morfológicos .....	29
4.1.1. Evaluación de la altura de la planta, número de hojas por planta y el diámetro del tallo .....	29
4.2. Indicadores fisiológicos .....	34
4.2.1. Peso fresco (PF) y peso seco (PS) de raíz, tallos, hojas y por ciento de materia seca.....	34
4.2.3. Índice del Área foliar (IAF) .....	38
4.2.2. Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa Relativa de Crecimiento (TCR), Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) y Razón del Área Foliar (RAF).....	40
4.3. Indicadores del rendimiento y el rendimiento agrícola .....	42
4.3.1. Evaluación del efecto de FitoMas-E® sobre los componentes del rendimiento.....	42
4.3.2. Evaluación del efecto de FitoMas-E® sobre el rendimiento agrícola .....	44
5. CONCLUSIONES.....	46
6. RECOMENDACIONES.....	47
7. BIBLIOGRAFÍA	

## 1. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la especie de las leguminosas de semilla más importante en el mundo para el consumo humano, debido a que proporciona una fuente significativa de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta humana (Mederos, 2013). Para más de 300 millones de personas en el mundo el frijol es un componente importante de la dieta diaria.

En Cuba, esta leguminosa tiene gran importancia; según ONEI (2018) en el año 2016 la superficie sembrada fue de 122 545 ha, obteniéndose una producción de 136 570 toneladas (t) con un rendimiento de 1,11 t ha<sup>-1</sup>; del total el sector privado sembró 117 753 ha con una producción de 130 225 t y un rendimiento de 1,11 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el sector estatal sembró 4792 ha produciendo 6345 t con un rendimiento de 1,32 t ha<sup>-1</sup>.

La producción obtenida en Cuba no logra satisfacer la alta demanda de este grano por parte de la población, por lo que es necesario importar alrededor de 110 000 toneladas del grano cada año, a precios que oscilan a 1200 dólares la tonelada métrica según Banco Central de Cuba (2018); a lo cual se añade además los costos del paquete tecnológico para el control de plagas y enfermedades y garantizar la exigua producción nacional (Pacheco *et al.*, 2016). Este hecho por sí solo evidencia la necesidad de impulsar y generalizar investigaciones que contribuyan al aumento del rendimiento de este cultivo (Pacheco *et al.*, 2016).

Existe una gama de productos bioestimulantes (FitoMas-E®, Biobras-16® y QuitoMax®), entre otros, que han sido utilizados satisfactoriamente en la agricultura cubana y su aplicación en combinación con los biofertilizantes constituye una estrategia priorizada en la búsqueda para mejorar y preservar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, elevar el potencial agroproductivo y sustituir importaciones.

Específicamente el FitoMas-E®, según Montero *et al.* (2007), es un producto natural derivado de la industria azucarera, es antiestrés, estimula y vigoriza las plantas desde la germinación hasta la fructificación; es una mezcla de sales

minerales y sustancias bioquímicas, de alta energía; entre ellas aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos biológicamente activos, formulados como una suspensión acuosa. Entre sus principales efectos se encuentra que aumenta y acelera la germinación de la semilla, ya sea botánica o agámica; estimula el desarrollo de raíces, tallos, hojas, mejora la nutrición, la floración, el cuajado de los frutos y frecuentemente reduce el ciclo del cultivo.

De acuerdo con Montero *et al.* (2007), el FitoMas-E® se ha aplicado en Cuba en caña de azúcar a dosis de 2 L ha<sup>-1</sup> en más de 100 000 ha, en las zafras 2003, 2005, 2006 y 2007, con incrementos de producción de caña hasta de 12 t ha<sup>-1</sup>. En el resto de los cultivos las recomendaciones de dosis en aplicaciones foliares son desde 0,2 a 2 L ha<sup>-1</sup> y en caso de emplearse en la impregnación de semillas se emplea mezclado con agua a una dosis entre 1-2 %, de dos a tres horas antes de la siembra.

En el caso del frijol, según Denis y Adams (1978), citado por Socorro y Martín (1998), el aumento del rendimiento hay que buscarlo fundamentalmente mediante el aumento del número de nudos, de hojas y de los órganos reproductivos, para cada hábito de crecimiento se han diseñado modelos de rendimiento que determinan la relación entre los factores morfológicos y fisiológicos con respecto a la producción de granos. Los componentes básicos de estos modelos son: índice de área foliar (IAF), las tasas de crecimiento del cultivo, los días hasta la floración y el número de entrenudos.

Teniendo en cuenta que los efectos del FitoMas-E® se relacionan con los indicadores que se presentan en los modelos para el aumento del rendimiento en el cultivo del frijol se considera que su empleo puede constituir una alternativa viable y práctica para elevar el rendimiento de la variedad CIAP 7247, la cual ha demostrado ser particularmente efectiva para la época tardía (enero y febrero) y para las siembras de la segunda mitad de la intermedia (diciembre), al clasificar con resultado sobresaliente o bueno en la mayoría de las oportunidades (Quintero y Gil, 2012).

## **Problema científico**

¿Cómo contribuir a incrementar el crecimiento y el rendimiento agrícola en el frijol común, cultivar CIAP 7247, en época intermedia de siembra?

Teniendo en cuenta estos antecedentes se propuso la siguiente **hipótesis**

La aplicación del bioestimulante FitoMas-E®, contribuirá a incrementar el crecimiento y el rendimiento agrícola del frijol común, cultivar CIAP 7247, en la época intermedia de siembra.

Para demostrar esta hipótesis el trabajo tuvo como **objetivo general:**

Evaluar el efecto de FitoMas-E® sobre el crecimiento y el rendimiento agrícola en el frijol común, cultivar CIAP 7247, en la época intermedia de siembra.

## **Objetivos específicos**

1. Determinar el efecto de la aplicación del bioestimulante FitoMas-E® sobre indicadores morfológicos e índices de crecimiento del frijol común, cultivar CIAP 7247.
2. Evaluar la influencia de la aplicación del bioestimulante FitoMas – E® sobre el rendimiento agrícola y sus componentes en el frijol común, cultivar CIAP 7247.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origen y diversidad del frijol común

El conjunto de conocimientos recabados hasta hoy, como la edad de los restos fósiles y las características morfológicas, agronómicas y genéticas, establecen que el frijol común se originó en Mesoamérica y posteriormente se domesticó entre los 5000 y 2000 años a. C. en dos sitios del continente Americano: Mesoamérica (México y Centroamérica) y los Andes (Sudamérica). A partir del frijol silvestre se formaron dos acervos genéticos domesticados distintos, Mesoamericano y Andino. Hernández-López *et al.* (2013)

El uso de nuevas herramientas biotecnológicas y genómicas han ofrecido evidencias definitivas sobre el origen, domesticación y diversidad de *P. vulgaris* (Hernández *et al.*, 2013). Estudios más recientes sobre domesticación y aparición de diferentes especies, muestran que el principal lugar de origen del género *Phaseolus* fue Mesoamérica, especialmente México. Esta teoría se confirma por el hecho de que en el país se han identificado 47 de las 55 especies clasificadas en este género, además de que aquí se han encontrado los verdaderos antepasados silvestres de las cinco especies cultivadas, entre ellas el frijol común.

El género *Phaseolus* agrupa a multitudes de especies, de las que solo cinco (*Phaseolus acutifolius*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus polianthus* y *P. vulgaris*) han sido domesticadas. *P. vulgaris* ocupa más del 85 % de la superficie mundial dedicada este cultivo. Se trata de una especie originaria de la región mesoamericana (México, América Central) pero con un importante centro de dispersión en Perú, Ecuador y Bolivia. *P. vulgaris* fue llevada de América a Europa por los españoles en el siglo XVI. Está muy distribuida en distintas partes del trópico, subtropical y regiones templadas, siendo la legumbre más importante en Latinoamérica y parte de África. La Península Ibérica puede ser considerada como un centro secundario de diversificación de esta especie, ya que han sido cultivadas durante centurias en distintos agroecosistemas (Pinheiro *et al.*, 2007).

## **2.2. Clasificación taxonómica**

Según la clasificación asignada por Carlos Linneo en 1753, en el sistema de nomenclatura binomial, el nombre completo del frijol común es *Phaseolus vulgaris* L. Taxonómicamente su clasificación es la siguiente (Valladares, 2010):

Reino: Plantae

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris*

## **2.3. Fases fenológicas del frijol. Sus características**

Durante el desarrollo de la planta de frijol ocurren cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para identificar las fases o etapas por las que transita el cultivo desde siembra a cosecha. El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas principales: fase vegetativa y fase reproductiva. La fase vegetativa se inicia con la germinación de la semilla y termina con la aparición de los primeros botones florales. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa (hojas, tallos, nudos, ramas, complejos axilares) necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. Por su parte, la fase reproductiva da inicio con la aparición de los botones florales, hasta la madurez de cosecha (Fernández *et al.*, 1991).

Según la metodología de Van Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987) (Tabla 1).

Tabla 1. Etapas de desarrollo. Fases fenológicas.

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>
V <sub>0</sub>	Germinación. Emergencia de la radícula y su transformación en raíz primaria.
V <sub>1</sub>	Emergencia. Los cotiledones aparecen al nivel de suelo y comienzan a separarse. El epicotilo comienza su desarrollo
V <sub>2</sub>	Hojas primarias totalmente abiertas
V <sub>3</sub>	Primera hoja trifoliada. Se abre la primera hoja y aparece la segunda
V <sub>4</sub>	Tercera hoja trifoliada. Se abre la tercera hoja y las yemas de nudos inferiores producen ramas
R <sub>5</sub>	Prefloración. Aparece primer botón floral
R <sub>6</sub>	Floración. Se abre la primera flor
R <sub>7</sub>	Formación de legumbres. Primera legumbre con más de 2.5 cm. de largo
R <sub>8</sub>	Llenado de legumbres. Al final de la etapa las semillas pierden su color verde y comienzan a mostrar las características de la variedad. Se inicia la defoliación de la planta
R <sub>9</sub>	Madurez fisiológica. Legumbres pierden pigmentación y comienzan a secarse. Las semillas desarrollan el color típico de la variedad.

Fuente: Van Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987)

### **2.3. Época de siembra**

La época de siembra más adecuada para el frijol común es aquella en que además de ofrecer las condiciones climáticas para un buen desarrollo del cultivo, permite que la cosecha coincida con el periodo de baja o ninguna precipitación. De esta forma se evitan los daños por exceso de humedad. El periodo de siembra en Cuba se extiende desde el primero de septiembre al 30 de enero, con la fecha óptima entre el 15 de octubre al 30 de noviembre. En las áreas sin riego se recomienda la siembra desde el primero de septiembre al 15 de octubre (Álvarez *et al.*, 2014).

La selección de cultivares de frijol común para la siembra debe estar en función del plan de producción, región edafoclimática, época de siembra e insumos

disponibles. El Registro de Nacional de Cultivares Comerciales CNSV, MINAG (2015) registra 25 cultivares, de las cuales han sido seleccionadas 25 de ellas para conformar la estructura varietal del país, tomando en cuenta su comportamiento ante enfermedades (Martínez *et al.*, 2015).

Las siembras tempranas se consideran las de septiembre y octubre, las intermedias las de noviembre y diciembre y las tardías las de enero y febrero. Se ha demostrado la existencia de una fuerte interacción varietal con estas épocas de siembra (Quintero, 1996; Quintero, 2000) lo que implica la necesidad del establecimiento y adopción de una estructura varietal para el cultivo en concordancia con este criterio. La proporción de variedades de grano negro, con resultado favorable, decrece sensiblemente en las siembras tardías, por lo que la selección y obtención de variedades de ese tipo para esta época de siembra adquiere particular importancia.

#### **2.4. Distancias y densidad de siembra**

La distancia de siembra depende los cultivares a sembrar según la época de siembra. Álvarez *et al.* (2014) refirieron que el marco de siembra depende del hábito de crecimiento de la planta. Para hábitos de crecimiento indeterminado postrado (Tipo III) e indeterminado arbustivo (Tipo II) es de 45 y 70 cm entre surcos y entre 5,7-7,1 cm entre plantas (Densidad de plantación de 200000-250000 plantas/ha<sup>-1</sup>). Mientras para los cultivares de hábito de crecimiento determinado (Tipo I) se deben sembrar surcos dobles de 30 + 60 cm a 7,3 cm entre plantas (300000 plantas/ha<sup>-1</sup>).

#### **2.5. Atenciones culturales**

De todas las prácticas fitotécnicas, el manejo adecuado de las variedades es, posiblemente, la que reporta los incrementos más notables en la producción de una región o país sin ocasionar gastos adicionales de consideración por concepto de su introducción, pues simplemente se limita a la sustitución de unas variedades por otras (Quintero, 1985). El uso de unas o pocas variedades en los cultivos ha conducido a varios fracasos en la agricultura. No es posible ni conveniente reunir,

en una misma variedad, resistencia o tolerancia a las adversidades, lo más razonable es contar con una estructura varietal en el cultivo lo suficientemente amplia que minimice el efecto de las adversidades, manejándose adecuadamente (Quintero y Saucedo, 2002).

### **2.5.1. 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 oscila entre 0,133- 0,016 – 0,116 t ha<sup>-1</sup> y una media de extracción y exportación de 0,0322- 0,054- 0,0172 t de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente por tonelada de semillas para alcanzar elevados rendimientos agrícolas. Estas aplicaciones de fertilizantes se recomienda realizarlas en el fondo del surco (Álvarez *et al.*, 2014).

Por su parte, MINAG (2015) recomienda para la fertilización con máquinas sembradoras realizar la aplicación de la fertilización completa de siembra (N-P-K) con normas regulables que oscilan entre (50 y 450 kg ha<sup>-1</sup>). Los fertilizantes a aplicar deben estar secos y sueltos para su fácil circulación por los órganos fertilizadores y ajustarse a las normas seleccionadas para cada cultivo en correspondencia con el paquete tecnológico aprobado. El fertilizante se aplicará durante el proceso de siembra, y se colocará según regulación en la máquina sembradora a 0,5 cm por debajo de la semilla.

### **2.5.2. Riego**

El cultivo del frijol común requiere como norma neta total promedio alrededor de 3 500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> durante su ciclo de desarrollo en dependencia de la variedad y el tipo de suelo. El suelo debe mantenerse en un 80 % de la capacidad de campo (Álvarez *et al.*, 2014).

En el riego de línea de la siembra se determinará el área real mojada por la máquina y solo se sembrará hasta el límite de la máquina sin tener en cuenta lo regado por el aspersor final (MINAG, 2015). También las áreas se deberán

disponer de fuentes de abasto que garanticen 12 riegos durante todo el ciclo del cultivo 3500 m<sup>3</sup> de agua según las cuatro etapas críticas de desarrollo del cultivo (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución y norma de riego durante el ciclo de desarrollo del cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L).

Etapas críticas de desarrollo del cultivo	Número de riegos	Norma de riego (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
Siembra- Germinación	1-2	180-200
Establecimiento- Inicio de floración	3-4	200-250
Inicio de floración- Madurez.	3-4	250-300
Inicio de maduración- Cosecha	1-2	250-300

Fuente: Álvarez *et al.*, 2014

## 2.6. Factores que intervienen en el crecimiento y desarrollo del cultivo

### 2.6.1. Factores climáticos

Los factores climáticos que más influyen en el desarrollo del cultivo son la temperatura y la luz; tanto los valores promedio como las variaciones diarias y estacionales tienen una influencia importante en la duración de las etapas de desarrollo y en el uso del cultivo (Hernández, 2016).

### 2.6.2. Temperatura

La planta de frijol crece bien en temperaturas promedio entre 15 y 27 °C. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas (5 °C o 40 °C) pueden ser soportadas por períodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles (Ríos y Quirós, 2002).

### 2.6.3. Luz

El papel más importante de la luz está en la fotosíntesis, pero también afecta la fenología y morfología de la planta. El frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días. Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero

es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables (Ríos y Quirós, 2002)

#### **2.6.4. Agua**

El agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como reactivo en la fotosíntesis, elemento estructural, medio de transporte y regulador de temperatura (Ríos y Quirós, 2002).

Está demostrado que el frijol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Sin embargo, la planta ha desarrollado algunos mecanismos de tolerancia a estas condiciones de estrés, como el aumento en el crecimiento de las raíces para mejorar la capacidad de extracción de agua. En cambio, no se han identificado mecanismos de tolerancia al anegamiento, y su recuperación frente a este hecho se relaciona con la habilidad para producir raíces adventicias (Ríos y Quirós, 2002).

Estudios realizados para medir el consumo de agua del frijol a lo largo de las etapas de desarrollo han permitido determinar que el mayor consumo se da en las etapas de floración y formación de las legumbres (Ríos y Quirós, 2002).

#### **2.6.5. Edáficos**

Las propiedades del suelo que están directamente relacionadas con el desarrollo de este cultivo son la textura y la estructura.

Uno de los elementos que más influye negativamente, es la acumulación de humedad en exceso, en suelos que por su textura arcillosa permitan dicha acumulación y sobre la estructura influye a su vez las labores a que este se somete, ya que si se hacen de forma inadecuada no favorece la granulación del suelo y por tanto se altera la estructura (Socorro y Martín, 1989).

También otro factor limitante es la baja fertilidad del suelo en general y en particular, la deficiencia en nitrógeno y fósforo (Singh, 1999), además de las altas concentraciones de Aluminio y Magnesio (Wortmann *et al.*, 1998) que pueden

llegar a niveles muy elevados siendo tóxico para las plantas. El frijol requiere para su desarrollo que el terreno tenga buena fertilidad, que sea suelto, con buen drenaje, tanto interno como superficial, y con un pH de 5,5 a 6.5 cerca de la neutralidad. Los mejores suelos son los ferralíticos rojos, los pardos y los aluviales (Ríos y Quirós, 2002).

## **2.7. Indicadores de crecimiento en frijol común**

Un análisis del crecimiento básico, según, requiere primordialmente de dos variables, el peso seco y el área foliar de la planta. Con estas variables se pueden calcular índices del crecimiento como la tasa de crecimiento relativo (TCR), que se define como el incremento que ocurre en un período de tiempo por cada gramo de biomasa. También permite calcular la tasa absoluta de crecimiento (TAC). Otro índice de eficiencia es la tasa de asimilación neta (TAN), que cuantifica la ganancia neta de productos asimilados por unidad de área foliar y de tiempo, por lo que se le considera como un estimador de la tasa fotosintética (Sánchez, 2015).

### **2.7.1. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)**

Se define como el incremento de materia vegetal por unidad de materia vegetal presente, por unidad de tiempo. Representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material. Unidades en que se expresa es

Matemáticamente se expresa como:  $TCR = (\ln PS_2 - \ln PS_1) / (t_2 - t_1)$ .

Apáez-Barrios *et al.* (2011), al evaluar los índices de crecimiento en plantas de frijol chino con espaldera convencional en el clima cálido encontraron los valores más altos de TCR, presentándose en la etapa de la emergencia hasta los 29 días después de la siembra y tendieron a disminuir a la madurez fisiológica. Así también, al evaluar la Tasa de Crecimiento Relativo, Ghamari y Ahmadvand (2013) en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) encontraron los valores más altos de la TCR presentándose al principio del cultivo y van disminuyendo conforme va pasando el tiempo, en el que los valores más altos se encuentran al principio de la investigación.

### 2.7.2. Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Es el crecimiento de material vegetal por unidad de sistema asimilativo, por unidad de tiempo. Este índice representa una medida del balance que existe entre la actividad fotosintética y la actividad respiratoria de la planta. Unidades en que se expresa son:

Matemáticamente:  $TAN = ((PS2-PS1) / (T2-T1)) * ((\ln F2 / \ln F1) / (AF2-AF1))$ .

La TAN se define como el incremento de material vegetal por unidad de superficie foliar por unidad de tiempo y es uno de los índices más importantes, pues indica el balance entre la fotosíntesis y la respiración (Aguilar-García et al., 2005).

Hernández *et al.* (2008), al evaluar la tasa de asimilación neta encontraron que la mayor cantidad de  $g \cdot dm^{-2} \cdot día^{-1}$  en un cultivo de frijol variedad Bat-304, los mayores valores de TAN en este trabajo se observaron en el inicio de la etapa vegetativa, disminuyendo durante el período de floración.

### 2.7.3. Relación Área Foliar (RAF)

Es la proporción de sistema asimilativo por unidad de materia vegetal presente en un instante de Tiempo. Se expresa en

Matemáticamente como:  $RAF = ((AF1/PS1) + (AF2/PS2))/2$ .

Ascencio y Sgambatti (1975) al evaluar la relación de área foliar en un cultivo de frijol variedad “coche”, encontraron que en los primeros días del cultivo los valores de la RAF fueron bajos después conforme fue pasando el Tiempo se observó un incremento del mismo y al final del cultivo se mostró una disminución de esta variable.

Borrego *et al.* (2000) analizaron el crecimiento de un cultivo de papa observó que en la RAF, los mejores genotipos fueron Atlantic y Snowden, mostrando *Russett Burbank* un pronunciado declive del quinto al sexto muestreo, esto se dio por la senescencia del follaje. Las plantas de *Salvia officinalis* tratadas con  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de bencilaminopurina presentaron incremento en los valores de la relación de área foliar a los 47 días después del trasplante. Las plantas tratadas con  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de

ácido giberélico presentaron aumento en la relación del área foliar hasta los 131 días después del trasplante. La relación del área foliar es decreciente para todos los tratamientos con reguladores vegetales probados (Povh y Orika, 2008).

#### **2.7.4. Relación de Peso Foliar (RPF)**

Este índice está formado por dos componentes: la magnitud del peso seco de la hoja y por la unidad de peso seco total de la planta. No tiene unidades en que expresar. Aunque es una medida instantánea, a menudo se emplea la medida entre intervalo t1 a t2.

Matemáticamente se expresa:  $RPF = ((PSH1/PS1) + (PSH2/PS2))/2$ .

Maldonado y Corchuelo (1993), al trabajar con dos variedades de frijol (Tundama y Cerinza) al evaluar la Relación de Peso Foliar, observaron que presentaron un resultado decreciente en la RPF, con valores similares para las dos variedades de un 0.5 y 0.6 g.g<sup>-1</sup>. Asencio y Sgambatti (1975) quienes al trabajar en el análisis de crecimiento en tres cultivares de caraotas venezolanas *P. vulgaris* cv. "Coche", cv."Cubagua", cv. "Tacarigua", en condiciones de campo observaron un aumento brusco de este índice entre los 13 y los 18 días de edad del cultivar Coche la cual supero significativamente a las demás variedades con un valor promedio de la RPF DE 0.50 g/g<sup>-1</sup> siendo la variedad testigo la que menor valores de RPF tuvo.

Por otra parte, Palomo *et al.* (2003), en el análisis de crecimiento en las variedades de algodón transgénicos y convencionales observo que los valores más altos de RPF de las tres variedades se presentaron en las primeras fases de crecimiento de las plantas, y que tienden a declinar conforme avanza la edad del cultivo, esto se debe a que en las primeras fases de crecimiento las plantas invierten la mayor parte de los fotosimilados en el establecimiento de su aparato fotosintético, cantidad que va disminuyendo gradualmente a medida que la planta acumula una mayor cantidad de carbohidratos en 130 otros órganos de la planta, especialmente en los reproductivos. Los valores de RPF de las tres variedades fueron similares a través del desarrollo del cultivo y esto demuestra que la planta,

independientemente de la variedad, regula y distribuye equitativamente, en sus órganos, los fotosimilados que produce.

### **2.7.5. Área Foliar Específica (AFE)**

Este índice expresa la densidad o el grosor de la hoja relativamente de la planta. Es una medida de relación entre el área foliar y el peso de la hoja por lo que las unidades en que se expresa es:

Matemáticamente se define como:  $AFE = ((AF1/PSH1) + (AF2/PSH2))/2$ .

La importancia de la utilización del área foliar específica se refiere a consideraciones relativas al espesor de las hojas de la planta en cada periodo de crecimiento, ya que el área foliar específica se calcula en función del área foliar por unidad de peso seco total de la hoja lo cual tomado al inverso representa los gramos de peso seco por unidad de área foliar, esto es el espesor de las hojas (Ascencio y Sgambatti, 1975). Smith y San José (1979), al estudiar área foliar específica en un cultivo de maíz, al comienzo del período de crecimiento de este índice vio que era similar para ambos híbridos, y los valores calculados se encuentran entre 130 y 132 cm<sup>2</sup>/g. A partir de los 21 días, el índice para el híbrido Obregón se mantiene alrededor de 105 cm<sup>2</sup>/g, pero en el FM.6 varía entre 92 y 121 cm<sup>2</sup>/g.

Zucareli *et al.* (2012) quienes al trabajar en el crecimiento de *P vulgaris* cv. IAC Carioca bajo fertilización fosfatada encontraron que su tratamiento testigo alcanzó valores medios de AFE con respecto a los demás tratamientos obteniendo un valor promedio de 0.9972 cm<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> de AFE, siendo las plantas tratadas con la mayor concentración de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> las que tuvieron menor AFE.

### **2.7.6. Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)**

Es una clara y simple medición de la tasa de incremento en peso seco de la planta por unidad de Tiempo, es un índice importante para cuantificar la fuerza de demanda de cualquier órgano de la planta demandante, es una relación de crecimiento en términos de peso en función del Tiempo, expresado en g·dia<sup>-1</sup>, por lo general adopta una forma sigmoideal y la diferencia entre dos puntos

consecutivos de cualquier serie proporciona la tasa de crecimiento en este periodo (Hunt, 1982).

La TAC está en función de la cantidad de material de crecimiento presente y de la tasa de crecimiento per se, motivo por el cual, al inicio del desarrollo existe un periodo en que esta función del crecimiento es cada vez mayor, posteriormente se mantienen casi constante y luego comienza a disminuir, de tal forma que al final del ciclo se vuelve negativa por que la muerte de las hojas es superior a la formación de hojas nuevas (Mithorphe y Moorby, 1982).

## **2.8. Cosecha**

Según García y García (1990), el estado final de la madurez fisiológica es cuando las legumbres cambian de un color verde a amarillento, lo que indica que a partir de este momento las plantas se arrancan y se enrollan para terminar su secado y efectuar la trilla. Si ocurren lluvias cuando las plantas se encuentren arrancadas en el terreno, es necesario voltearlas para acelerar su secado y evitar el manchado del grano.

En experimentos realizados, se ha demostrado que la calidad del grano, en términos de tiempo de cocción y de color de la testa, es adecuada cuando la cosecha se realiza a más tardar hasta 10 días después de la madurez fisiológica, y se trilla en menos de 15 días después de la cosecha. Cuando el frijol se deja en la planta por periodos prolongados después de que se alcanza la madurez fisiológica, o bien, si después del corte tarda en trillarse, ya que además del grano, se oscurece el color y se incrementa el tiempo de cocción (García y García, 1990).

La cosecha mundial de frijol reporta una ligera tendencia al alza, impulsada por aumentos en la superficie cosechada y en los rendimientos por unidad de superficie. Myanmar, India, Brasil, México, Tanzania, Estados Unidos y China son los principales productores de frijol, y en conjunto aportan el 64,8 por ciento de la oferta global. Su comercio en el mercado internacional es reducido en comparación con otros productos agrícolas y como proporción del consumo global

de esta leguminosa, debido a que en general los principales países productores son también los consumidores más importantes (FIRA, 2015).

En el mundo anualmente se cosechan alrededor de 29,5 millones de hectáreas de frijol, de las cuales se obtienen 23,0 millones de toneladas, en sus diferentes cultivares. Su consumo se realiza principalmente en los países en desarrollo, aunque en muchos de éstos se ha reducido en los años recientes al sustituirlo por otros productos. Actualmente, el consumo per cápita se ubica en un promedio mundial de 2,5 kg por año (INEGI, 2018).

## **2.9. Producción del cultivo del frijol en el mundo y en Cuba**

El frijol es, dentro de las leguminosas de grano, la especie más importante para el consumo humano; de acuerdo con el Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT, 2018) se cultiva prácticamente en todo el mundo. En 129 países de los cinco continentes, se reporta la producción de fríjol, según Base de Datos de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOESTAT, 2018), América Latina es la zona de mayor producción y consumo, se estima que más del 45 % de la producción mundial proviene de esta región, donde es considerado como uno de los productos básicos de la economía campesina.

Entre los países más productores se destacan en orden de importancia, expresados en porcentaje de producción mundial: India 19 %, Brasil 17 %, Myanmar 12%, Estados Unidos 6% y México 6 %. Estos países contribuyeron con el 60% del total producido. En cuanto a rendimientos el de mayor productividad es Canadá con 2.12 t ha<sup>-1</sup>, Estados Unidos con 2.0 t ha<sup>-1</sup> y Chile con 1.85 t ha<sup>-1</sup>. En este sentido se destacan Nicaragua y Guatemala, cuyas producciones se han triplicado (Pacheco *et al.*, 2016).

Esta leguminosa es la más importante en Cuba, constituyendo una parte fundamental de la dieta diaria. En el año 2014 la superficie cosechada fue de 129 911 ha, correspondiendo al sector estatal 6 564 ha y al sector no estatal 123 347 ha; se produjo un total de 131 845 toneladas, de estas solo 5 805 toneladas al

sector estatal y 126 040 toneladas al sector no estatal. Con relación al rendimiento, el resultado de este indicador fue muy discreto obteniéndose solo 1,01 t ha<sup>-1</sup> en toda la superficie cultivada; en el sector estatal se obtuvo a 0,88 t ha<sup>-1</sup> mientras que en el sector no estatal este indicador alcanzó 1,02 t ha<sup>-1</sup> (ONEI, 2018). Desde el año 2009 estos componentes de la producción mantienen la misma tendencia.

## **2.10. La variedad CIAP 7247. Características y su manejo**

La variedad CIAP 7247 se obtuvo por selección a partir de la línea 7247 del banco de germoplasma de frijol de la Universidad Central de Las Villas, procedente de una colecta realizada en la zona noreste de Sancti Spíritus. Se estudió su resultado durante más de 15 años, junto a un amplio grupo de variedades, en áreas experimentales de la Universidad, sobre suelo pardo con carbonatos, y en áreas de producción comercial de la región central del país (Quintero y Gil, 2012).

### **2.10.1. Caracteres morfológicos**

Color predominante del hipocotilo: Morado

Color predominante de los cotiledones: Morado

Hábito predominante de crecimiento: Arbustivo indeterminado con tallo y ramas erectas, sin guías (Tipo II)

### **2.10.2. Tallo.**

Altura del tallo principal: 65.75±19.21 cm.

Color predominante del tallo principal: Verde

Número de nudos del tallo principal: 14.5±3.109

### **2.10.3. Hojas**

Color predominante de las nervaduras de las hojas primarias: Morado

Color predominante de las hojas: Verde pálido

#### **2.10.4. Flor**

Días a la floración: 40+-3.175

Duración de la floración: 20+-2.824 días.

Color predominante del estandarte: Morado

Color predominante de las alas: Morado

#### **2.10.5. Legumbres**

Color predominante de las legumbres inmaduras: Verde pálido

Color predominante de las legumbres secas: Blanco pajizo

Número de legumbres por planta: 9.44±2.19

Longitud de las legumbres: 10.6±2.3 cm

Inicio del llenado de las legumbres: 60±2.5 días

Color al momento de la madurez fisiológica: Amarillo

Número de semillas por legumbres: 5.11±1.17

Días a madurez fisiológica: 68±3.04

Días a cosecha: 93±2.54

#### **2.10.6. Semilla**

Color predominante: Negro

Aspecto predominante de la testa: Opaco

Color predominante del borde del hilum: Negro (No se diferencia del resto de la testa)

Forma: Oblonga

Peso de 1000 semillas y tamaño: 208.3±19.6 g (Pequeña)

Rendimiento potencial: 2500 Kg/ha (máximo obtenido en condiciones experimentales). Categoría: Medio

Rendimiento medio experimental: 1737±592 Kg/ha

Reacción a las enfermedades de importancia económica:

Mosaico amarillo: Tolerante

Mosaico dorado: Tolerante

Bacteriosis: Tolerante

Roya: Susceptible

Mildiu polvoriento: Tolerante

Comportamiento ante las plagas de importancia económica: Es tolerante a Empoasca y Crisomélidos

Época de siembra. Se enmarca en el periodo normal de siembra del frijol común en Cuba (septiembre a febrero), pero encuentra las condiciones óptimas en siembras tardías (enero y febrero) y en las siembras más atrasadas de la época intermedia (diciembre).

### **2.11. El FitoMas-E® como biofertilizante**

Los problemas económicos y ecológicos del mundo actual, han revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la agricultura y el uso de productos biológicos como los biofertilizantes, y estos como alternativa para reducir al mínimo el empleo de fertilizantes minerales (López, 2002).

FitoMas-E® es un bionutriente derivado de la industria azucarera cubana. Este bionutriente contiene un conjunto óptimo de sustancias bioquímicas que propician una mejora sustancial cuando se tratan cultivos sometidos tanto a estreses bióticos como abióticos (Montano *et al.*, 2007).

El FitoMas- E® es un cóctel natural de sustancias orgánicas intermediarias complejas de alta energía. El mismo permite superar situaciones estresantes sin perjudicar la producción de alimentos y productos útiles, así mismo permite mejorar la germinación (Montano *et al.*, 2007).

Es un producto anti estrés con sustancias naturales propias del metabolismo vegetal, que estimula y vigoriza los cultivos, desde la germinación hasta el fructificación, disminuye los daños por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades, plagas, ciclones, granizadas, podas y trasplantes. Frecuentemente, reduce el ciclo del cultivo y potencia la acción de los fertilizantes, agroquímicos y bioproductos propios de la agricultura ecológica, lo que a menudo permite reducir entre el 30% y el 50% de las dosis recomendadas. Es eficiente en policultivos propios de la agricultura de bajos insumos. Se aplica a dosis entre 0,1 y 2 L/ha con métodos convencionales, es estable por dos años como mínimo y no es tóxico a plantas ni animales (Montano *et al.*, 2007).

FitoMas-E® , es una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas de alta energía (aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos biológicamente activos), formulada como una suspensión acuosa que se debe agitar antes de su utilización y está compuesta por 150 g L<sup>-1</sup> de extracto orgánico, 55 g L<sup>-1</sup> de N total, 60 g L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 31 g L<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Montano *et al.*, 2007).

### **2.11. Dosis y modo de aplicación**

Mariña *et al.* (2010) recomienda su uso mediante aplicaciones foliares, directamente al área foliar de la planta, así como en sistemas de fertirriego durante cualquier fase fenológica de un cultivo, independientemente de la parte del vegetal que constituya el interés económico de la cosecha. Se aplica en dosis desde 0,1 a 2.0 L ha<sup>-1</sup>, según el cultivo, por vía foliar, siempre disuelto en agua hasta completar de 200 a 300 L ha<sup>-1</sup> de volumen final.

Álvarez *et al.* (2014) recomiendan aplicar dosis entre 1 y 2 L ha<sup>-1</sup> en cada aplicación, 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 el inicio de R5. También recomienda realizar aplicaciones cuando las plantas han sido afectadas por plagas, sequías, por exceso de humedad, daños mecánicos, altas y bajas temperaturas, salinidad y aplicaciones de herbicidas.

Montano *et al.* (2007) reporta que cuando se aplica por riego las dosis pueden ser del orden de los 5 L ha<sup>-1</sup>. La frecuencia es variable, aunque una sola aplicación durante el ciclo suele ser muy efectiva.

El empleo de dosis óptimas del FitoMas-E® propicia el intercambio suelo-planta de sustancias útiles, con lo que se incrementa la población microbiana autóctona, simbiótica y asociada, en la zona de la rizosfera y facilita la producción natural de hormonas y otras sustancias esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta (Masotó, 2004).

López *et al.* (2002), Masotó (2004) y Méndez *et al.* (2011) en relación con el empleo de dosis óptimas de los biofertilizantes en general y del FitoMas-E® en particular, exponen que cuando el biofertilizante es aplicado en la cantidad necesaria, propicia el intercambio suelo-planta de sustancias útiles, con lo que se incrementa la población microbiana autóctona, simbiótica y asociada, en la zona de la rizosfera y facilita la producción natural de hormonas y otras sustancias esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Finca “San José”, perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “El Vaquerito”, ubicada en la carretera a Camajuaní km 6 ½, y en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV). Los experimentos de campo se realizaron en un suelo Pardo mullido medianamente lavado según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015).

La preparación de suelo consistió en una labor de aradura, un pase de grada, cruce, surque y siembra; solo la aradura se realizó con tractor YUMZ-6M y arado de discos ADI-3000; el resto de las labores se realizó con tracción animal empleando el arado de vertedera, grada de tracción animal, arado criollo o del país para surcar, sembrar y aporcar respectivamente. El cultivo anterior en el área experimental fue millo cebada [*Sorghum bicolor* (L.) Moench sp. bicolor raza guinea].

El cultivar de frijol que se empleó fue CIAP 7247, proveniente de la selección de colección de semillas del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), la distancia de siembra empleada fue de 0,70 m a surco corrido a una profundidad de 2 cm aproximadamente por tratarse de una siembra manual. Se fertilizó en el fondo del surco con fórmula completa NPK (9-23-16) a una dosis 0,35 t ha<sup>-1</sup>.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con 4 tratamientos y tres réplicas, siendo evaluadas 15 plantas por tratamiento para un total de 60 observaciones con el fin de evaluar indicadores morfológicos y 6 plantas por tratamiento para determinar índices de crecimiento en cada tratamiento, los cuales se describen a continuación:

- Tratamiento (T I): control
- Tratamiento (T II): remojo de la semilla con FitoMas-E® al 1%; dejando expuesta al aire la semilla durante 3 horas

- Tratamiento (T III): FitoMas-E® a la semilla y en la fase V4 (35 días después de la siembra) a una dosis de 2 L ha<sup>-1</sup>
- Tratamiento (T IV): FitoMas-E® a la semilla y en las fases V4 (35 días), R5 (49 días) y R7 (56 días) a una dosis de 0,6 L en cada caso

Las diferentes dosis de FitoMas-E®, se aplicaron con una mochila de fumigación “MATABY”, de 16 litros de capacidad, realizándose las aplicaciones en las primeras horas de la mañana.

La siembra se efectuó el 26 de diciembre de 2017 (época intermedia), para el manejo de plagas se realizó según las instrucciones establecidas por el MINAG (2016); en particular, para el manejo de arvenses, se realizó manual y se empleó la tracción animal para el aporque, el riego fue por aspersión empleándose para ello una bomba Perking con tubería de 4 pulgadas y aspersores; se realizaron 3 riegos: el primero después de la siembra, el segundo en la emisión de la primera hoja verdadera, el tercero en la fase de formación de las legumbres, la norma neta de riego para cada uno fue de 250 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>.

La cosecha se realizó el día 23 de marzo del 2018 en horario de la mañana tomando 15 plantas por tratamiento, lo cual serían 60 por réplicas para evaluar los componentes del rendimiento: número de legumbres por plantas, número de semillas por legumbre, peso de semillas por planta y peso de 100 semillas. El rendimiento en t ha<sup>-1</sup> de cada tratamiento por réplica fue estimado a partir de la cosecha de cada parcela, las cuales tenían un área de 5,25 m<sup>2</sup> cada una. El cálculo automático del contenido de humedad (%) de los granos se realizó con un probador de granos modelo mini GAC® Plus, producido por DICKEY-john corporation. Las semillas fueron colocadas en cartuchos de papel, y expuestas al sol y al aire, hasta alcanzar una humedad en las mismas de 13±0,2 %.

### **3.1. Indicadores morfológicos**

#### **3.1.1. Evaluación de la altura de la planta, número de hojas por planta y el diámetro del tallo.**

Las variables fueron evaluadas a los 42, 56, 63, siete días después de la aplicación del FitoMas-E® y las plantas fueron enumeradas en cada tratamiento, garantizando, así que estas fueran medidas nuevamente en próximas evaluaciones. Para medir la altura de la planta se empleó una cinta métrica de 1,50 m, y se realizó desde la base del tallo hasta la cima de la inflorescencia, donde finaliza el tallo principal. En la evaluación del número de hojas fueron consideradas todas las hojas presentes en la planta. El diámetro del tallo se midió en la base del mismo, con el empleo del pie de rey.

### **3.2. Indicadores fisiológicos**

#### **3.2.1. Peso fresco (PF) y peso seco (PS) de raíz, tallos, hojas y porciento de materia seca**

Se tomaron seis plantas por tratamiento respectivamente; a los 42 y 56 días a partir de la fecha de siembra y se determinó el peso fresco de cada órgano (de raíz, tallos, hojas) y el general por planta. Para determinar peso seco se utilizó una estufa (Sakura) a 70 °C durante 72 h hasta peso constante y se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ de materia seca} = \frac{ms}{mf} * 100$$

Para el peso seco (PS) y Peso fresco (PF) se utilizó la balanza digital (Sartorius), marca BSA 124S, para un peso máximo de 120g con una precisión de 0,1mg.

#### **3.2.2. Área foliar por plantas (AF)**

Se pesaron todos los limbos de los folíolos libres de pecíolo, de cada planta y se extrajeron 30 discos de diámetro 1,1 cm. que también se pesaron y se calculó el área foliar mediante la fórmula:

$$AF = \frac{ad * ph}{pd}$$

Donde:

Ad es el área de los todos los discos extraídos y para su determinación se utilizó la fórmula Área del disco= $\pi \cdot r^2$  y el Área de todos los discos=números de discos  $\cdot \pi \cdot r^2$

Ph es el peso fresco de los limbos foliares de la planta

Pd es el peso fresco de todos los discos

AF el área foliar de la planta

### 3.2.3. Índice del área foliar (IAF)

Se determinó con la utilización de la siguiente fórmula:

$$IAF = \frac{Af}{Av}$$

Donde:

AF= área foliar de la planta

AV = área vital de la planta

### 3.2.4. Tasa de asimilación neta (TAN)

La cantidad de sustancia acumulada en tejidos y órganos por cada unidad de área foliar y de tiempo es lo que denominamos tasa de asimilación neta (TAN) y representa un índice de eficiencia de las plantas, determinada fundamentalmente por el balance entre la fotosíntesis y la respiración; para el cálculo de este índice se empleó la fórmula:

$$TAN = 2(P2 - P1)/(A2 + A1)(t2 - t1)$$

Donde:

P<sub>2</sub> es el peso seco total de la planta en la segunda evaluación

P<sub>1</sub> es el peso seco total de la planta en la primera evaluación

A<sub>2</sub> es el área foliar en la segunda evaluación

A<sub>1</sub> es el área foliar en la primera evaluación.

$t_2$  y  $t_1$  son las edades a las que se realizaron las evaluaciones, final e inicial, respectivamente. El peso seco total es igual a la suma de los pesos secos de hojas, tallos y tubérculos en el momento de cada evaluación.

### **3.2.5. Tasa Relativa de Crecimiento (TCR)**

Mediante este índice se expresa el incremento de peso por unidad de peso presente y por unidad de Tiempo, expresa cuanto se crece por cada unidad de peso total de la planta. Este índice permite una comparación más efectiva entre plantas que difieren en su tamaño.

Esta variable fue calculada mediante la fórmula propuesta por Hunt (1982):

$$TCR = 2(P_2 - P_1)/(P_2 + P_1)(t_2 - t_1)$$

$P_2$  es el peso seco total de la planta en la segunda evaluación

$P_1$  es el peso seco total de la planta en la primera evaluación

$t_2$  y  $t_1$  son las edades a las que se realizaron las evaluaciones, final e inicial, respectivamente. El peso seco total es igual a la suma de los pesos secos de hojas, tallos y tubérculos en el momento de cada evaluación.

### **3.2.6. Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)**

El crecimiento puede ser medido a través del incremento del peso seco en un intervalo de Tiempo determinado. Esta variable se calculó por la fórmula propuesta por Hunt (1982):

$$TAC = 2(P_2 - P_1)/(t_2 - t_1)$$

$P_2$  es el peso seco total de la planta en la segunda evaluación

$P_1$  es el peso seco total de la planta en la primera evaluación

$t_2$  y  $t_1$  son las edades a las que se realizaron las evaluaciones, final e inicial, respectivamente. El peso seco total es igual a la suma de los pesos secos de hojas, tallos y tubérculos en el momento de cada evaluación.

### **3.2.7. Razón del área foliar (RAF).**

Representa la proporción de área de las hojas que tiene una planta por cada unidad de peso seco presente en un momento dado; se calculó por la fórmula:

$$RAF = \frac{1}{2} \left( \frac{A1}{P1} + \frac{A2}{p2} \right)$$

A<sub>2</sub> es el área foliar en la segunda evaluación

A<sub>1</sub> es el área foliar en la primera evaluación.

P<sub>2</sub> es el peso seco total de la planta en la segunda evaluación

P<sub>1</sub> es el peso seco total de la planta en la primera evaluación

### **3.3. Indicadores del rendimiento y el rendimiento agrícola**

#### **3.3.1. Evaluación del efecto de FitoMas-E® sobre los componentes del rendimiento y el rendimiento agrícola**

Los componentes del rendimiento se evaluaron en el momento de la cosecha. Para ello se tomaron 15 plantas por cada tratamiento que estuvieran en competencia intraespecífica perfecta

Los componentes del rendimiento fueron evaluados en el momento de la cosecha, los que se muestran a continuación:

1. Número de legumbres /plantas.
2. Promedio de semillas/legumbres.
3. Número de semillas/planta.
4. Peso de semillas/planta.
5. Peso de 100 semillas/tratamiento.
6. Rendimientos (t ha<sup>-1</sup>).

El cálculo del rendimiento en t.ha<sup>-1</sup> se estimó cosechando las tres parcelas por tratamiento cada una de ellas con un área 5,25 m<sup>2</sup>, posterior a la cosecha se pasó

al secado natural de las semillas en condiciones ambientales naturales hasta alcanzar un  $13,5\% \pm 0,2\%$  de humedad respectivamente. El cálculo automático del contenido de humedad (%) de los granos se realizó con un probador de granos modelo mini GAC<sup>®</sup> Plus, producido por DICKEY-John Corporation.

Para determinar el peso de las semillas por tratamiento se empleó una balanza digital marca Scout Pro, con una capacidad de peso máximo de 600 g de procedencia china con precisión de 0,1 mg.

Para el procesamiento estadístico se analizaron los datos a través del Statgraphics Plus 5.1 (2000). Se realizó un análisis de varianza cuando los datos cumplían los supuestos de homogeneidad de varianza y se utilizó la prueba de Duncan para evaluar las diferencias estadísticas entre las medias.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Indicadores morfológicos

#### 4.1.1. Evaluación de la altura de la planta, número de hojas por planta y el diámetro del tallo

- Efecto del FitoMas-E® en la altura de la planta (AP).

Al analizar el efecto del FitoMas-E® en la altura de la planta de la variedad CIAP 7247, se encontró que el tratamiento III tuvo mejor resultado en las fases fenológicas V4 y R5, presentando diferencias significativas con relación a los T I y T II. En la fase fenológica R7 el T IV obtuvo los mejores resultados presentando diferencias significativas con relación al resto de los tratamientos estudiados (Figura 1).

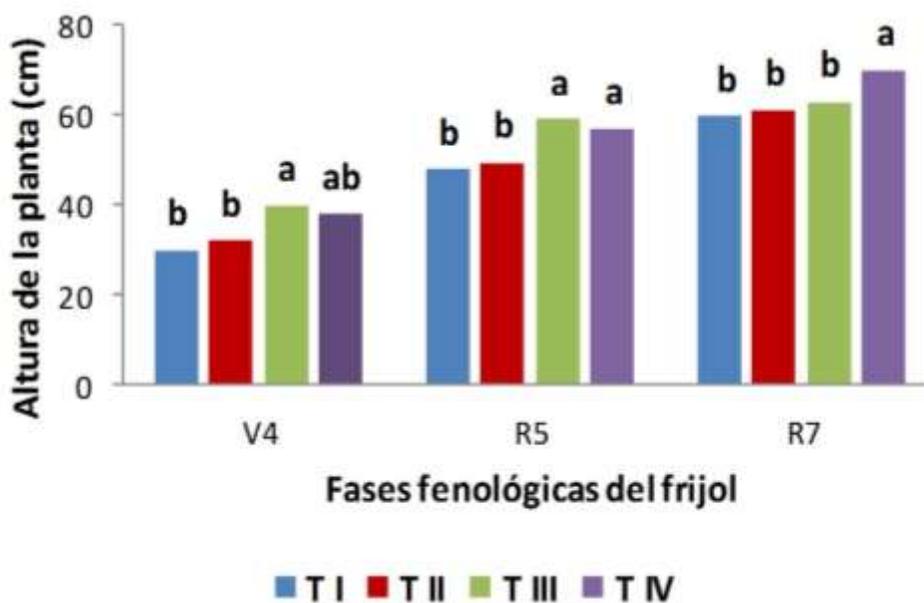


Figura 1. Efecto del FitoMas-E® en la altura de la planta con respecto a las fases fenológicas.

Medias con letras no comunes sobre las barras para cada momento de evaluación difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$ .

Los resultados pueden estar dados porque al emplear dosis fragmentadas de FitoMas-E® se altera directamente el metabolismo de las plantas y por consiguiente, pueden influir en su crecimiento y desarrollo.

Estos resultados concuerdan con los expresados por Brito *et al.* (2013) quien al aplicar el bioestimulante FitoMas-E® en este cultivo obtuvo incremento en la longitud de las plantas de frijol. De la misma forma, Guevara (2013) en investigaciones realizadas con el bionutriente FitoMas-E® en el frijol, en período lluvioso, obtuvieron que la variable AP se incrementaba en la medida que aumentaba la dosis del producto.

En la variedad Bat-304 de testa negra Calero *et al.* (2016) comparando biopreparados combinados con FitoMas-E® obtuvieron que las plantas que más crecieron fueron donde se aplicó Fitomas E® solo, con una altura de 65,17 cm, con una dosis de 1,5 L ha<sup>-1</sup>. Por su parte, Méndez *et al.* (2011) y Ramírez y Rosell (2017) obtuvieron incrementos significativos de la altura de la planta en el cultivo del frijol, con el aumento de la dosis del producto de FitoMas-E®, resultados que coinciden con los obtenidos en este estudio.

De igual manera, López *et al.* (2015) reportaron que en la variedad Tomeguín-93 obtuvieron alturas superiores a 42,5 cm con la aplicación de 1,5 L en las etapas fenológicas de aparición de primeras hojas trifoliadas y el inicio de la floración, con diferencias significativas con el resto de los momentos de aplicación. Ramírez y Rosell (2017), al realizar un aumento a la dosis del producto de FitoMas-E®, a los 30 y 60 días después de la germinación, lograron incrementos significativos de la altura de la planta.

En el cultivo del maní, Rojas y Barreda (2014) afirman que la aplicación del FitoMas-E® influye en el incremento de la altura de la planta con valores entre 51,65 y 63,55 cm, aplicando 2 L ha<sup>-1</sup>

Por el contrario, en el cultivo del maní Ramos (2012), al evaluar la aplicación de este producto en tres genotipos en período poco lluvioso, no encontró diferencias significativas con respecto al control en la AP.

- Efecto del FitoMas-E® en el número de hojas por planta

En relación al número de hojas por planta no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los T IV y T II donde se aplicó FitoMas-E®, en el primer caso a una dosis fraccionada de 0,6 L ha<sup>-1</sup> y el tratamiento T II en el cual solo fue empleado en la impregnación de la semilla en el momento de la siembra, pero si de estos con el tratamiento control y entre el T III y T IV al ser aplicada en T III la totalidad de la dosis recomendada.

En R7 se evidencia que el T IV conserva por mayor tiempo el número de hojas activas, lo cual puede influir significativamente en una mayor resistencia a la sequía o a condiciones estresantes del ambiente (Figura 2). Estos resultados evidencian la influencia del bioestimulante en el crecimiento de la planta, al ser un activador de los procesos fisiológicos a bajas concentraciones y favorecer la absorción de los nutrientes.

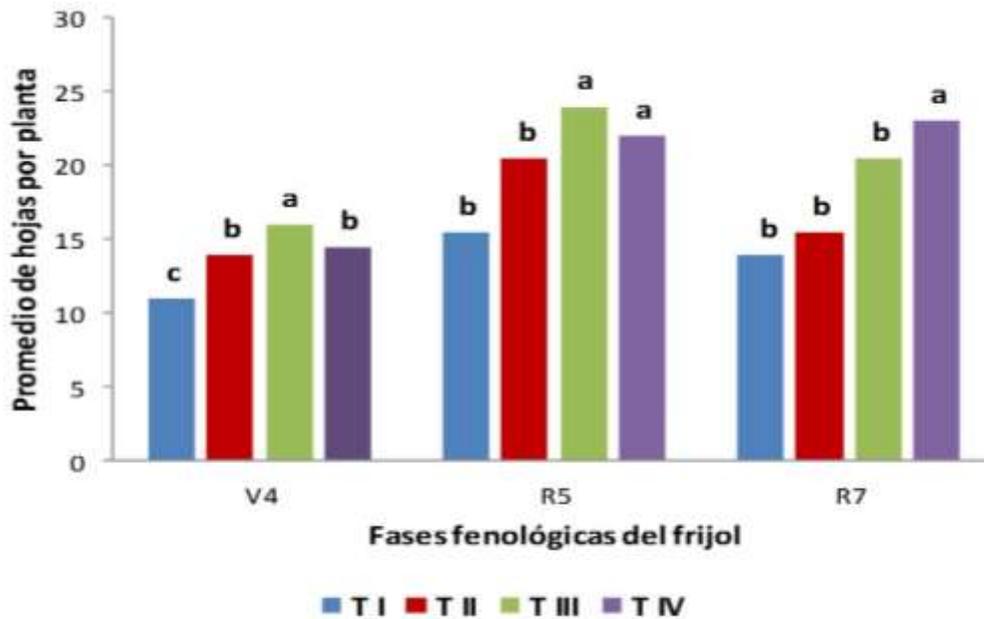


Figura 2. Efecto del FitoMas-E® .en el número de hojas por planta

Medias con letras no comunes sobre las barras para cada momento de evaluación difieren gpara la prueba estadística parametrica Duncan para  $p \leq 0,05$

Los resultados coinciden con los obtenidos por Méndez *et al.* (2011), al evaluar dosis de FitoMas-E® en el cultivo del frijol común aplicando 1,5 L ha<sup>-1</sup> donde obtuvieron un mejor resultado del número de hojas por planta a los 25 y a los 30 días en que se realizaron las mediciones.

Resultados superiores fueron los de Calero *et al.* (2016) en la variedad Bat-304 de testa negra, obtuvieron que el mayor número de hojas por planta se halló donde se aplicó FitoMas-E®, con un promedio de 45,97, con una dosis de 1,5 L ha<sup>-1</sup>.

- Efecto del FitoMas-E® en el diámetro de los tallos.

El análisis del efecto del FitoMas-E® en el diámetro de los tallos mostró que en un primer momento, o sea, en la fase fenológica V4 en ninguno de los cuatro tratamientos hubo diferencias estadísticas significativas, no siendo de esa manera en la fase R5 y R7 donde se aprecian diferencias estadísticas entre el tratamiento IV y el resto de las variantes estudiadas.

Esto pudo estar dado por una mayor acumulación de materia seca en la fase fenológica V4 al aplicarse este bioestimulante, el cual es un coctel natural de sustancias orgánicas intermediarias complejas de alta energía entre las que se encuentran aminoácidos, péptidos de bajo peso molecular, bases nitrogenadas e hidratos de carbono bioactivos (Figura 3).

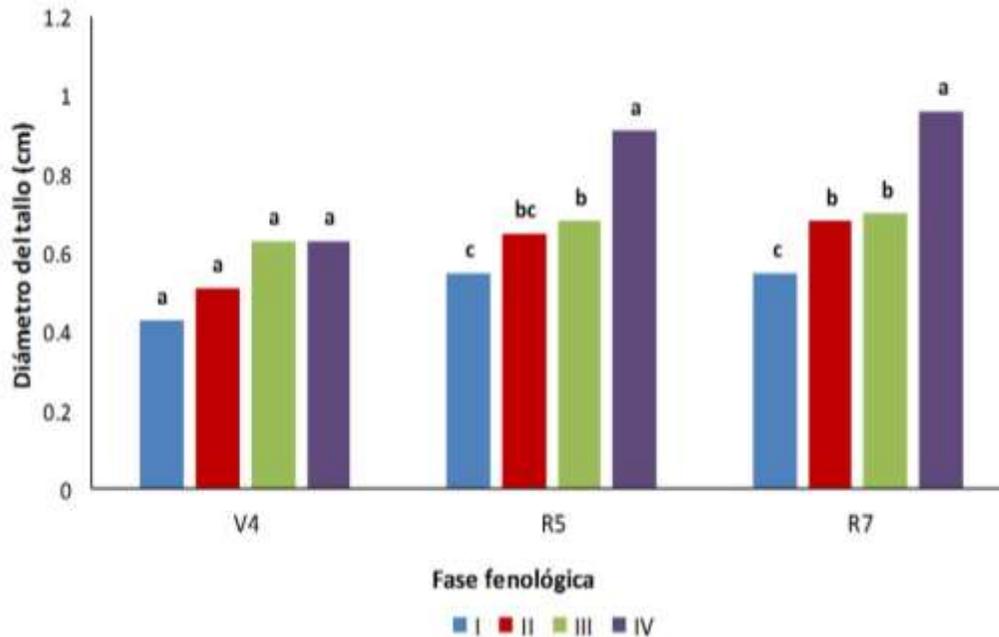


Figura 3. Efecto del FitoMas-E® en el diámetro de los tallos

Medias con letras no comunes sobre las barras para cada momento de evaluación difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Calero *et al.* (2016) en la variedad Bat-304 de testa negra en la cual compararon biopreparados combinados con FitoMas-E® y obtuvieron diámetros de 0,76 cm, con una dosis de  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ .

Estos resultados no coinciden con lo obtenido por Méndez *et al.* (2011) que al estudiar la variable diámetro del tallo concluye que en ésta no influye el bioestimulante de manera positiva en dosis de 0,5, 1,0 y  $1,5 \text{ L.ha}^{-1}$ . De igual manera, Guevara *et al.* (2013) proyecta que el FitoMas-E® en las dosis (30, 45 y 60 ml), no presentaresultados diferentes en la variable diámetro del tallo, a diferencia de otras variables como la longitud del fruto, número frutos por planta y número de granos por legumbres.

Los resultados en general demuestran el efecto positivo del FitoMas-E® en el crecimiento de la planta, lo cual coincide con lo referido por Montano *et al.* (2007) respecto a que este producto activa o estimula las funciones fisiológicas de la planta, y que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes. A

su vez, en experimentos realizados en otros cultivos donde se realizaron aplicaciones de diferentes dosis de FitoMas-E®, autores como Ramos y Martínez (2007), Martínez-Plácido *et al.* (2013), obtuvieron incrementos significativos en las variables de crecimiento evaluadas con relación al tratamiento Control, de esta forma quedó evidenciado el efecto positivo de este bioestimulante.

## **4.2. Indicadores fisiológicos**

### **4.2.1. Peso fresco (PF) y peso seco (PS) de raíz, tallos, hojas y por ciento de materia seca**

- Efecto del FitoMas-E® en el por ciento de materia seca de la planta.

El por ciento de materia seca de la planta en la primera evaluación muestra diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos I y II con respecto al III y IV, este resultado está en correspondencia con la materia seca por planta en esta fase fenológica descrito anteriormente. En la fase R7 se evidencia que el Control contiene mayor por ciento de materia seca que el resto de los tratamientos estudiados. (Figura 6).

El por ciento de materia seca tuvo un resultado similar a las variables número de hojas y área foliar esto pudo estar dado porque a partir de los 70 DDG disminuye hasta alcanzar los valores más bajos, momento en que se produce la madurez fisiológica de la planta.

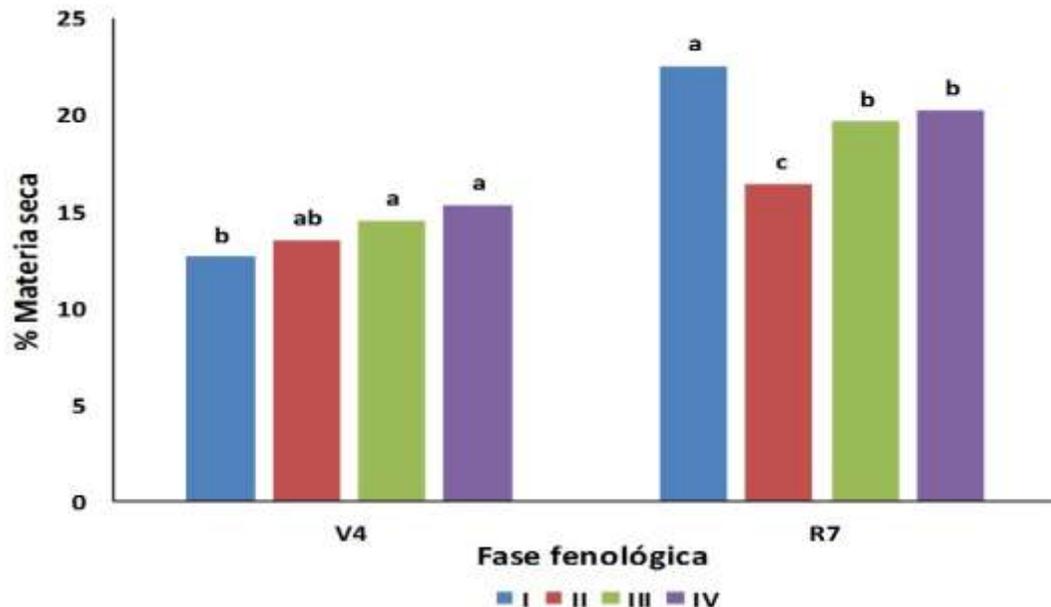


Figura 4. Efecto del FitoMas-E® en el % materia seca de la planta.

Medias con letras no comunes sobre las barras para cada momento de evaluación difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$

De acuerdo con Martínez-González *et al.*, 2017, la acumulación de masa seca en un cultivo está dada por el balance del metabolismo del carbono, atendiendo a que el frijol es una planta de tipo  $C_3$  donde existen pérdidas por respiración y fotorrespiración fundamentalmente en las etapas del cultivo donde aumenta la temperatura del aire; aunque, también inciden otras variables meteorológicas como la radiación solar y la humedad relativa fundamentalmente. Hernández (2016) refirió al comparar ocho cultivares de frijol común de granos de color blanco que las plantas alcanzaron los valores más elevados a los 40 DDG. A partir de esta etapa se produce un decrecimiento hasta alcanzar valores bajos a los 70 DDG. Estos resultados se contradicen con lo expuesto por Soarez (2014) quien demostró que en el cultivo del girasol las plantas bajo el tratamiento de FitoMas-E® (2 L ha<sup>-1</sup>) alcanzaron los máximos valores y mostraron diferencias estadísticas en ambos momentos con relación a los demás. En la medida en que se aumenta la dosis aplicada (FitoMas-E®: 1 L ha<sup>-1</sup>, FitoMas-E®: 2 L ha<sup>-1</sup>), la materia seca

producida por el cultivo en las raíces se incrementa en 45 %, 55 %, 57 %; en el tallo en 41 %, 52 %, 55 %, mientras que en las hojas el incremento fue de 66 %, 70 %, 71 %.

Resultados similares fueron obtenidos por Almenares (2007) que en evaluaciones realizadas en otro cultivo obtuvo que las plantas tratadas con FitoMas-E® incrementaron el porcentaje de peso seco de las raíces entre 6 % y 18 %, aunque en su caso la dosis menor aplicada el resultado se mantuvo igual que en el control.

- Efecto del FitoMas-E® en el peso seco inicial de la planta.

En el caso del peso seco inicial de la planta para la fase V4, los mejores resultados fueron en los tratamientos III y IV, con diferencias estadísticas entre ellos y con el resto. Los tratamientos I y II no mostraron diferencias estadísticas entre ellos. En la fase R7 el mayor peso seco se obtuvo en el tratamiento IV, con diferencias estadísticas significativas con el resto (Figura 5).

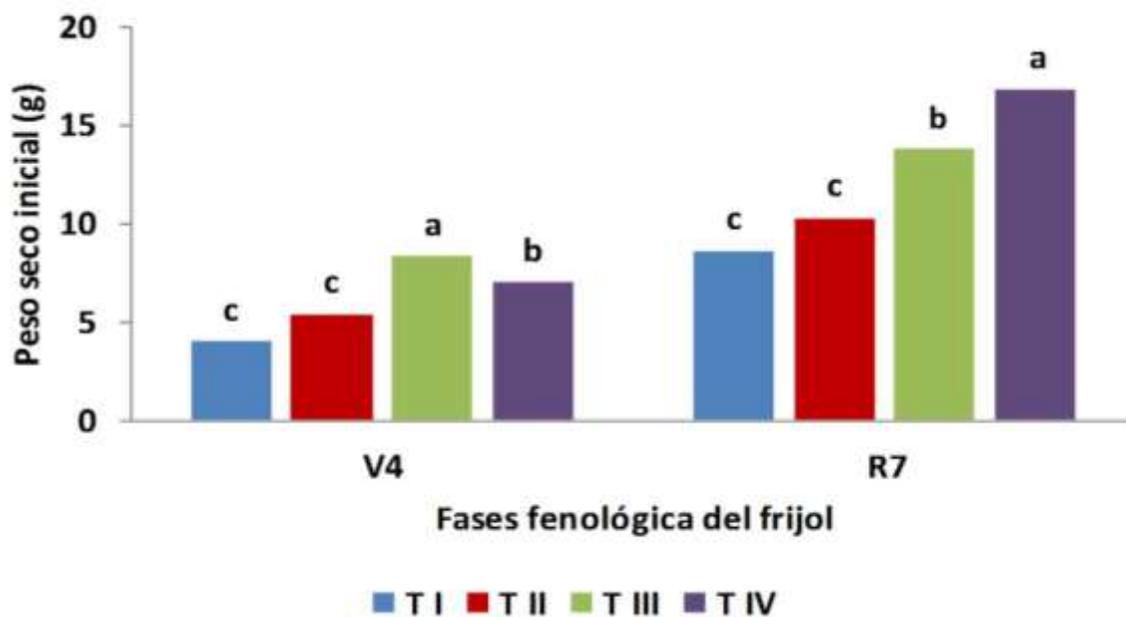


Figura 5. Efecto del FitoMas-E® en el peso seco inicial de la planta.

Medias con letras no comunes sobre las barras para cada momento de evaluación difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$

De acuerdo con Sarwar *et al.* (2013), estas diferencias se deben a la variabilidad de la dosis del promotor de crecimiento, siendo el peso seco de la planta un proceso complejo, controlado por muchos genes y con fuerte afectación por el ambiente, en combinación con las características genéticas del cultivo de frijol

#### 4.2.2. Área Foliar por plantas (AF)

En correspondencia con la altura de la planta y el número de hojas activas según fases fenológicas, el incremento del área foliar es más significativo en el tratamiento III en la primera fase evaluada (Figura 4), y en R7 el T IV difiere estadísticamente del resto de los tratamientos estudiados. Esto pudo estar dado por la aplicación fragmentada de FitoMas-E®, que favoreció al T IV.

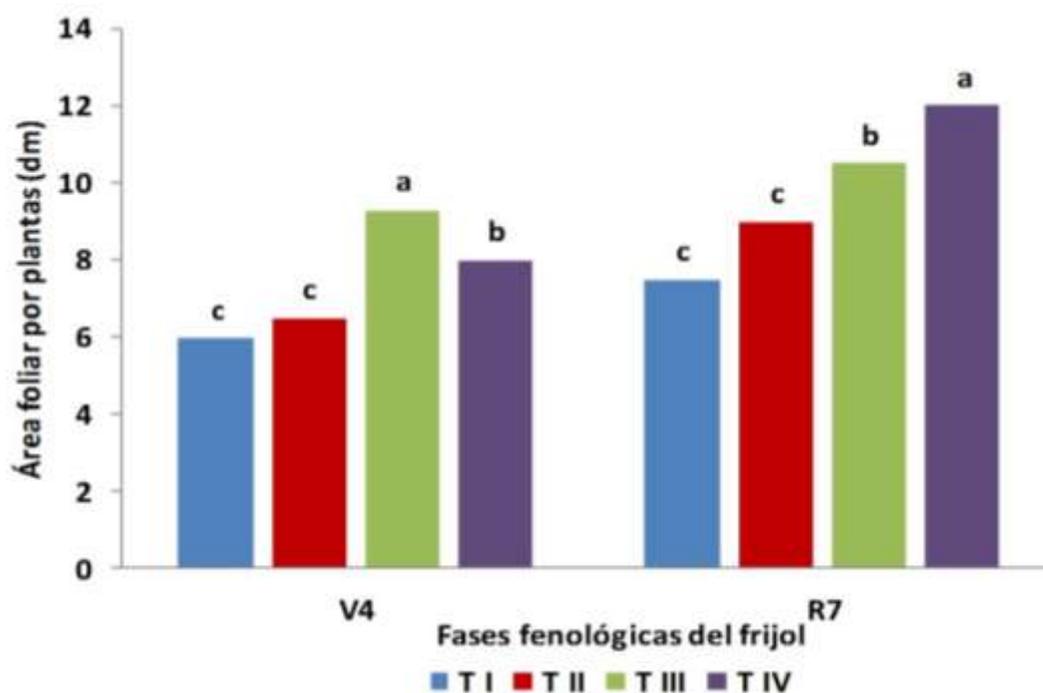


Figura 6. Efecto del FitoMas-E® en el área foliar de la planta.

Medias con letras no comunes sobre las barras para cada momento de evaluación difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$ .

Los resultados evidencian el efecto estimulante del FitoMas-E® sobre el área foliar, que favorece el crecimiento y producción de materia seca, así como la producción de asimilatos a partir de una mayor captación de energía lumínica.

Soares (2014) en un trabajo que tuvo como objetivo evaluar el efecto del FitoMas-E® sobre el crecimiento y rendimiento del girasol encontró que el área foliar comenzó a incrementarse exponencialmente en los tratamientos con FitoMas-E®. Entre el momento inicial y el momento final del experimento, el incremento promedio en este índice fue mayor en las plantas con aplicación de FitoMas-E® a razón de 2 L ha<sup>-1</sup> con 4 983.09 cm<sup>2</sup>, seguido del tratamiento de FitoMas-E® a razón de 1 L ha<sup>-1</sup> con 4 343.17 cm<sup>2</sup>, mientras que las plantas del control mostraron el valor más bajo solo con 2 241,04 cm<sup>2</sup>.

Díaz *et al.* (2016) reportan que la aplicación de concentraciones crecientes de FitoMas-E® en café en dos variantes de aplicación (en siembra y a los 150 días) produce incrementos entre 9 y 153 % al evaluar el índice de eficiencia para el indicador área foliar a los 180 días de efectuada la siembra de las semillas. En el propio cultivo, Alvarado *et al.* (2007) reportaron incrementos del 55% del área foliar de las plántulas tratadas con FitoMas-E®. Por otro lado, Vega *et al.* (2013) alcanzaron incrementos entre 13 y 22 % y entre 32 y 153 % para estos mismos indicadores, en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).

#### **4.2.3. Índice del Área foliar (IAF)**

El análisis del efecto del FitoMas-E® en el índice de área foliar de la planta de frijol común (Figura 7), mostró que el tratamiento III presenta diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos I, II y IV en la fase V4; el mejor resultado lo obtiene el tratamiento IV en la fase fenológica R7 con un área foliar de 3,9; prácticamente un tercio mayor que el tratamiento III.

Esto puede explicarse por el reforzamiento que provocan sobre la actividad bioquímica y fisiológica los reguladores del crecimiento (Auxinas, Giberelinas y Citoquininas), las proteínas de baja masa molecular y las sustancias húmicas presentes en el extracto aplicado foliarmente. El IAF de las variedades, tanto de grano negro como de grano claro se incrementó en función de la etapa fenológica, obteniéndose los valores más altos al inicio de llenado del grano (20 días después del inicio de floración); posteriormente, los valores se incrementaron en menor proporción en la etapa intermedia de llenado del grano.

Esto pudo estar dado porque en la primera etapa (V4), con la existencia de mayor número de estructuras vegetativas del vástago y el número de hojas como fuentes de fotosintatos, existió un mayor incremento del IAF, no así en R7 donde hay presencia de frutos y semillas.

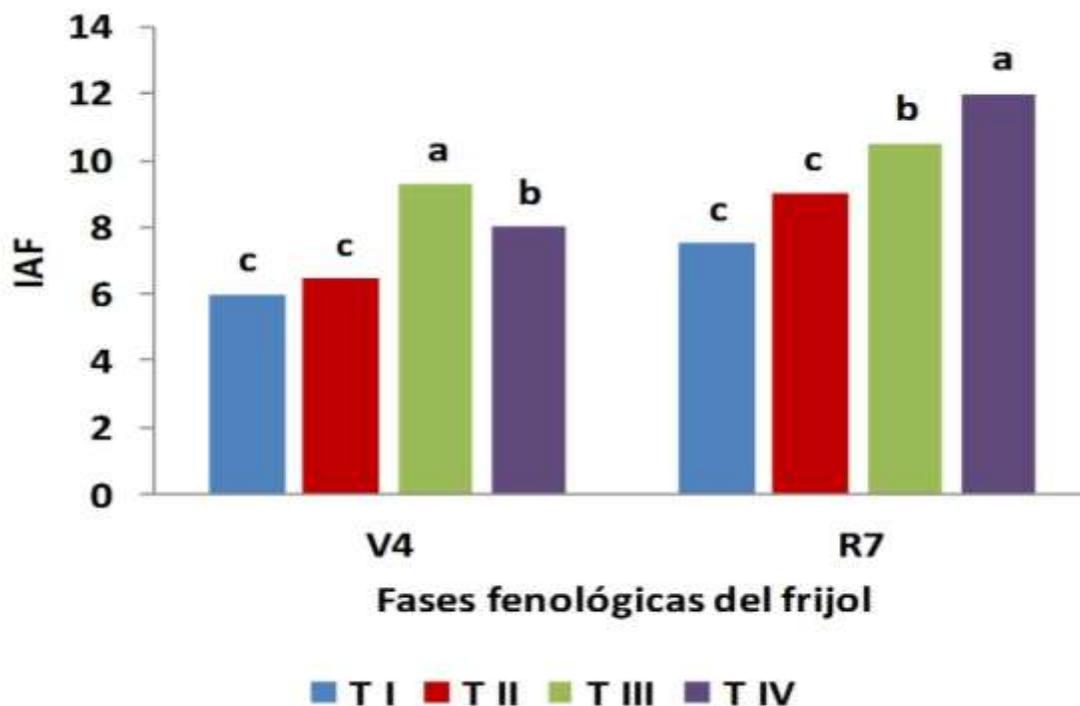


Figura 7. Efecto del FitoMas-E® en el índice de área foliar de la planta.

Medias con letras no comunes sobre las barras para cada momento de evaluación difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$

Estos resultados son similares a los valores de IAF en el cultivo del girasol encontrados por Soares (2014), quien observó que los máximos valores de IAF correspondieron a las plantas con aplicación de FitoMas-E® a razón de 2 L ha<sup>-1</sup>. El incremento promedio en el IAF fue mayor en las plantas con aplicación de FitoMas-E® a razón de 2 L ha<sup>-1</sup> con 2,77; seguido del tratamiento de FitoMas-E® a razón de 1 L ha<sup>-1</sup> con 2,41, mientras que las plantas del control alcanzaron el valor más bajo con 1,25.

#### 4.2.2. Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa Relativa de Crecimiento (TCR), Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) y Razón del Área Foliar (RAF).

- Efecto del FitoMas-E® en los indicadores fisiológicos de la planta de frijol común

En la tabla 3 se muestra que la (TAN) presenta diferencias estadísticas significativas entre los tres primeros tratamientos estudiados con el tratamiento IV.

Tabla 3. Efecto del FitoMas-E® en los indicadores fisiológicos de la planta de frijol común.

Tratamientos	TAN g/dm <sup>2</sup> /días	TCR g/g/días	TAC g/días	RAF dm <sup>2</sup> /g
T I: control	0,04 <sup>b</sup>	0,037 <sup>b</sup>	0,37 <sup>b</sup>	1,19 <sup>a</sup>
T II: FitoMas-E® a la semilla al 1%;	0,049 <sup>b</sup>	0,046 <sup>b</sup>	0,35 <sup>b</sup>	1,09 <sup>ab</sup>
T III: FitoMas-E® a la semilla y en V4 a 2 L ha <sup>-1</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,052 <sup>ab</sup>	0,33 <sup>b</sup>	1,01 <sup>b</sup>
T IV: FitoMas-E® a la semilla y en fases V4, R5 y R7 a 0,6 L ha <sup>-1</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,058 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	1,02 <sup>b</sup>
EE ±	0,01	0,008	0,05	0,05

Medias con letras no comunes sobre las barras para cada momento de evaluación difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$

Los resultados obtenidos evidencian que puede existir un efecto directo de la aplicación fraccionada de FitoMas-E® sobre la TAN teniendo en cuenta el resultado del tratamiento IV, por tanto este biofertilizante influye sobre la producción de biomasa como resultado de la transformación de la energía radiante en energía química.

Los valores más bajos se encuentran en las primeras fases fenológicas del cultivo y después se presentan valores más altos en el gran periodo de crecimiento y en el último estadio del cultivo tienden a disminuir la TAN, lo que significa que al transcurrir el tiempo el cultivo disminuye la cantidad de biomasa por cm<sup>2</sup> por día.

En correspondencia con los resultados anteriores Chiesa *et al.* (2000), refiere que la TAN es alta cuando las plantas son pequeñas y la mayoría de las hojas están

expuestas a la luz solar directa. A medida que el cultivo crece y el IAF se incrementa, más hojas comienzan a sombrearse, causando una disminución de la TAN cada vez que la estación de crecimiento progresa.

Sánchez (2015) con la aplicación del bioestimulante SAGIB-06 100 en frijol, logró que las plantas mostraron una TAN superior, con un incremento de 1,70 de esta variable.

En el indicador fisiológico Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) los tratamientos de mejor resultado fueron el T III y T IV, sin diferencias estadísticas entre ellos. El tratamiento IV difiere estadísticamente con el T I y T II, y el resto no presenta diferencias entre ellos.

Este resultado podría estar influenciado por las fases fenológicas en las cuales se realizaron las evaluaciones, ya que el efecto del FitoMas-E® en cuanto a la ganancia de materia seca por unidad de tiempo en la planta se evidencia fundamentalmente en las fases iniciales del crecimiento.

Lo anterior se debe a que tiende a decrecer la velocidad de formación de nueva biomasa por cada gramo de peso ya existente, por la edad del cultivo debido a la formación de nuevos órganos

En el caso del índice (TAC) el tratamiento IV difiere estadísticamente con respecto a los demás tratamientos, lo que indica que con dosis fragmentada de FitoMas-E® se produce un mayor incremento del tamaño por unidad de tiempo (Barrera *et al.*, 2010).

Los resultados de (RAF) indican que existen diferencias entre el tratamiento I con el III y IV, donde estos últimos presentan valores menores de este indicador fisiológico. Este indicador define la relación entre el área foliar total y la masa seca total por planta. Las diferencias encontradas en este trabajo se deben a que el peso seco en los tratamientos III y IV es mayor por la aplicación de FitoMas-E®, y según la fórmula utilizada mientras mayor sea el peso seco menor será la RAF.

Esto significa que la mayor área de la hoja por unidad de masa de la planta, se obtiene al comienzo del ciclo vegetativo y tiende a disminuir con la maduración de la planta. Sánchez (2015) muestra en un experimento realizado que las plantas de frijol común con la concentración del bioestimulante SAGIB-06 M tuvo una diferencia de RAF de un 5 %.

### 4.3. Indicadores del rendimiento y el rendimiento agrícola

#### 4.3.1. Evaluación del efecto de FitoMas-E® sobre los componentes del rendimiento.

En relación al promedio de legumbres por planta, el tratamiento IV fue el de mejor uso con diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos. El Tratamiento III mostró diferencias estadísticas significativas con el I y II, y estos no difieren entre sí (Tabla 4).

Tabla 4.uso de los indicadores productivos aplicando FitoMas-E® en el cultivo del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Tratamientos	P/LPP	P/SL	P/SPP	P/Peso SPP (g)	P 100 S (g)
T1: control	9,03 <sup>c</sup>	5,3 <sup>b</sup>	47,7 <sup>c</sup>	7,5 <sup>c</sup>	17,1 <sup>c</sup>
T2: FitoMas-E® a la semilla al 1%;	10,7 <sup>c</sup>	5,6 <sup>b</sup>	59,6 <sup>c</sup>	10,5 <sup>c</sup>	18,9 <sup>bc</sup>
T3: FitoMas-E® a la semilla y en V4 a 2 L ha <sup>-1</sup>	14,91 <sup>b</sup>	6,3 <sup>a</sup>	93,7 <sup>b</sup>	20,08 <sup>b</sup>	20,8 <sup>ab</sup>
T4: FitoMas-E® a la semilla y en fases V4, R5 y R7 a 0,6 L ha <sup>-1</sup>	18,4 <sup>a</sup>	6,7 <sup>a</sup>	124,4 <sup>a</sup>	27,6 <sup>a</sup>	23,5 <sup>a</sup>
EE $\bar{x}$	0,88	0,19	4,94	1,26	0,93

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$ .

El resultado de la aplicación de FitoMas -E® fue superior al reportado por Ramírez y Rosell (2017) en el cultivo de frijol al obtener 10 legumbres/plantas con una dosis de 2,0 L ha<sup>-1</sup> de FitoMas-E®. De igual manera, López y Pousa (2014)

alcanzaron 12,1 legumbres por plantas con la aplicación de 1,5 L ha<sup>-1</sup> en las atapas de aparición de hojas primarias y el inicio de la floración.

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Polón *et al.* (2013) quienes evaluando diferentes intensidades de estrés hídrico en la fase vegetativa en el cultivo del frijol obtuvieron 7 legumbres por plantas aproximadamente.

Resultados inferiores reportaron Guevara *et al.* (2013) con 11,28 legumbres por plantas aplicando 60 ml de FitoMas-E® en 16 L de agua. Los resultados de esta investigación son inferiores a los reportados por Rosabal *et al.* (2013) quienes mediante la aplicación de dos aspersiones de Biobras-16 con la misma variedad en estudio obtuvieron un promedio de 19,35 legumbres por plantas.

En el caso del promedio de semillas por legumbres también se presentan diferencias significativas en los tratamientos III y IV con respecto a los tratamientos I y II (Tabla 4).

Resultados similares obtuvieron Guevara *et al.* (2013), al reportar 6,02 frutos por legumbre aplicando 60 ml de FitoMas-E® por cada 16 L de agua. Los resultados obtenidos en la investigación son superiores a los reportados por Valdivié (2010), con la variedad Tomeguín-93, que obtuvo un promedio de 5,2 granos por fruto mediante una evaluación agronómica y selección participativa de 16 variedades de frijol *P vulgaris* en el ecosistema de Topes de Collantes. Superan además, los obtenidos López y Pouza (2014) con una aplicación de 1 L ha<sup>-1</sup> a los 10 días después de la germinación, inicio de la floración y formación del grano, con un promedio de 5,1 semillas por legumbres.

En relación al promedio de semillas por planta y el promedio del peso de semillas por planta, el tratamiento IV mostró un mejor uso, con diferencias estadísticas significativas con el resto. De igual manera, el tratamiento III resultó superior a los tratamientos I y II.

Resultados inferiores a los nuestros reportaron Rojas y Barreda (2014) con 26,69 g obtuvieron de semillas por planta con la aplicación de FitoMas-E® a razón de 2 L ha<sup>-1</sup>.

Cuando se analizó el peso de 100 semillas los resultados son superiores en los tratamientos III y IV sin diferencias estadísticas entre ellos. A su vez, los tratamientos III y II no mostraron diferencias estadísticas y este último con el control.

Estos resultados pueden estar influenciado por el vigor de las plantas que fueron tratadas con FitoMas-E® y la influencia positiva que tiene el momento de aplicación del bioestimulante en la floración, ya que los efectos del mismo mejora el cuajado de los frutos.

Los resultados coinciden con los obtenidos por López *et al.* (2015) quienes obtuvieron 23,3 g en 100 semillas, al aplicar 1,5 L de FitoMas en las etapas de aparición de las hojas trifoliadas y el inicio de la floración.

#### 4.3.2. Evaluación del efecto de FitoMas-E® sobre el rendimiento agrícola

Tabla 5. Efecto del FitoMas-E® sobre el rendimiento agrícola del frijol común

Tratamientos	Rendimiento agrícola (t ha <sup>-1</sup> )
T1: control	1,11 <sup>c</sup>
T2: FitoMas-E® a la semilla al 1%;	1,26 <sup>c</sup>
T3: FitoMas-E® a la semilla y en V4 a 2 l ha <sup>-1</sup>	1,54 <sup>b</sup>
T4: FitoMas-E® a la semilla y en fases V4, R5 y R7 a 0,6 l ha <sup>-1</sup>	1,76 <sup>a</sup>
EE $\bar{x}$	0,04

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren para la prueba estadística paramétrica Duncan para  $p \leq 0,05$ .

El rendimiento agrícola fue mayor en el tratamiento IV con diferencias estadísticas significativas con el resto. Por otro lado, el tratamiento III difiere estadísticamente de los T I y T II y estos sin diferencias entre ellos. Esto pudo estar dado porque los componentes del rendimiento peso de semillas por plantas y peso de 100 semillas tuvieron un resultado superior en comparación con los demás tratamientos (Tabla 5).

Los mejores rendimientos fueron obtenidos con la utilización de FitoMas-E® a la semilla y en las fases V4, R5 y R7 a una dosis de 0,6 L, obteniendo resultados de 1,76 t ha<sup>-1</sup>, para las mismas condiciones de suelo.

Este resultado es provocado por la activación de diferentes procesos fisiológicos como: el incremento de la fotosíntesis y de diferentes hormonas como las auxinas que actúan en la activación de diferentes procesos fisiológicos, lo que incrementan el rendimiento agroproductivo de la planta, además del efecto de la dosis empleada.

Estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Ramírez y Rosell (2017) al aplicar 2,0 L ha<sup>-1</sup> quienes obtuvieron un rendimiento agrícola de 1,48 t ha<sup>-1</sup>. Méndez *et al.* (2011), mediante la aplicación de 0,5 L ha<sup>-1</sup> de FitoMas-E® obtuvieron 1,54 t ha<sup>-1</sup>, rendimientos inferiores a los logrados en esta investigación

Resultados superiores lograron López *et al.* (2015) con un rendimiento de 2,15 t ha<sup>-1</sup> de frijol variedad Tomeguin-93. Con esta misma variedad, Sueiro *et al.* (2011) mediante la aplicación foliar de FitoMas-E®, con dosis de 2,0 L ha<sup>-1</sup> a los 20 días de sembrado el cultivo reportaron rendimientos de 3,78 t ha<sup>-1</sup>.

Los resultados obtenidos con el empleo de FitoMas-E® en el cultivo del frijol, demuestran el efecto favorable sobre el crecimiento vegetativo, con un grupo de ventajas desde el punto de vista agronómico lo que permite incrementar los rendimientos con la disminución del impacto ambiental negativo consustancial a las prácticas agrícolas.

## 5. CONCLUSIONES

1. Los indicadores morfológicos e índices de crecimiento del frijol común cultivar CIAP 7247 fueron influenciados por el efecto del FitoMas-E® donde el T III con dosis de 2 L ha<sup>-1</sup>, obtuvo los mejores resultados en la fase V4 mientras que en la fase R7 el T IV mostró los mejores resultados con dosis fragmentadas de 0,6 L ha<sup>-1</sup>.
2. Las dosis fragmentadas de FitoMas-E® propiciaron que el T IV obtuviera un mayor rendimiento agrícola con respecto a los demás tratamientos en el cultivar CIAP 7247 de frijol común

## **6. RECOMENDACIONES**

1. Continuar evaluando las dosis estudiadas de FitoMas E según fases fenológicas en otras épocas de siembra en el cultivar CIAP 7247

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-García, L., Escalante-Estrada, J.A., Fucikovsky-Zak, L., Tijerina-Chávez, L. y Engleman, E.M. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*, 23(3), pp.303-310.
- Alfonso, E.T., Padrón, J.R. y Soso, Y.C. 2008. Effect of different nutritional management on yield and quality of tomato fruits. *Mesoamerican Agronomy*, 29(2), pp.389-401.
- Almenares, R. 2007. *Efecto del FitoMas E en el cultivo de la cebolla (Allium cepa L.)*. Unpublished Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Agraria de La Habana. Cuba.
- Alvarado, K., Blanco, A., Samón, A. y Villar, J. 2007. Influencia de un bioestimulante cubano en la obtención de posturas de café. En: *XV Congreso Científico INCA*. San José de Las Lajas, La Habana, Cuba.
- Álvarez, F.; Benítez, G.; Rodríguez A.; Grande, M.; Torres, M. y Pérez, R. 2014. *Guía técnica para la producción de frijol común y maíz*. Instituto de Investigaciones en Granos. Artemisa, Cuba.
- Apáez-Barrios, P., Escalante-Estrada, J.A.S. y Rodríguez-González, M.T. 2011. Crecimiento y rendimiento del frijol chino en función del tipo de espaldera y clima. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(3).
- Ascencio, J. y Sgambatti, L. 1975. Análisis Del Crecimiento En Tres Cultivares De Caraotas Venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv' Coche', cv' Cubagua', cv' Tacarigua'). *Condiciones De Campo. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. Agronomía Tropical*, 25(2), pp.125-147.
- Banco Central de Cuba. 2018. Información económica 2018. No. 127. Disponible en: <http://www.interbancario.cu>. Consultado el 15 de mayo 2018.
- Barrera, J., Suárez, D. y Melgarejo, L.M. 2010. II. Análisis de crecimiento en plantas. *Experimentos en fisiología vegetal. Melgarejo, LM (Ed). Laboratorio*

de Fisiología y Bioquímica Vegetal. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia, pp.25-39.

- Benítez, R. 2011. *Nuevas variedades de frijol común para la producción comercial en Cuba*. En: 1er Simposio de Granos, Palacio de Convenciones de la Habana, del 6 al 11 de Junio, La Habana. pp. 109 -110.
- Borrego, F., Fernández, J.M., López, A., Parga, V.M., Murillo, M. y Carvajal, A. 2000. Análisis de crecimiento de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 11 (1), pp.145-149.
- Brito, A.N., Pardo, A.H. y Mazorra, C.C. 2013. Estudio comparativo de variedades de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos del municipio Morón, Ciego de Ávila. *Revista Granma Ciencia*, 17(3).
- Calero, A., Pérez, Y. y Pérez, D. 2016. Efecto de diferentes biopreparados combinado con FitoMas-E® en el comportamiento agroproductivo del frijol común (*P. vulgaris*). *Monfragüe Resiliente*. Disponible en: <http://www.monfragueresiliente.com/> . Consultado el 8 de mayo de 2018.
- Chiesa, J., Luque, S.F. y Cantarero, M. 2000. Carbon fixation by crop canopies. En: *Physiology of crop plants*. Cereales y Oleaginosas.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2018. "Acerca del frijol". Disponible en: [http:// www.ciat.Cgiar.org/beans/htm](http://www.ciat.Cgiar.org/beans/htm). Consultado el 12 de febrero del 2018.
- Díaz, A.M., Suárez, C.P., Díaz, D.M., López, Y.P., Morera, Y.B. y López, J. 2016. Influencia del bioestimulante FitoMas-E sobre la producción de posturas de caféto (*Coffea arabica* L.). *Centro Agrícola*, 43(4), pp.29-35.
- Escalante, F.B., Fernández, J.M., López, A., Parga, V.M., Soto, M.M.M. y Carvajal, A. 2000. Análisis de crecimiento en siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), pp.145-149.
- Espinosa, J. 2014. Índices de eficiencia productiva en el cultivo de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de campo. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de Agronomía. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- FAO/STAT. 2018. Base de Datos de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): Consumo mundial de frijol. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>. Consultado el 14 de mayo del 2018.
- Fernández, F., Gepts, P. y López, M. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. En: López Genes, M.; Fernández, O.; Fernando, O.; Schoonhoven, A. (eds.). *Frijol: Investigación y producción*. Programa de las Naciones Unidas (PNUD); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. pp. 61-78.
- FIRA. 2015. Panorama agroalimentario Frijol. Panorama Agroalimentario frijol. Disponible en: <http://www.fira.org/pdf/>. Consultado el 12 de mayo del 2018
- García, M.R. y García, D.G. 1990. *Notas sobre mercados y comercialización de productos agrícolas* (No. 338.14 G3). Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- Ghamari, H. y Ahmadvand, G. 2013. Growth Analysis of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Different Weed Interference Situations. *Notulae Scientiae Biologicae*, 5(3), pp.394.
- González, M. y García, E. 1996. Evaluation of the resistance of 64 common beans (*Uromyces appendiculatus*) varieties to the rust in Cuba. *Mesoamerican Agronomy*, 7(1), pp.90-94.
- Guevara, T.E., Méndez, G.J.C., Vega, L.J., González, P.O.S., Puertas, A.A. y Fonseca, D.C. 2013. Influencia de diferentes dosis de FitoMas-E en el frijol común. *Centro Agrícola*, 40(1), pp.39-44.
- Hernández, G.V., León Noguera, P., Cruz la Paz, O. y Indrani Ramnarain, Y. 2008. Influencia del mulch en los índices de crecimiento del frijol variedad «Bat-304». *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(4).
- Hernández, J.A., Pérez, J.M., Bosch, D.I. y Castro, N.S. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. *Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA*.

- Hernández, R.V. 2016. *Caracterización morfo-agronómica de seis variedades comerciales de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en época tardía en la Granja agropecuaria "Liberación de Remedios"*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Villa Clara, Cuba.
- Hernández-López, V.M., Vargas-Vázquez, M., Luisa, P., Muruaga-Martínez, J.S., Hernández-Delgado, S. y Mayek-Pérez, N. 2013. Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(2), pp.95-104.
- Hunt, R. 1982. *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold Ltd.
- INEGI, C. 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censo Económico*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>. Consultado el 12 de mayo del 2018.
- López, A.E., Mandado, L.J.L., Martín, B.D. y Torres, R. 2014. Efecto de la fertilización mineral y biológica sobre tres genotipos de frijol común en un suelo Ferralítico Rojo Típico. *Centro Agrícola*, 41(1), pp.19-23.
- López, O.H. *et al.* 2015. Influencia de la época de siembra sobre los parámetros morfológicos y productivos de *Phaseolus vulgaris* L. var. "Tomeguín-93" en las condiciones de la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida "Ramón González Coro". Disponible en: <https://www.buscagro.com/biblioteca/Armando-del-Busto-Concepcion/epoca-de-siembra-en-frijol.pdf>. Consultado el 13 de mayo del 2018.
- López, R., Montano, R., Vera, G.A., Rodríguez, Y. y Berto, Y. 2002. Evaluación de diferentes dosis de Fitomas-E en el estudio del pepino (*Cucumis sativus* L.). Variedad SS-5. *Complejo Productivo-Científico-Docente "José Martí", Guantánamo, (ICIDCA)*. Disponible en: <http://www.ilustrados.com/tema/778/Evaluacion-diferentes-dosis-FitoMas-cultivo-pepino.html>. Consultado el 15 de mayo del 2018.

- López, Y.P. y Pouza, Y.B. 2014. Efecto De La Aplicación Del Bioestimulante Fitomas-E En Tres Etapas De Desarrollo Del Cultivo Del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Desarrollo local sostenible*, 7(20), pp.1-10.
- Maldonado, G. y Corchuelo, G. 1993. Dinámica de crecimiento de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) I. análisis de crecimiento por periodos fijos. *Agronomía colombiana*, 10(2), pp.114-121.
- Mariña, C., Nieto, M., Castillo, P., Bruqueta, D. y Blaya, R. 2010. Efecto del estimulante Fitomas-E sobre el crecimiento, rendimiento y calidad en tabaco negro cultivado sobre bases agroecológicas. *Revista Granma Ciencia*, 3, pp.15-20.
- Martínez, S. Leiva, M. Rodríguez, M. Gómez, O. Quintero, E. Rodríguez, G. García, A. y Cárdenas, M. 2015. Nuevas variedades promisorias de frijol común *P. vulgaris* para la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú". *Centro Agrícola*, 20 (4), pp. 91-93.
- Martínez-González, L., Maqueira-López, L., Nápoles-García, M.C. y Núñez-Vázquez, M. 2017. Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofertilizados. *Cultivos Tropicales*, 38(2), pp.113-118.
- Martínez-Plácido, N., González, J.A. y Piñeiro, D.A. 2013. Effect of Fitomas-E in corn (*Zea mays* L.) Tuzón variety at the edafoclimatic conditions of the municipality "Amancio Rodríguez", Las Tunas. *Innovación Tecnológica*, 19 (1), 1-12.
- Masotó, Y. 2004. *Estudio de Elomplant en dos épocas en el cultivo de pepino*. Trabajo de Diploma. Universidad de Granma.
- Mederos, Y. 2006. Indicadores de la calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 27(3), pp.55-62.
- Méndez, J., Chang, R. y Salgado, Y. 2011. Influencia de diferentes dosis de Fitomas E en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Granma Ciencia*, 15(2), pp.1-10.

- MINAG. 2015. Informe del diagnóstico de la cadena del frijol en la región central. Cuba.
- MINAG. 2016. Propuesta de tecnología para la producción de granos con el equipamiento previsto con el programa más alimentos. La Habana, Cuba.
- MINAG. 2017. Producción de granos en la provincia de Villa Clara en el año 2016. Ministerio de la Agricultura. Villa Clara, Cuba.
- Mithorphe F., L. y Moorby J. 1982. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. Disponible en: [https://books.google.com/cu/books?hl=en&lr=&id=e5s8AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=An+introduction+to+crop+physiology&ots=Dx-Asi1qZk&sig=-xT0N7dlyVK8Th\\_MI7UWnwYOtVs&redir\\_esc=y#v=onepage&q=An%20introduction%20to%20crop%20physiology&f=false](https://books.google.com/cu/books?hl=en&lr=&id=e5s8AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=An+introduction+to+crop+physiology&ots=Dx-Asi1qZk&sig=-xT0N7dlyVK8Th_MI7UWnwYOtVs&redir_esc=y#v=onepage&q=An%20introduction%20to%20crop%20physiology&f=false). Consultado el 13 de mayo del 2018.
- Montano, R., Zuaznabar, R., García, A., Viñals, M. y Villar, J. 2007. Fitomas E: Bionutriente derivado de la industria azucarera. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar, 41(3).
- ONEI. 2018. Panorama de uso de la tierra. Cuba 2017. Centro de Gestión de la Información Económica, Medioambiental y Social. Disponible en: <http://www.one.cu/publicaciones/05agropecuario/balanceusoytenencia/Panorama%20Uso%20de%20la%20Tierra%202017.pdf>. Consultado el 15 de mayo 2018.
- Pacheco, M. *et al.* 2016. *La cadena de valor del frijol común en Cuba. Estudio de su situación en siete municipios de las provincias de Sancti Spíritus y Villa Clara.* Proyecto AGROCadenas. Cuba.
- Palomo, A., Orozco, J. A., Gutiérrez, E., Espinoza, A. y Rodríguez, S. 2003. *Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. Línea de Investigación en Producción Agrícola del Posgrado en Ciencias Agrarias.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila. México.

- Pinheiro, C., Baeta, J., Pereira, A., Domínguez, H. y Ricardo, C. 2007. Mineral elements correlations in a Portuguese germplasm collection of *Phaseolus vulgaris*. Integrating Legume Biology for Sustainable Agricultura. En: 6<sup>th</sup> *European Conference on Grain Legumes*. 12-16 noviembre 2007, Lisboa.
- Polón, R.P., Miranda, A. C., López, M., Lázaro, A. y Ramírez Arrebato, M.A. 2013. Efecto de diferentes intensidades de estrés hídrico en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4), pp.60-64.
- Povh, J.A. y Orika, E.O. 2008. Crescimento de plantas de *Salvia officinalis* sob ação de reguladores de crescimento vegetal. *Ciência Rural*, 38(8).
- Quintero, E. 1985. Variedades y Agrotecnia del cultivo del frijol. *Informe final de investigaciones, Quinquenio 1981-1985*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Quintero, E. 1996. Manejo de algunos factores fitotécnicos en frijol común en condiciones de una agricultura sostenible. Tesis en opción al grado de Master en Ciencias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Quintero, E. 2000. *Manejo agrotécnico del frijol en Cuba*. Monografía. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Quintero, E. y Gil, V. 2012. Instrucciones básicas para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) En: *Proyecto "recursos fitogenéticos de granos"* Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Quintero, E., Saucedo, O., Gil, V. y Mena, O. 2002. Estructura varietal del frijol: Contribución al manejo sostenible de su cultivo. *Centro Agrícola*, 29(4), pp.87-88.
- Ramírez, A.G. y Rosell, R. 2017. Evaluación del bioestimulante fitomas-E en el rendimiento agroproductivo del cultivo del frijol (original). *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 1(3), pp.107-116.

- Ramos, L. y Martínez, F. 2007. Efecto del FitoMas-E® y el Bioplasma en el rendimiento del cultivo de la lechuga var. En: *Anaida, bajo condiciones de cultivo semiprotegido. XV Congreso Científico INCA.*
- Ramos, O. 2012. *Efecto del FitoMas-E® en parámetros agroproductivos de tres genotipos de maní (Arachis hypogaea L.) en un suelo Pardo mullido medianamente lavado, en época de seca.* Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agropecuario. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Ríos, MJ. y Quirós, DJ. 2002. *El Fríjol (Phaseolus vulgaris L.): Cultivo, beneficio y variedades.* Boletín Técnico. FENALCE. Bogotá. Disponible en: <http://biblioteca.minagricultura.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=18592>. Consultado el 20 de febrero del 2018.
- Rojas, Y. y Barreda, A. 2014. Efecto del FitoMas-E® en parámetros agroproductivos del maní (*Arachis hypogaea* L.), en período lluvioso. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Rosabal, A., Martínez, G., Reyes, G. y Núñez, V. 2013. Preliminary results applications effects Biobras-16 in bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 34(3), pp.71-75.
- Sánchez, A. 2015. *Evaluación del Producto SAGIB en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento en un Cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Negro San Luis.* División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Sarwar, M.A., Khalil-Ur-Rehman, M.N., Javeed, H.M.R., Ahmad, W., Shehzad, M.A., Iqbal, S. y Abbas, H.T 2013. Comparative performance of various sunflower hybrids for yield and its related attributes. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 46(4), pp. 57-64.
- Schoonhoven, A.V. y Pastor-Corrales, M.A. 1987. *Standard system for the evaluation of bean germplasm.* CIAT, Cali, Colombia.

- Singh, S.P. 1999. Production and Utilization. En: Singh, S.P. (eds). *Common bean improvement in the twenty-first century*. Kluwer Academic Publishers.
- Smith, A., y San José, J.J. 1979. Productividad del maíz (*Zea mays* L.) en las condiciones climáticas de los llanos altos centrales de Venezuela. ii. crecimiento del híbrido Obregón sembrado en la temporada seca. *Revista de Agronomía Tropical*. 29(5), pp. 439-451.
- Soarez, D. 2014. *Efecto del FitoMas-E sobre el crecimiento y rendimiento del girasol (Helianthus annuus L. cv. CIAP JE-94)*. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Socorro, A. y Martín, D. 1989. *Granos*. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Sueiro, G. A, Rodríguez P. M. y Cruz M. S. 2011. El uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol: una alternativa para la agricultura sostenible en Sagua la Grande. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2011/gpm.pdf>. Consultado el 15 de mayo del 2018.
- Valdiviá, G Y.G. 2010. *Evaluación agronómica y selección participativa de 16 variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el Ecosistema de Topes de Collantes*. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray, Universidad de Sancti Spíritus. Cuba.
- Valladares, C.A. 2010. Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. En: *Serie Lecturas Obligatorias: Taxonomía, Botánica y Fisiología de los cultivos de grano*. Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Honduras.
- Van Schoonhoven, A. y Pastor-Corrales, M. 1987. *Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol*. CIAT. Colombia.
- Vega, J.P., Ortiz, C.R.A.S. y González, C.L.C. 2013. Efecto del biobras y el FitoMas-E en el tomate de crecimiento indeterminado en casas de cultivo protegido. *Centro Agrícola*, 40(1), pp.29-34.

- Wortmann, C. Kirkby, R. Eledu, C. y Allen, D. 1998. *Atlas of common bean (Phaseolus vulgaris L.) production in Africa*. CIAT, Cali, Colombia.
- Zucareli, C., Ramos, J., Alvez, O. M., Cavariani, C. y Nakagawa, J. 2012. growth of *Phaseolus vulgaris* cv. IAC Carioca tybata due to phosphate fertilization. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, 11(3), pp. 213-221.