

EL USO DE BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DEL FRIJOL: UNA ALTERNATIVA PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN SAGUA LA GRANDE.

Lic. Alejandro Sueiro Garra.

Profesor Asistente.

arqueocentro@vcl.cu

Ing. Miriela Rodríguez Pequeño.

Profesor Asistente.

mirielarp@uclv.edu.cu

MSc. Solande de la Cruz Martín.

Profesor Asistente.

solande@uclv.edu.cu

Filial Universitaria Municipal Sagua la Grande.

RESUMEN

El trabajo es el resultado de un experimento, realizado por estudiantes y profesores de la Carrera de Agronomía de la FUM de Sagua la Grande en el primer trimestre del año 2011, donde se evaluó la efectividad de biofertilizantes en el cultivo del frijol. Este se realizó en la Finca # 2 de la CPA Triunfo de la Revolución, Sagua la Grande, Villa Clara. Se emplearon semillas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre suelo Sialitizado cálcico. Se utilizó un diseño de bloques al azar, donde se les realizaron evaluaciones a 4 tratamientos. Durante el ciclo del cultivo no se emplearon químicos contra plagas, las malezas fueron controladas con atenciones culturales y se desarrolló en condiciones de riego. Se evaluó el rendimiento a partir del número de legumbres por planta, número de granos por legumbre, peso 100 granos y peso total de los granos. Mediante el software SPSS 15, se realizaron pruebas ANOVA para cada variable y en las que resultaron diferencias significativas, se realizó un test de Duncan para localizar estas diferencias. Con respecto al rendimiento, se constataron diferencias significativas entre las medias del número de vainas por planta para cada tratamiento excepto entre el control y la urea. También resultaron significativas las diferencias entre el número de granos por tratamiento entre el control y Rhizobium y el control y Fitomas. La utilización de Rhizobium constituye una alternativa económica y ecológicamente sustentable para la agricultura en el mejoramiento de los cultivos, los suelos y los ecosistemas en general.

Palabras clave: biofertilizantes, Rhizobium, sostenibilidad

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), de origen americano, económicamente es el cultivo más importante en el mundo y ocupa más del 80% de la superficie sembrada con este género (Paredes *et. al*, 2006). Su mayor área de producción se concentra en América Latina, donde se localiza cerca del 45% de la producción mundial y representa además, la región de mayor consumo del grano (Morales, 2000). Esta leguminosa es

muy rica en proteínas, fibras naturales y otros elementos, y es un buen complemento de los cereales y otras fuentes principales de carbohidratos (León *et. al.*, 2008).

A nivel mundial se siembran 25 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 0,7 toneladas por hectárea y los principales países productores son India, Brasil, China, Estados Unidos y México, quienes contribuyen con 57, 8% de la producción mundial (Cabral, 2006). En América Latina y el Caribe la producción en el año 2008 fue de 5,5 millones de toneladas, seguida de África oriental y meridional con 2,5 millones de toneladas (FAO, 2008).

En Cuba, también esta leguminosa tiene gran importancia. Se cultiva a lo largo y ancho del país, alcanza un área de 50 994,6 hectáreas aproximadamente, incluyendo el sector estatal y no estatal (ONE, 2009). La producción nacional alcanza solo el 3% de las necesidades del consumo, según estadísticas de venta al estado, por lo que es necesario importar alrededor de 110 000 toneladas por año (Faure, 2003). Su alto contenido en proteínas lo sitúan como un cultivo estratégico del país, ya que permite atenuar el déficit de otras proteínas en la dieta alimentaria. Urge entonces aumentar los rendimientos del cultivo, que según (Chailloux *et al.*, 1996), en América Latina se obtiene solo un 20 % de su rendimiento potencial. En nuestro país, el rendimiento oscila entre 0.63 y 0.7 t/ha, motivada esta diferencia por las deficiencias nutricionales, conjuntamente con el ataque de plagas y enfermedades.

Muchas son las limitaciones que presenta este cultivo para alcanzar un buen rendimiento en su producción y disímiles son las alternativas que se han innovado y realizado para alcanzar este fin.

En la CPA Triunfo de la Revolución, ubicada en el poblado de Sitiecito, municipio Sagua la Grande, el cultivo del frijol es una de las alternativas como diversificación de la producción para el alimento en el comedor obrero y para la venta a los trabajadores, pero es necesario aclarar que para esta producción, incluyendo también a otras, no existe asignación de fertilizantes nitrogenados, sino que como estrategia interna se toma una mínima cantidad de la asignación que se entrega para el cultivo de la caña y se aplica al frijol, siendo ésta insuficiente desde hace ya varios años, además de no existir una cultura de la utilización de biofertilizantes. Tomando en consideración lo anteriormente planteado, la presente investigación tiene como *hipótesis*: Es posible, con el empleo de fertilizante químico (Urea), bionutriente (FitoMas E) y biofertilizante (Rhizobium) en aplicaciones al cultivo del frijol común incrementar el desarrollo y rendimiento del mismo.

Para dar cumplimiento a la hipótesis se trazó como objetivo general:

Evaluar el efecto de la Urea, el FitoMas E y el Rhizobium sobre el desarrollo y rendimiento del frijol común en la CPA Triunfo de la Revolución.

Objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto del empleo de Urea, FitoMas E y Rhizobium sobre las características morfofisiológicas del cultivo del frijol.
2. Determinar el efecto producido por las alternativas de fertilización utilizadas en el rendimiento del frijol común.

3. Comparar económicamente las alternativas de fertilización empleadas.

1. Revisión bibliográfica

1.1 El cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Generalidades.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de América y representa un aporte proteico de un 15-30%, calórico de 340 calorías en 100g de granos secos, por lo que se considera uno de los alimentos básicos para los seres humanos. Se cultiva con un rendimiento promedio de 0.683t/ha (FAO, 2002) destacándose en Asia (India), América Latina (Brasil, México, Argentina y Chile) y el Caribe (Nicaragua) teniendo una superficie total cosechada de 26 836 860 ha y niveles de producción de 18 334 318 toneladas. En los países de Centroamérica se cultivan aproximadamente 500 mil hectáreas y en el Caribe, particularmente Cuba, República Dominicana y Haití, la cifra asciende a 250 mil hectáreas mientras que su producción en América tropical y subtropical asciende a más de cuatro millones de toneladas al año, con Brasil y México como mayores productores. Es evidente, si se considera que el frijol común se ubica como promedio entre los cinco cultivos con mayor superficie dedicada a la agricultura en todos los países latinoamericanos (Peña Cabriales, 2002).

Según Soriano y Rojas (2006) se han hallado restos arqueológicos del frijol donde existieron asentamientos humanos en el continente americano, su domesticación fue registrada en México y Guatemala, y la especie que hoy conocemos como frijol común procede de alrededor de 80 especies silvestres de las cuales sólo 4 fueron domesticadas para servir como alimento y se conservan actualmente en tierras americanas. Por su parte, Singh (1999) refiere que el frijol está distribuido y cultivado en casi todos los continentes. Vázquez y Giraldo (2005) expresan que de *Phaseolus vulgaris* existen muchas variedades en el mundo y que cada región o país tiene sus propias preferencias.

Según Tapuach (2004), en estudios realizados, la domesticación del frijol se inició hace unos siete mil años, evidencia de la capacidad del hombre para crear sus alimentos, donde seguramente les llevó varios intentos hasta lograr cultivar un frijol de tamaño adecuado para comer. Cristóbal Colón pudo haber sido el primer europeo que probó los frijoles americanos. Los descubrió en Nuevitas, Cuba y como es razonable suponer los envió a casa, junto con una serie de nuevos alimentos que encontró. Los frijoles no causaron tanto impacto en Europa en esos tiempos. Fue hasta la conquista cuando nuevamente se envió a España esta leguminosa en 1519.

Este cultivo se encuentra distribuido por toda Cuba es un producto de alta demanda en nuestra sociedad, por su hábito de consumo y necesidades nutritivas y que constituye la principal fuente proteica de origen vegetal al alcance de la mayoría de la población cubana (Quintero 2005).

Sin incluir las áreas dedicadas al autoabastecimiento, en Cuba se cultivan aproximadamente 52 mil hectáreas de frijol, viéndose obligada a importar 120 mil toneladas anuales de este grano, equivalente a 40 millones de dólares, pues la producción estatal solamente cubre el 5% de la demanda.

1.2. Importancia del cultivo del frijol en América Latina y el Caribe

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes en el mundo, precedida por la soja [*Glycine max* (L.) Merr.] y el cacahuete (*Arachis hypogea* L.). Su importancia radica en que es una fuente de calorías, proteínas, fibras dietéticas, minerales y vitaminas, tanto en países desarrollados como en subdesarrollados. El frijol complementa, con su alto contenido proteico, a los cereales y a otros alimentos ricos en carbohidratos pero pobres en proteínas, proporcionando así una nutrición adecuada (Bascur, 2001).

Según García (2008) constituye la principal fuente de proteínas para 5,3 millones de personas en Latinoamérica, el Caribe, Asia y África; algo similar lo apuntado por Martínez *et al.* (2004) y Chaupe y Rojas (2008) quienes consideran al frijol como una fuente de alimentación proteica de gran importancia para la población de bajos recursos económicos. Para Beebe *et al.* (2007) *Phaseolus vulgaris* L. es uno de los granos más importantes en el mundo para el consumo directo por los humanos y que su producción mundial excede las 12 millones de toneladas métricas.

Según estudios realizados por Singh (1999) esta especie es cultivada principalmente por sus legumbres verdes, granos tiernos y granos secos, aunque en algunos países de Latinoamérica y África se consumen las hojas, flores jóvenes y tiernas como vegetales frescos. Además, las hojas, tallos y las legumbres verdes constituyen un buen alimento para el ganado, al igual que los restrojos de las plantas secas. Estas plantas son usadas también como abono verdes para aumentar la materia orgánica del suelo y fijación de nitrógeno atmosférico por la simbiosis con la bacteria del género *Rhizobium* que forma nódulos en sus raíces.

Perfetti *et al.* (2000) indican que el frijol común participa en el 57% de la oferta mundial de leguminosas. Acosta y Pérez (2008) refieren que en el pasado el incremento de la producción se debió, en parte, a la expansión de la superficie sembrada y que en el futuro los incrementos en la producción tendrán que derivarse de un mayor rendimiento por unidad de área.

Por otra parte los granos presentan alto contenido de proteínas del tipo Tiamina y Riboflavina y un adecuado contenido de vitaminas. El contenido proteico de las semillas, así como el de aminoácidos esenciales es de gran interés; en el *Phaseolus vulgaris* L. podemos encontrar isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, triptófano, etc. y además el valor energético de dichas semillas es elevado. En los países desarrollados se consumen principalmente el frijol verde, como hortaliza, que presenta un elevado contenido en vitaminas, minerales y fibras y menor contenido calórico, y por el contrario, en países en vías de desarrollo se consume de forma mayoritaria el grano seco, que es la base diaria del aporte proteico de la dieta de la población (Rodiño, 2000).

1.3 Características botánicas

El frijol es una planta dicotiledónea de consistencia herbácea, el ciclo biológico es relativamente corto de carácter anual, de tamaño y hábito variables, ya que hay variedades de crecimiento determinado como indeterminado (arbusto pequeño y trepadoras) según describe Socorro *et al.*; (1989).

1.3.1 Morfología y taxonomía del cultivo del frijol común.

El frijol común pertenece al género *Phaseolus* y recibe el nombre científico de *Phaseolus vulgaris* L. Según Cronquist citado por Franco *et al.*; (2004), su ubicación taxonómica es:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

Según Quintero (2002), el sistema radical está compuesto por una raíz principal, así como por un gran número de raíces secundarias y raicillas. Al germinar, es de crecimiento rápido, su capa activa se enmarca entre los 0.20 – 0.40 m. de profundidad y de 0.15 – 0.30 m. radio. Con numerosas ramificaciones laterales. Este sistema se mantiene durante toda la vida de la planta. Este cultivo posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico por la simbiosis con la bacteria del género *Rhizobium* a partir de la formación de nódulos en sus raíces. Esto permite que estas especies concentren en sus tejidos cantidades altas de nitrógeno, principalmente en forma de proteínas y de aminoácidos libres

El tallo está formado por nudos y entrenudos que tienen un tamaño variable, y de cada nudo emerge una hoja, su altura depende del hábito de crecimiento (determinado o indeterminado). Se les llama determinado cuando alcanzan poca altura (0.20 – 0.60 m.) y presentan en su extremo una inflorescencia mientras que los indeterminados pueden llegar a medir de dos a diez metros de longitud y no presentan inflorescencia en su yema terminal. Las hojas, a su vez son alternas, compuestas por tres folíolos (dos laterales y uno terminal o central). Los folíolos son grandes, ovalados y con extremos acuminado o en forma de punta. Posee un nervio central y un sistema de nervaduras ramificadas en toda el área del limbo foliar.

1.4 Factores que limitan la producción.

La producción de frijol es afectada por muchos factores agronómicos como son la fertilidad del suelo, suelos con inadecuadas condiciones físicas, la presencia de plagas y enfermedades, deficiente calidad de la semilla y su conservación, condiciones climáticas adversas. En Cuba el descenso de los rendimientos de este grano se origina fundamentalmente por el déficit nutricional así como por la incidencia de plagas y enfermedades (MINAG, 2003).

Varios investigadores se han dado a la tarea de investigar las causas de los bajos rendimientos en el frijol en muchos lugares. Singh (1999) determinaron como causa principal de los bajos rendimientos en el frijol a:

- La susceptibilidad a numerosas plagas y enfermedades.
- Su alta sensibilidad a factores climáticos y edáficos.
- Un aprovechamiento inadecuado de la variabilidad genética disponible en la especie.

1.5. Labores culturales

Para su normal desarrollo el frijol necesita que su ciclo vital transcurra en un período con temperaturas cálidas moderadas, suficientes pero no excesivas lluvias durante la fase vegetativa y parte de la reproductiva, un período seco durante la fase de maduración y cosecha del grano, y que la humedad del aire no permanezca con valores superiores a 80-85 % durante varios días en su período vegetativo, ya que se pueden presentar enfermedades fungosas o bacterianas capaces de destruir la cosecha, o al menos, disminuir los rendimientos. En Cuba especialistas del MINAG (2003), establecieron el período de siembra entre la primera quincena de septiembre y de enero donde se cuente con regadío, estableciendo algunas regulaciones con el uso de variedades en relación a la fecha de siembra. No obstante está demostrado que puede sembrarse hasta febrero, pero en este caso aumenta el riesgo de pérdidas en cosecha por la aparición de las lluvias en el mes de mayo (Quintero, 1996). En este caso no deben hacerse siembras de grandes extensiones.

En Cuba se utiliza fundamentalmente el sistema de monocultivo para este cultivo, no obstante algunos productores, generalmente privados, suelen establecer asociaciones en las siembras de frío de caña de azúcar, así como en plantaciones en fomento de plátanos y frutales, utilizando el frijol como cultivo secundario. También cuando el frijol constituye el cultivo principal algunos productores acostumbran el intercalamiento con maíz a densidades bajas. Hay además algunas experiencias con Girasol y con Sorgo. Como cultivo de rotación el frijol es muy adecuado para alternar con cultivos de poaceas. En Cuba es clásica la alternancia frijol - maíz, sembrando la leguminosa en el período otoño - invierno y el de maíz en el de primavera - verano. De esta forma el maíz, que es exigente en nitrógeno, aprovecha el aporte del frijol como planta fijadora de este elemento.

El cultivo se debe mantener libre de maleza durante los primeros 40 días, que es cuando más compiten con el frijol. Las etapas más importantes en las que se debe controlar la maleza son: antes de la siembra para evitar que se arraiguen, después de la siembra y entre los 30 y 40 días después de la siembra. La eliminación de las malezas puede hacerse con dos escardas. La primera se realiza de 20 a 25 días después de la siembra y la segunda de 20 a 25 días después de la primera. La maleza que aparezca después de las escardas se debe eliminar para que no interfiera con las labores de cosecha.

1.6 Manejo del agua

Es necesario aplicar el riego de pre siembra de cinco a 12 días antes de la fecha de siembra. No es recomendable la siembra en seco por la gran cantidad de maleza que aparece junto con el cultivo y compiten en desarrollo con él.

El riego de pre siembra deberá darse de forma que el terreno se humedezca uniformemente. Para ello dé el tiempo necesario al riego. De este dependerá la germinación, emergencia y primeras etapas de desarrollo de la planta. Aproximadamente entre los 30 y 40 días la planta alcanzará su tercer trifolio. A partir del primer riego, se darán los siguientes riegos a intervalos de 15 a 20 días. Es necesario que no falte humedad en el suelo al iniciar la floración, la formación de las primeras legumbres y cuando se empiece a llenar el grano, ya que en estas etapas las plantas son más susceptibles a la falta de humedad en el suelo. En estas etapas, la falta de humedad causa la caída de flores y legumbres; además es importante indicar que el riego después de una falta prolongada de humedad causa efecto similar.

1.7 Período y método de cosecha

La cosecha debe realizarse cuando las hojas tengan un color amarillo limón y las primeras legumbres estén casi secas. El arranque de las plantas se debe realizar por la mañana para evitar el desgrane de las legumbres secas. La semilla debe guardarse en un lugar limpio y seco para esperar el tiempo de comercialización. Se debe cosechar y trillar oportunamente el frijol para evitar pérdidas por desgrane.

1.8 Fertilizantes

La FAO (1984 y 1997) ha señalado que la solución del problema de la producción de alimentos dependerá del aumento de la productividad de las tierras y considera que los fertilizantes juegan un importante papel dentro de la producción de insumos. Por tal motivo, la producción mundial de fertilizantes minerales se incrementó sostenidamente entre los años 1985-1989 (de 139,6 a 158,3 millones de toneladas) y se observó cierta disminución entre los años 1990-1994 (de 152,9 a 131,5 millones de toneladas), debido al elevado consumo de energía fósil para su producción, el aumento de los precios y la toma de conciencia a nivel mundial sobre la necesidad de proteger el medio ambiente; no obstante, existió una recuperación de la producción de estos insumos a partir de 1995, motivado ello fundamentalmente por la reducción de los precios de los fertilizantes.

Ante la debacle de la agricultura mundial, los investigadores buscan nuevas soluciones y se plantean nuevos modelos alternativos de producción de alimentos, como son los modelos sostenibles, que garanticen la seguridad alimentaria de las poblaciones, que reduzcan la mala nutrición y que participen efectivamente en la restauración de la calidad de los suelos y aguas, de tal forma que se satisfagan las necesidades de las generaciones presentes y futuras, preservando siempre la integridad de los medios de producción en tiempo y espacio. (Ruiz, 1999b).

Incontestablemente uno de los puntos más importantes del estudio del cultivo de las plantas consiste en discurrir los medios de suministrarles la cantidad de alimentos más propios para que recorran con vigor todas las fases de su desarrollo, y que por el ejercicio cumplido de todas sus funciones elaboren la proporción más considerable del producto que deseamos conseguir. Las plantas destinadas a permanecer durante su existencia entera en un mismo sitio, de donde han de extraer todas las materias para su

vida, exigen que el hombre les procure, cuando falten en el terreno en que crecen, las sustancias que necesitan para desarrollarse con notable actividad.

Por la importante función que desempeña el nitrógeno al haber una insuficiencia de este se reducen las dimensiones de la planta, el área de la superficie foliar, el número y las dimensiones de los frutos y semillas. A diferencia de las plantas bien nutridas con nitrógeno, las cuales son vigorosas y de un verde intenso, las que sufren deficiencia además de presentar un pobre desarrollo adquieren una amarillez más pronunciada en las hojas viejas porque sus proteínas se descomponen para trasladar el nitrógeno a las jóvenes, lo que trae como consecuencia la desaparición de la clorofila. (Arzola, N et al. 1981)

Uno de los métodos usados para el riego del abono es esparcirlo por la tierra cuando la planta se está desarrollando. Este sistema, que en la generalidad de los casos es el más conveniente, presenta el defecto de ser costoso, pues requiere para su ejecución una gran cantidad de abono y de mano de obra. (Reinoso, 1862).

1.8.1 Fertilización química

Dentro de los fertilizantes nitrogenados, los abonos minerales son los más empleados en detrimento de los abonos orgánicos. Aunque los abonos minerales más utilizados son aquellos que tienen un alto contenido de nitrógeno amoniacal, los iones amonio se fijan en las posiciones de intercambio catiónico de las arcillas o de la materia orgánica y posteriormente sufren el proceso de nitrificación, convirtiéndose en iones nitrato (Bañul *et. al.*, 2000)

La industria química interviene sobre todo en la producción de abonos nitrogenados, que pasan por la síntesis del amoníaco a partir del nitrógeno del aire. Del amoníaco se derivan la urea y el nitrato. También interviene en la fabricación de abonos complejos. Los abonos compuestos pueden ser simples mezclas, a veces realizadas por los distribuidores (cooperativas o negociantes).

Existen muchas variedades de abonos que se denominan según sus componentes. El abono simple sólo contiene un fertilizante principal. El abono compuesto está formado por dos o más nutrientes principales (nitrógeno, fósforo y potasio)

El aporte nitrogenado está presente como nitrógeno N y es aportado en forma de nitrato NO_3 , de amoníaco NH_4 o de urea: Las dificultades de almacenamiento de la forma nitrato incitan a los distribuidores de abonos a dirigirse hacia formas amoniacaes ureicas.

La urea se puede aplicar ventajosamente tanto introduciéndola al suelo como a través de las hojas, se ha comprobado que la absorción mediante esta es rápida y por medio de la aspersión foliar se puede mantener una concentración de nitrógeno conveniente en las hojas. Esta forma de aplicación pone en acción cantidades de nitrógeno infinitamente menos importante que las que se logra como resultado de la aplicación de urea al suelo.

Cuando en los cultivos se aportan cantidades muy elevadas de fertilizantes nitrogenados, de los cuales, solamente una parte es aprovechado por las plantas, la otra se pierde por volatilización y lavado (esta ultima contamina los acuíferos) con la consiguiente perdida económica y ecológica (Legaz y Primo-Millo, 1992).

El exceso de nitrógeno absorbido o relativo a otros elementos, disminuye la resistencia a muchas enfermedades. La aplicación de nitrógeno a plantas deficientes, por otra parte, incrementa la CIC de las raíces y la asimilación de otros elementos. Urge entonces sustituir los fertilizantes inorgánicos por biofertilizantes o fertilizantes orgánicos capaces de realizar la misma función pero ecológicamente y a menos costo.

1.8.2 Fertilización biológica (fijación simbiótica del nitrógeno)

La fertilización biológica no solo puede verse como la producida por la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico por ciertas especies de bacterias. Este concepto es mucho más amplio, debiendo contemplar la contribución de toda la actividad micro y microbiológica del suelo a la nutrición de la planta. Mediante los procesos de mineralización de la materia orgánica, de la solubilización de minerales de otros procesos, la actividad biológica en el suelo pone a disposición de la planta los nutrientes necesarios para su desarrollo. Cualquier actividad o medida realizada en el agro ecosistema que mejore, estimule o facilita la actividad biológica en el suelo, redundará en una mejor nutrición de la planta.

Se considera que la fijación biológica del nitrógeno (FBN) es una de las alternativas mas viables para recuperar N en el ecosistema (Kimball, 1980), se ha estimado que 175 millones de toneladas/año se fijan biológicamente, del cual el 70% va al suelo (Burity *et al.*, 1989) y de éste, el 50% proviene de asociaciones nodulares como las causadas por *Rhizobium* (Carrera *et al.*, 2004; Long, 1989).

La Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) es una ventaja para las leguminosas ya que pueden tomar nitrógeno del aire a través de la simbiosis con *Rhizobium* (Luna y Sánchez-Yáñez, 1991; Sanaratne *et al.*, 1987). Esta es una manera de reducir la cantidad del N derivado de fertilizantes al incrementar la proporción de N₂ fijado vía *Rhizobium*. Por eso se asegura el máximo beneficio de la asociación mediante el establecimiento de una bacteria que reúna cualidades de competencia y efectividad para fijar N₂ en las raíces de la leguminosa. En los suelos agrícolas la asociación *Rhizobium*-leguminosa es la más importante fuente de N, pues se ha reportado que en las leguminosas noduladas, bajo determinadas condiciones ambientales (suelos pobres en este elemento), pueden fijar hasta los 100 kg N₂/ha/año (FAO, 1995). Este mecanismo provee la demanda del N para satisfacer las necesidades nutricionales más importantes de la planta.

En experimentos realizados con *Rhizobium leguminosarum* en haba, lenteja y soya se incrementó significativamente la nodulación, el peso seco de las leguminosas, su contenido en nitrógeno y su rendimiento (Carrera *et al.*, 2004).

La bacteria *Rhizobium* es un bacilo corto, algunas veces pleomorfo, Gram negativo, aerobio, no forma spora, móvil por flagelos peritricos o un solo flagelo lateral (FAO, 1995). Pertenece a la familia Rhizobiaceae, este es un género heterótrofo, común en el suelo, su temperatura óptima de crecimiento en condiciones artificiales es de 25°C y su tolerancia al pH entra de 5 a 8. La base para su clasificación es su capacidad para nodular con leguminosas específicas (Kimball, 1980). El nódulo es una hipertrofia de la raíz, un órgano especializado donde se realiza la fijación del N₂ (Sanaratne *et al.*, 1987).

A pesar de que *Rhizobium* es un habitante común en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la

leguminosa, o bien cuando los rizobios nativos no fijan cantidades suficientes de N_2 para las leguminosas es necesario inocular la semilla a la siembra y asegurar la fijación biológica del N_2 .

Por tanto el uso de inoculantes a base de *Rhizobium* que reducen la aplicación de fertilizantes químicos al suelo; incrementan el contenido de N en el cultivo vegetal, su peso seco y mantienen el rendimiento en las leguminosas, lo que en consecuencia al bajar su costo de producción y la contaminación de mantos acuíferos y suelos, es vital para una agricultura sustentable.

1.8.3. Estimuladores del crecimiento

FitoMas E es un nuevo derivado de la industria azucarera cubana que actúa como bionutriente vegetal con marcada influencia antiestrés creado y desarrollado por el ICIDCA en el marco de los proyectos de investigaciones del Ministerio del Azúcar. En los últimos diez años ha sido evaluado por instituciones científicas nacionales, pertenecientes a diversos organismos de la administración central del estado, agrupados principalmente en los ministerios de la agricultura, educación superior y salud pública. Además se han llevado a cabo numerosas extensiones en condiciones de producción en las que han participado campesinos, cooperativistas, técnicos y profesionales agrícolas los que han hecho aportes importantes. Especialmente valioso para asegurar en lo posible las producciones agrícolas en una región geográfica que sufre los embates del cambio climático, principalmente con sequías prolongadas que alternan con lluvias intensas y huracanes devastadores, actualmente la producción de FitoMas E se encuentra en franco proceso de expansión con la finalidad de abarcar, en el menor plazo, el ciento por ciento del área agrícola cubana.

Como se sabe en el reino vegetal las vías más utilizadas para promover la defensa y la adaptación al entorno involucran la síntesis bioquímica de diversas sustancias que comportan miles de estructuras químicas diferentes. Esto constituye una real aunque no evidente defensa química, cuyo despliegue se nos revela actualmente gracias al empleo de las más modernas técnicas analíticas. Estas sustancias son elaboradas por las plantas como respuesta a presiones estresantes resultado de alteraciones bióticas y abióticas, como ocurre cuando las plantas deben adaptarse a situaciones estresantes de su entorno, tales como sequía o exceso de humedad, temperaturas extremas, daños mecánicos por trasplantes o vientos fuertes y suelos salinizados o contaminados con sustancias químicas o metales pesados.

Para cumplir este cometido las plantas movilizan gran cantidad de recursos los cuales desvían de su metabolismo principal. El costo de tal actividad, medido en términos de CO_2 fotosintético, es lo suficientemente elevado como para repercutir en el rendimiento en la mayoría de los cultivos. Por ejemplo, para sintetizar un gramo de un terpenoide, alcaloide o compuesto fenólico, tres de las estructuras químicas de defensa más frecuentes en las plantas superiores, es necesario invertir como promedio, seis gramos de CO_2 fotosintético, cantidad esta que resulta onerosa para el desempeño de la mayor parte de los cultivos. En este proceso las plantas de cultivo llevan las de perder si se comparan con sus parientes “rústicos”, pues se encuentran fuertemente limitadas para expresar su potencial defensivo debido a la ausencia en calidad, oportunidad o cantidad de los elementos bioquímicos estructurales básicos que esta actividad demanda. Los

aminoácidos, péptidos, bases nitrogenadas y oligosacáridos, son estructuras básicas que sirven, a manera de bloques o ladrillos, como unidades para construir, desde el RNA celular, otras sustancias más complejas tales como vitaminas, enzimas y otras estructuras químicas esenciales en la adaptación y la defensa antiestrés. Es por tanto razonable suponer, como hipótesis, que la diferencia entre las plantas rústicas y las domesticadas puede compensarse, hasta cierto punto, si suministramos a estas últimas las sustancias intermediarias deficitarias. Este es el aporte principal asociado al producto FitoMas E, una novedosa forma de afrontar el problema que permite que las plantas de cultivo recuperen, por lo menos parcialmente, la rusticidad de la que la selección antrópica las despojó. Este bionutriente no contiene hormonas de crecimiento, ni sustancias estimuladoras ajenas a la planta, ni microorganismos fijadores o solubilizadores de nutrientes, simbióticas o asociados, de ninguna clase. Contiene sólo sustancias propias del metabolismo vegetal que, como es de esperar, propician una mejoría apreciable del intercambio suelo-planta, ya que el vegetal tratado mejora la cantidad y calidad de los nutrientes que traslada al suelo mediante sus raíces, lo cual beneficia a los microorganismos propios de su rizosfera los que en esas condiciones incrementan a su vez, el intercambio de productos de su metabolismo, útiles al vegetal. Son estos microorganismos, estimulados a la acción por el propio vegetal, provisto ahora de gran parte de su arsenal bioquímico, los que elaboran las hormonas, ácidos orgánicos solubilizadores de nutrientes y agentes quelantes, etc. que hacen crecer a la planta y mejoran su comportamiento. Con este proceder las ventajas son obvias. Las plantas recuperan su capacidad de autodefensa con lo que la reducción de insumos y gastos así como la mejora ambiental, son ostensibles.

Distribuido en las entidades cañeras es un estimulador del crecimiento, el cual es producto natural, antiestrés que estimula y vigoriza las plantas desde la germinación hasta la fructificación. Es una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas de alta energía (aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos biológicamente activos), formuladas como una suspensión acuosa que debe ser agitada ante su utilización. Se recomienda su uso mediante aplicaciones foliares no solo en el cultivo de la caña sino también en otros cultivos

Entre los efectos más significativos se señala que aumenta y acelera la germinación de las semillas, ya sean botánicas o agámicas, estimula el desarrollo de raíces tallos y hojas, mejora la nutrición, la floración y cuajado de los frutos, frecuentemente reduce el ciclo del cultivo, potencia la acción de los herbicidas y otros plaguicidas lo que permite reducir la dosis recomendada, acelera el compostaje y la degradación de los residuos de cosecha, ayuda a superar los efectos negativos del estrés por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades y plagas.

FitoMas E es una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas de alta energía (aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos biológicamente activos), seleccionadas del conjunto más representado en los vegetales superiores a los que pertenecen las variedades de cultivo, formuladas como una suspensión acuosa que se debe agitar antes de su utilización.

Composición:

COMPONENTE	GRAMOS/LITRO	% PESO/ PESO
------------	--------------	--------------

Extracto orgánico	150	13
N total	55	4.8
K ₂ O	60	5.24
P ₂ O ₅	31	2.7

Se aplica en dosis desde 0,1 a 2.0 L/ha, según el cultivo, por vía foliar, siempre disuelto en agua hasta completar de 200 a 300 L/ha de volumen final. Cuando se remojan semillas para la germinación la disolución puede ser desde 1 % hasta 2 % en el agua de remojo. Cuando se aplica por riego las dosis pueden ser del orden de los 5 L/ha. La frecuencia es variable, aunque una sola aplicación durante el ciclo suele ser muy efectiva.

Se puede aplicar en cualquier fase fenológica del cultivo; típicamente se puede remojar la semilla, tanto botánica como agámica durante 2 ó 3 horas antes de llevarla al semillero, se puede realizar una aplicación después del trasplante y durante la etapa de crecimiento vegetativo. También puede aplicarse antes de la floración y después de esta y/o al comienzo de la fructificación. Se debe aplicar especialmente cuando la plantación ha sufrido ataques de plagas o enfermedades, o atraviesa una etapa de sequía o sufre por exceso de humedad o daño mecánico por tormentas, granizadas o ciclones. También si las temperaturas han sido muy altas o bajas (como es el caso de la heladas), cuando existen problemas de salinidad o el cultivo ha sido afectado por sustancias químicas (por ejemplo, herbicidas) o sufrido contaminación por metales pesados; aunque esos eventos hacen mucho menos daño si la plantación ha sido previamente tratada en cualquiera de las fases ya mencionadas, lo que las hace más resistentes.

La aplicación puede hacerse foliarmente, al suelo mediante riego por inundación o en soluciones de remojo, siempre disuelto en agua. Para estas aplicaciones se utiliza cualquier procedimiento convencional. Después de tres horas de aplicado se considera que ha penetrado a la planta por lo que ante una lluvia ocasional posterior no es necesario repetir el tratamiento. FitoMas E no es fitotóxico y se puede mezclar con la mayoría de los agroquímicos de uso corriente, aunque se debe probar previamente si no se tiene experiencia.

Cuando el agricultor prepara su propio abono puede aplicarse sobre la materia orgánica para acelerar el proceso de compostaje. En este caso se humedece la pila con una proporción de 0.1 L de FitoMas E por mochila de 16 L por cada tonelada de materia orgánica a descomponer (2 m³ aproximadamente).

Se almacena en los lugares habituales, no requiere condiciones especiales. Debe evitarse el contacto y transporte junto con alimentos. Para su empleo en el campo son suficientes los procedimientos comunes a este tipo de operación. FitoMas E no es tóxico a los animales ni a las personas a las dosis de empleo. En caso de vertimiento del formulado se debe diluir con suficiente agua, el producto desaparece en poco

tiempo debido a que es metabolizado por los organismos vegetales y animales del medio.

El producto permanece sin alteración por dos años después de la fecha de fabricación como mínimo. Ha sido registrado en el Registro de Plaguicidas del MINAGRI y se está en espera del otorgamiento del Registro de Fertilizantes.

2. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la Finca # 3 de la CPA Triunfo de la Revolución, del poblado de Sitiecito, municipio Sagua la Grande, provincia de Villa Clara.

Se utilizaron semillas de frijol común de la variedad BAT-304 de testa negra, recogida en el registro oficial de variedades comerciales (MINAGRI, 2007).

La siembra se realizó el 3 de enero de 2011, época tardía según Quintero (2000), sobre un suelo pardo mullido medianamente lavado Hernández *et al.*, (1999), a una distancia de 0.15m x 0.30m a tres granos por golpe a una profundidad de 3-4 cm. La germinación ocurrió entre los 6 y 8 días.

Se utilizó un diseño de bloques al azar, 4 tratamientos con tres réplicas cada uno, en parcelas de 5 m de largo con 4 surcos a una distancia de 0.30m de camellón.

Los tratamientos fueron:

1. Control absoluto (sin aplicaciones).
2. Urea 46% de N, en aplicación foliar con dosis de 70 kg.ha⁻¹ a los 20 días de sembrado el cultivo.
3. FitoMas E, en aplicación foliar con dosis de 2.0 L.ha⁻¹ a los 20 días de sembrado el cultivo.
4. Rhizobium, en aplicación en el momento de la plantación con dosis de 1 kg.qq⁻¹ de semilla.

Las labores de preparación de suelo se realizaron según las normas vigentes para el cultivo, realizándose el laboreo mínimo con un pase de picadora y luego el surque con bueyes para proceder a la siembra de forma manual.

Durante el ciclo del cultivo no se emplearon químicos para controlar plagas. Se realizaron dos guataqueas, la primera a los 20 días después de la siembra y la segunda los 20 días después de realizada la primera y un cultivo con buey.

El método de riego utilizado fue superficial empleando la técnica de riego por surcos. El primer riego fue antes de la siembra y el segundo a los 25 días de establecido el cultivo, ocurriendo algunas precipitaciones durante el ciclo del mismo. (Ver epígrafe 3.3, figura 3) La cosecha se realizó el 31 de marzo del 2011.

2.1 Evaluaciones.

Las evaluaciones se realizaron a partir de los 15 días de establecido el cultivo, tomándose 10 plantas al azar.

- Evaluaciones morfofisiológicas.

- ❖ Altura de la planta
- ❖ Área foliar por el método del factor (0,73)
- ❖ Número de flores

Para el cálculo del área foliar, se multiplicó el largo por el ancho de la hoja por el factor de corrección del frijol (0.73).

- Rendimiento agrícola y sus componentes.
 - ❖ Número de legumbres por planta
 - ❖ Número de granos por legumbre
 - ❖ Peso 100 granos
 - ❖ Peso total de los granos

2.2 Procesamiento estadístico de los datos:

A los datos obtenidos se les comprobó su normalidad y fueron sometidos al análisis de varianza a través de la prueba de Tukey HSD. Se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XV.

2.3 Registro de datos climáticos

Los datos de las diferentes variables meteorológicas ocurridas durante la realización de los experimentos fueron tomados de la Estación Meteorológica de Sagua la Grande.

2.4 Valoración económica

La valoración económica se realizó para un total de 1.2 hectáreas de tierra asignadas por la CPA para este cultivo. El valor de la producción se calculó considerando los rendimientos en t/ha y el precio de venta del frijol según datos de la Empresa de Semillas Varias de Villa Clara y Acopio Municipal.

Los aspectos evaluados fueron las siguientes:

- Total de gasto (salario e insumo).
- Total de ingresos a partir de la producción.
- Ganancia.
- Rentabilidad.
- Costo por peso de la producción (CP / VP).

3.Resultados y discusión

3.1 Efecto de las aplicaciones sobre la morfofisiología del cultivo

Al analizar el efecto de las aplicaciones sobre la altura de la planta (tabla 1 y figura 1) se encontró que hubo un aumento con diferencias estadísticas con el control en todas las evaluaciones de altura realizadas, alcanzando mayor proporción las tratadas con Rhizobium, lo cual puede ser debido a la fijación de nitrógeno que realiza este microorganismo a partir de la formación de nódulos en sus raíces, concentrándose altas

cantidades de nitrógeno en sus tejidos. Los resultados obtenidos (32.28 – 49.02) están dentro de los parámetros encontrados por otros investigadores.

Una planta de frijol bien nutrida con nitrógeno debe contener en sus hojas superiores maduras al momento de la floración más del 3 % de N (Mackay and Leefe, 1962; Howard et al, 1978; Socorro y Martín, 1989).

Tabla 1. Efecto de las aplicaciones sobre la altura de la planta (cm)

Tratamientos	Altura de la planta (cm)
1. Control (sin aplicación)	32.28 d
2. Urea	37.21 c
3. FitoMas E	37.79 b
4. Rhizobium	49.02 a
Coeficiente de Variación	15.79%
Error Estándar	±0.07

(a, b, c, d) medias con letras en una misma columna difieren por según Tukey HSD a ($p < 0.05$)

En trabajos realizados en Cuba, en suelos ferralíticos rojos, por Guzmán et al (1983) encontraron extracciones de nitrógeno entre 75 y 82 Kg/ha para rendimientos superiores a 2 t/ha en variedades comerciales. Según Ing. Hernández y Vinciguerra (2002) el nitrógeno es un elemento muy relacionado con el crecimiento de la planta y la producción de materia vegetal, ya que en las primeras semanas de vida de la planta, el consumo de este elemento es bajo, luego la absorción se acelera debido a las necesidades de la planta y el consumo aumenta rápidamente para sufrir una disminución antes de la floración.

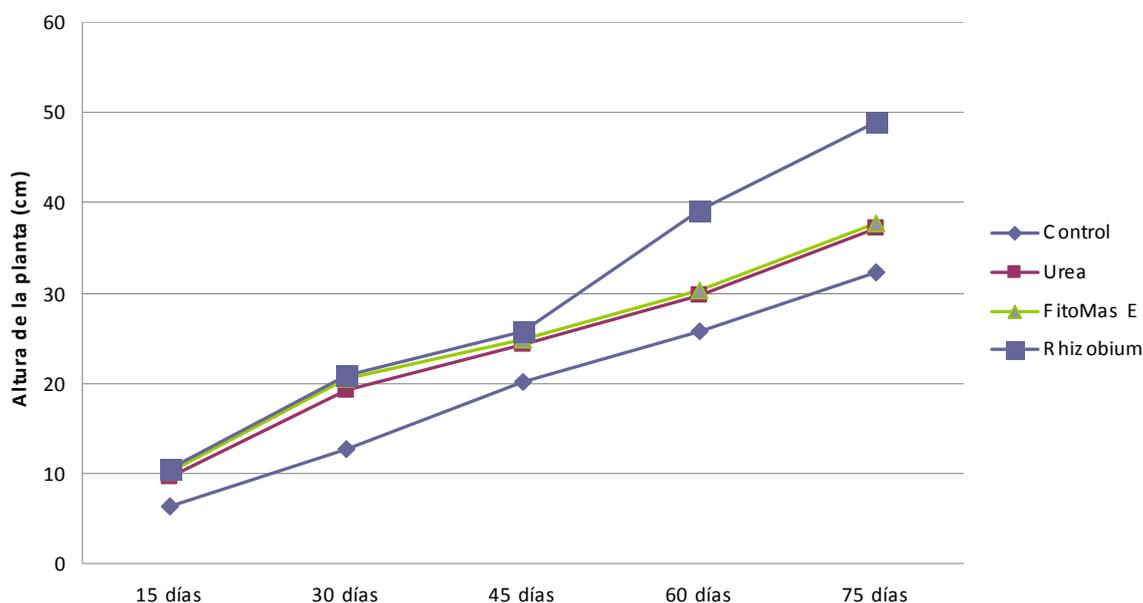


Figura 1. Dinámica de crecimiento de las plantas de frijol con los tratamientos aplicados.

Según figura 1 a partir de los 60 días existe un despegue en la altura de las plantas tratadas con Rhizobium.

Las aplicaciones de Urea, FitoMas E y Rhizobium provocaron incrementos en el área foliar de la planta en un 2, 6 y 8 por ciento respectivamente (tabla 2). En el caso del FitoMas E en otros estudios con cultivos como el pepino a una dosis de 0.2 L/ha se han encontrado aumentos en el área foliar. (Montano, 2008).

Tabla 2. Efecto de las aplicaciones al área foliar.

Tratamientos	Área foliar de la planta (cm)
1. Control (sin aplicación)	50.96 d
2. Urea	52.30 c
3. FitoMas E	54.04 b
4. Rhizobium	55.49 a
Coeficiente de Variación	3.46%
Error Estándar	±0.12

(a, b, c, d) medias con letras en una misma columna difieren por según Tukey HSD a ($p < 0.05$)

Con respecto a la floración de la planta (tabla 3) se encontró que todos los tratamientos aplicados fueron superiores al control, coincidiendo con Albrigo (2001) al plantear que en mayor o en menor grado, todas las partes verdes de la planta son capaces de absorber nutrientes tales como fosfatos y nitratos, sin embargo las hojas jóvenes son las más activas. Se ha demostrado que las hojas absorben nitrógeno en cantidades apreciables y en algunos casos con gran velocidad. En algunas plantas como los cítricos, aproximadamente un 30 % del nitrógeno aplicado como urea vía foliar es absorbido en 2 horas, y todo el fertilizante se absorbe completamente en poco más de un día.

Lovett, de la Universidad de Florida, sugiere que las aplicaciones de urea foliar provocan un aumento en el número de inflorescencias con hojas, que son las que resultan en cuajes de frutos mas seguros, en comparación con las inflorescencias sin hojas según Ing. Hernández y Vinciguerra (2002).

En este estudio, se demuestra la influencia que el FitoMas E ejerció en las variables del crecimiento evaluadas, lo que confirma la capacidad del mismo para estimular los procesos vinculados al crecimiento y desarrollo de las plantas, tal como ha señalado López *et al.* (2005), en e sentido de que dicho efecto pudiera deberse a los mecanismos de acción del FitoMas E, basados en acción bioestimulante, con la presencia de auxinas y aminoácidos cuya función puede incidir tanto en el sistema foliar, como en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

En los suelos agrícolas la asociación Rhizobium-leguminosa es la más importante fuente de N, pues se ha reportado que en las leguminosas noduladas, bajo determinadas condiciones ambientales (suelos pobres en este elemento), pueden fijar hasta los 100 kg N₂/ha/año (FAO, 1995). Este mecanismo provee la demanda del N para satisfacer las necesidades nutricionales más importantes de la planta.

En experimentos realizados con Rhizobium leguminosarum en haba, lenteja y soya se incrementó significativamente la nodulación, el peso seco de las leguminosas, su contenido en nitrógeno y su rendimiento (Carrera *et al.*, 2004).

Tabla 3. Efecto de las aplicaciones sobre la floración de la planta

Tratamientos	flores/planta
1. Control (sin aplicación)	4.93 c
2. Urea	9.00 b
3. FitoMas E	10.97 a
4. Rhizobium	11.00 a
Coeficiente de Variación	30.42%
Error Estándar	±0.21

(a, b, c) medias con letras en una misma columna difieren por según Tukey HSD a ($p < 0.05$)

3.2 Efecto de las aplicaciones sobre el rendimiento del cultivo

De todo el nitrógeno extraído por la planta, el mayor porcentaje es absorbido hasta el momento del llenado del grano y el máximo ritmo de extracción se produce en la etapa de floración (Cobra *et al*, 1971). Una buena parte (13 a 20 Kg/ha) puede reintegrarse al suelo en el follaje desprendido y en los restos de cosecha si son correctamente manejados (Guzmán *et al*, 1983; Socorro y Martín, 1989).

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre las legumbres por planta

Tratamientos	Legumbres/planta
1. Control (sin aplicación)	12.07 c
2. Urea	12.97 c
3. FitoMas E	15.00 b
4. Rhizobium	17.00 a
Coeficiente de Variación	19.66%
Error Estándar	±0.38

(a, b, c) medias con letras en una misma columna difieren por según Tukey HSD a ($p < 0.05$)

Como se aprecia en la tabla 4 no hay diferencias significativas, se manifiesta una tendencia a un mayor número de legumbres/planta en el tratamiento con Rhizobium. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros encontrados por García *et al*, 1999 para el número de legumbres por plantas. Aunque es de destacar la cantidad obtenida en el tratamiento del Rhizobium.

Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre los granos por legumbres

Tratamientos	Granos/legumbres
1. Control (sin aplicación)	5.00 b
2. Urea	5.60 ab
3. FitoMas E	6.00 a
4. Rhizobium	6.00 a
Coeficiente de Variación	19.55%
Error Estándar	±0.19

(a, b) medias con letras en una misma columna difieren por según Tukey HSD a ($p < 0.05$)

En la tabla 5 se observa poca diferencia entre los granos/legumbres de los tratamientos aplicados, aunque se debe señalar que el tratamiento con Urea no presenta diferencia con el tratamiento control para este parámetro analizado.

Tabla 6. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento

Tratamientos	Rendimiento	
	(gramos/planta)	(t/ha)
1. Control (sin aplicación)	11.50 b	2.52
2. Urea	17.23 a	3.77
3. FitoMas E	17.41 a	3.78
4. Rhizobium	17.55 a	3.84
Coefficiente de Variación	16.79%	
Error Estándar	±0.09	

(a, b) medias con letras en una misma columna difieren por según Tukey HSD a ($p < 0.05$)

Al analizar la respuesta del cultivo en sus componentes del rendimiento ante los tratamientos aplicados (tablas 4, 5 y 6) se aprecia que se lograron resultados superiores al tratamiento control, se alcanzó mayor altura, floración y fructificación, así como mayor cantidad de legumbres por planta. Con respecto al peso de 100 granos, éste fue similar para todos los tratamientos con 21 g cada uno.

Los resultados obtenidos en el tratamiento con Urea coinciden con estudios realizados por otros autores, los cuales plantean los beneficios aportados por las aplicaciones foliares de este producto en el incremento de los rendimientos no solo en el cultivo del frijol sino también en otros cultivos.

Según Borges 2005 remojando las semillas de frijol con FitoMas E por 2 horas con una solución al 2% y posteriormente su aplicación foliar a 1L/ha a los 20 días posterior a la siembra, se incrementan significativamente el rendimiento del frijol en un 46% teniendo en cuenta las condiciones edafoclimáticas del lugar.

Al investigar en el cultivo del tomate, variedad **Amalia** diferentes dosis de FitoMas E, López *et al.* (2005), comprobaron que todos los tratamientos superaron los rendimientos históricos (20 t.ha⁻¹), con incrementos en los rendimientos en 33% y al evaluar diferentes dosis de FitoMas E en el cultivo de la habichuela obtuvo un número mayor de hojas por planta, con respecto al testigo.

3.3 Datos de las variables meteorológicas

Para su normal desarrollo el frijol necesita que su ciclo vital transcurra en un período con temperaturas moderadas, suficientes pero no excesivas lluvias durante la fase vegetativa y parte de la reproductiva, un período seco durante la fase de maduración y cosecha del grano, y que la humedad del aire no permanezca con valores superiores a 80-85 % durante varios días en su período vegetativo, ya que se pueden presentar enfermedades fungosas o bacterianas capaces de destruir la cosecha, o al menos, disminuir los rendimientos.

En Cuba el Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 1983) establece el período de siembra entre septiembre 10 y enero 15 donde se cuente con regadío, estableciendo algunas regulaciones con el uso de variedades con relación a la fecha de siembra. No obstante está demostrado que puede sembrarse hasta febrero, pero en este caso aumenta el riesgo de pérdidas en cosecha por la aparición de las lluvias en el mes de mayo (Quintero, 1996).

Cuando el frijol atraviesa por un periodo de temperaturas muy altas durante el desarrollo y maduración de las semillas, se acelera dicho proceso y se producen semillas pequeñas. Para obtener semillas de óptima calidad es esencial que éstas se desarrollen y maduren a temperaturas frescas en un ambiente seco (Siddique y Goodwin, 1980).

Como se muestra en la figura 1 los rangos de temperatura en los meses de desarrollo del cultivo se encuentra entre los 20.9 y 22.5 ° C, coincidiendo con Ustimenko (1982) pues plantea que la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo del frijol común se encuentra entre 20 y 28° C y que la suma de temperatura requerida para cumplimentar su ciclo es de 1500 a 3000° C. Es una planta de día corto y tolera baja intensidad luminosa, por lo que se puede cultivar con éxito en asociación con otras plantas.

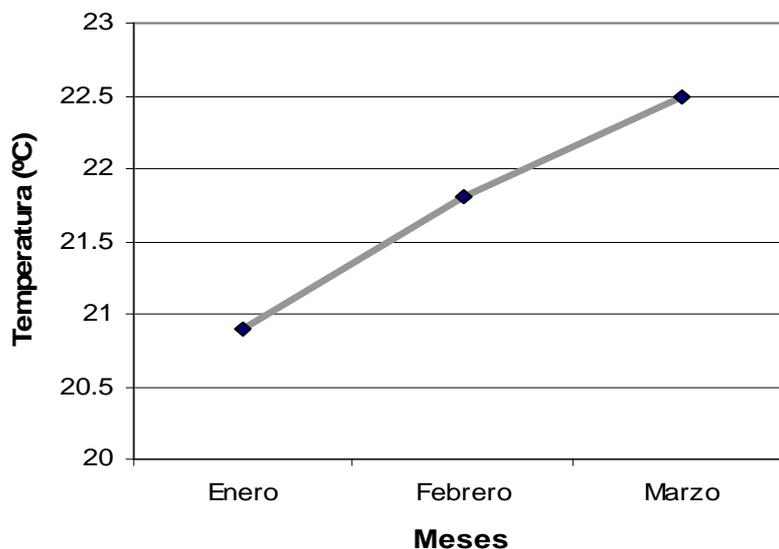


Figura 2. Temperatura ocurrida durante el ciclo del cultivo (Enero – Marzo, 2011)

Las precipitaciones ocurridas en el periodo de enero a Marzo de 2011 (figura), periodo que comprende el experimento, no alcanzaron grandes cifras. Esto influye en el cultivo por la importancia que representa el agua para la germinación y el buen desarrollo en forma general de la planta.

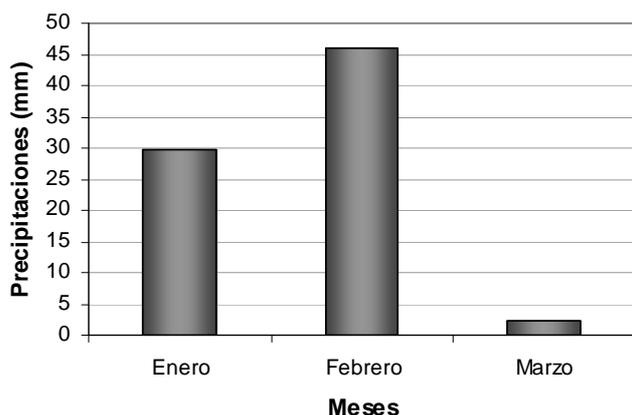


Figura 3. Precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (Enero – Marzo, 2011).

3.4 Valoración económica

Con los costos de producción y niveles de rendimiento actuales y a los precios establecidos por los organismos oficiales del Estado, el cultivo presenta una baja tasa de rentabilidad, o es irrentable en muchos casos (Pérez, 1982).

La elevación de los rendimientos debe ser la principal vía para aumentar la oferta del producto, reducir los precios, bajar los costos unitarios del producto y aumentar la rentabilidad del cultivo.

Tabla 7. Resultados Económicos

Tratamiento	Total de ingresos a partir de la producción	Total de gasto (salario e insumo)	Ganancia	Costo por peso de la producción (CP / VP)	Rentabilidad
Control	32810.40	28074.13	31575.08	0.85	0.15
Urea	49085.40	41914.13	47808.42	0.85	0.15
FitoMas E	49215.60	42029.55	47906.99	0.85	0.15
Rhizobium	49996.80	42683.80	41440.33	0.85	0.15

Conclusiones

1. La Urea, FitoMas E y Rhizobium incrementaron los parámetros morfofisiológicos del frijol común, resultando superiores en el último.
2. La utilización de Urea, FitoMas E y Rhizobium incrementaron los rendimientos del frijol común en comparación con el control en un 49, 51 y 52% respectivamente.
3. La ganancia obtenida con la aplicación de Urea, FitoMas E y Rhizobium fue de 31575.08; 47808.42; 47906.99 y 41440.33 respectivamente

Recomendaciones

1. Extender el uso del Rhizobium y FitoMas E en la próxima campaña de siembra de frijol.
2. Repetir este mismo experimento en otra época de siembra y con otras variedades registradas en Cuba.

Bibliografía

1. Acosta, J. y Pérez, Patricia. (2008). Situación del cultivo del frijol común en México. Producción e Investigación. 9 p.
2. Arzola, N; Fundora, O; Machado, J. (1981). Suelo, planta y abonado. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana. Cuba.
3. Bañuls, J., Serna, M. D., Quiñónez, A., Martín, B., Primo-Millo, E., Legaz, F. 2000. optimización de la fertilización nitrogenada con el inhibidor de la nitrificación (DMPP) con riego por goteo en cítricos. Levante Agrícola. 351: 117-121.
4. Bascur, G.: (2001) Leguminosas de grano, leguminosas de consumo humano. p. 627-647. In Agenda del Salitre. 11°ed. SOQUIMICH Comercial, Santiago, Chile.
5. Beebe, S; Blair, M; Mahuku, G; Morales, F y Roa, I. (2007). Executive Summary Annual Report 2007. Improved Beans for the developing world. . Consultado en el sitio web:
http://www.google.com.executive_summary07.pdf
6. Boletín informativo No 7. Diversificación de la caña de azúcar. 2010. Cuba.
7. Borges, O; Efecto del FitoMas E en frijol común. Plantado sobre suelo salino. Guantánamo. Estación de suelo de Guantánamo. VII Encuentro de Agricultura Orgánica. Memorias. La Habana 2006.

8. Burity, H.A.; Faris, M. A. y Culman, B. E.; 1989. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. *Plant and Soil*. 114-249-255.
9. Cabral A.M. (2006): La mejora del frijol en México. Normatividad Agropecuaria. Academia Mexicana de Ciencias.
10. Carrera, M.; Sánchez-Yáñez, J. M. y Peña, J. J. 2004. Nodulación natural en leguminosas silvestres del Estado de Nuevo León (en preparación).
11. Cobra, N., Acorsi, W. y Malatova, E. 1971. Nutrición mineral del frijol. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Quiroz"*, Brasil, 28: 237-274.
12. Chailloux, Marisa; Hernández, G., Faure, B. y Caballero, R. 1996. Producción de frijol en Cuba: Situación actual y perspectiva inmediata. *Agronomía Mesoamericana* 7(2): 98-107. Costa Rica.
13. Chaupe, J y Rojas, E. (2008). El frijol es una leguminosa cuyo grano es una fuente de alimentación proteica de gran importancia en la dieta alimenticia. . Soporte digital.
14. FAO. 1995. Manual técnico de la fijación del nitrógeno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp: 10-35.
15. FAO. 2002. Estadísticas de producciones anuales. 1999-2002.
16. FAO (2008). Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://www.fao.org>. Consultado 4/05/2009.
17. Faure, B. (2003): Proyecto nacional mejoramiento genético de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para los factores bióticos y abióticos que limitan su producción en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas Lilliana Dimitrova, Cuba.
18. Franco, F., Pedroso, R., Noa, A., Castañeda, I., Rios, C., Aredondo, I., Chacón, A. (2004) Lista oficial de plantas. Material complementario para la Botánica. Universidad Central de Las Villas. Centros de estudios Jardín Botánico. Cuba.
19. García, M. (2008). Uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en suelos arenosos. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos55/biofertilizante-frijol-suelo-arenoso/biofertilizante-frijol-suelo-arenoso.shtml>. (1 de junio del 2010).
20. Guzmán, J., Treto, E. y Marrero, V. 1983. Ponencia sobre la nutrición del frijol (*Phaseolus vulgaris* L). I Reunión Nacional de Agroquímica. Academia de Ciencias de Cuba, Dirección Agrícola, La Habana.
21. Hernández, et al.: (1980) Clasificación de los suelos de Cuba, Editorial Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
22. Howard, F., Shwartz, G., Schoonhower, A., Howler, R., Graham, P. y Flor C. 1978. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. CIAT, Cali, 104p.
23. Kimball; 1980. Biología. Adison Wesley Iberoamericana. pp: 432-450.

24. Legaz, F y Primo-Millo, E. 1992. Influencia de la fertilización nitrogenada en la contaminación por nitrato en las aguas subterráneas. *Levante Agrícola*. pp: 317-318.
25. León, Ileana; Faure, B; Rodríguez, O; Benitez, R; Suárez, Yipsy y Rodríguez, R. (2008). Selección de nuevas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) frente a las principales enfermedades del cultivo en Cuba. *FITOSANIDAD* (1). 27-31 p.
26. Long, S. 1989. Rhizobium-legume nodulation: Life together in the underground. *Cell*. 56: 203-214.
27. López Febles Juan C. (2010). Efecto de la urea en aplicaciones foliares al cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la UBPC "13 de Octubre". Cuba.
28. Mariña de la Huerta, Carmen (2010). Efecto del estimulante FitoMas E sobre el crecimiento, rendimiento y calidad en tabaco negro cultivado sobre bases agroecológicas. Cuba.
29. MINAGRI. (2003). Estadísticas MINAGRI. Cuba.
30. Montano M. Ramón (2008). FitoMas E, bionutriente derivado de la industria azucarera. ICDCA.
31. Montano R. 1998. Fitoestimuladores orgánicos para la agricultura. Resultados de investigación, Informe Técnico. Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA), MINAZ. Ciudad Habana. Cuba
32. Morales, F. J. (2000): El mosaico dorado y otras enfermedades del frijol común causadas por geminivirus transmitidos por mosca blanca en América Latina. Centro Internacional de la Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia.
33. ONE (2009): Siembra y superficie existente sembrada de frijol. Dirección de Agropecuario. República de Cuba, 21pp.
34. Paredes, L.O.; Guevara, F.L.; Bello, L.A. (2006). Los alimentos mágicos de las culturas mesoamericanas, Fondo de Cultura Económica, 205 p.
35. Peña-Cabriales. J.J. 2002 La fijación de biológica de nitrógeno en A.L. El aporte de las técnicas isotópicas. Ed. IMPROSA, SA.de C.V. Inaguato. México. 120 p.
36. Perfetti, J. J; Herrera, Adriana; Luz, A. Fonseca; Salamanca, J Contreras, Gloria; Cuellar, Sandra; Rodríguez, Maritza; Ruiz, Maria del Pilar; Urregos, Liliana y Villareal, A. (2000). Inteligencia de Mercados, Perfil de producto. Corporación Colombiana Internacional. 12 p.
37. Quintero F., E.: (1996) Manejo de algunos factores fitotécnicos en frijol común en condiciones de una agricultura sostenible. Tesis Master Science. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV, Cuba, 52- 77p.
38. Quintero F., E.: (2002). Manejo agrotécnico del frijol en Cuba. Monografía. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV, Santa Clara, 28p.
39. Quintero, E., Guzmán, L., y Gil, V. (2005). El banco de germoplasma de frijol del CIAP y su contribución al desarrollo en el sector productivo de Villa Clara. III

Conferencia Internacional Sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad "Agrocentro 2005", Santa Clara.

40. Rodiño, A.; Santalla, M.; Montero, P. y Casquero, A(2000)...: Diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm from Portugal. Genetic Resources and Crop Evaluation.
41. Ruiz, F. J. F. (1999). La agricultura orgánica como una biotecnología moderada y ética en la producción de alimentos. Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, 8 al 10 de noviembre de 1999. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica.
42. Sanaratne, R.; Amornpimol, C. and Hardarson, G. 1987. Effect of combined nitrogen fixation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) as affected by cultivar and Rhizobial strains. Plant and Soil. 103:45-50.
43. Siddique, M.A. and Goodwin, P. B.1980. Maturation temperature influences on seed quality and resistance to mechanical injury of some snap beans genotypes. Journal of the American Society for Horticultural Science 105(2): 235-238.
44. Singh, S.P. (1999). Production and Utilization. En: Singh, S. P. (eds).Common bean improvement in the twenty-first century. Kluwer Academic Publishers.24 p.
45. Socorro Q., M. y Martín F., D. 1989. Granos. Pueblo y Educación, La Habana, 318p.
46. Soriano, Eva y Rojas, M. (2008). El uso del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) como planta medicinal. Disponible en:
<http://www.tlahui.com/medic/medic21/frijol.htm>
47. Tapuach, Shyrley.: (2004). Una leguminosa muy mexicana, de "Frijoles, buena costumbre", por A., en "El Universal", sección Estilos, septiembre 3, p. G7.
48. Ustimenko-Bakumovsky, G. V. 1982. Plant growing in the tropics. Editorial MIR, Moscow, 392p.
49. Velásquez, J. A y Giraldo Paula (2005). Informe de avance, posibilidades competitivas de productos prioritarios de Antioquia frente a los acuerdos de integración y nuevos acuerdos comerciales. 20 p.
50. Vera, G.A. y López, R. 2002. Evaluación de diferentes dosis de FITOMAS en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) variedad SS-5. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo.