

Trabajo de Diploma

*Efecto del promotor del crecimiento VIUSID agro en el comportamiento productivo y la calidad de la semilla del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).*



Autor: George Fernández Quintero.

Orientadora: MSc. Kolima Peña Calzada.

Curso 2014-2015



... Hay que preguntarse cómo podremos proteger la naturaleza. Realmente a los habitantes de este planeta se nos plantean en esta época, en este minuto, dos grandes problemas: cómo salvar la naturaleza y cómo salvar la humanidad. Si no salvamos la naturaleza no podremos salvar la humanidad...

Fidel Castro





A mi hijo que me da tanta alegría y orgullo.

*A mi madre que sin su apoyo nada en mi vida hubiese sido
posible.*

A mi esposa por su apoyo incondicional.

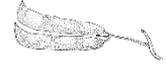
A mi abuela que fue mi motor impulsor.

Agradecimientos



- ✓ *A la revolución por darme la oportunidad de alcanzar este sueño.*
- ✓ *A mi tutora Kólima Peña Calzada por su apoyo desmedido en la realización de esta investigación.*
- ✓ *A los profesores que durante la carrera me han guiado y apoyado en todo.*
- ✓ *A mis amigos en especial a Orelvis por su apoyo incondicional.*
- ✓ *A mis compañeros de estudio por acompañarme en esta fase de mi vida y por el apoyo cuando ha hecho falta.*

A todos muchas gracias



Para evaluar el efecto de un promotor del crecimiento activado molecularmente en el comportamiento productivo y la calidad de la semilla del cultivo de frijol, se realizaron dos experimentos uno *in vivo* y otro *in vitro*. En el experimento uno se usó el diseño de cuadrado latino con cuatro tratamientos: 0,5 L ha⁻¹; 0,8 L ha⁻¹ 1,0 L ha⁻¹ y un control. Las variables evaluadas estuvieron relacionadas con el rendimiento. En el experimento dos se usaron semillas provenientes del experimento uno en un diseño completamente aleatorizado en placas de Petri con los cuatro tratamientos ya mencionados. Las variables evaluadas fueron la germinación a los siete días pos siembra y el crecimiento de las plántulas. En el experimento uno el producto evaluado tuvo un efecto estimulante en las legumbres por planta, granos por planta y la producción por planta y el mayor rendimiento se alcanzó con la variante de 0,8 L ha⁻¹ y 1,0 L ha⁻¹ con valores de 2,36 y 2,21 t ha⁻¹ respectivamente. En la germinación no hubo diferencias significativas entre las variantes y el mejor comportamiento en el crecimiento de las plántulas fue del tratamiento con semillas proveniente de plantas tratadas con la dosis de 1,0 L ha⁻¹. Por lo que el VIUSID agro favoreció el comportamiento productivo del frijol y no afectó la germinación de la semilla, ni el crecimiento de las plántulas.



To evaluate the effect of a promoter of the growth activated molecularly in the productive behavior and the quality of the seed of the bean cultivation, they were carried out two experiments one in alive and another in vitro. In the experiment one the design of latin square was used with four treatments: 0,5 L ha⁻¹; 0,8 L ha⁻¹ 1,0 L ha⁻¹ and a control. The evaluated variables were related with the yield. In the experiment two seeds coming from the experiment were used one in a design totally already randomized in badges of Petri with the four treatments mentioned. The evaluated variables went the germination to the seven days search sow and the growth of the plants. In the experiment one the evaluated product had a stimulating effect in the vegetables for plant, grains for plant and the production for plant and the biggest yield was reached with the variant of 0,8 L ha⁻¹ and 1,0 L ha⁻¹ with values of 2,36 and 2,21 t ha⁻¹ respectively. In the germination there were not significant differences among those evaluated and the best behavior in the growth of the plants was of the treatment with seeds coming from plants tried with the dose of 1,0 L ha⁻¹. For what the VIUSID agro favored the productive behavior of the bean and it didn't affect the later germination of the seeds, neither the growth of the plants.



1. Introducción	1
1.1 Problema	3
1.2 Hipótesis	3
1.3 Objetivo	3
2. Revisión bibliográfica	4
2.1 Caracteres generales de los bioestimulantes.	4
2.2 VIUSID agro.	4
2.2.1 Activación molecular.	5
2.2.2 Características de algunos de los componentes del VIUSID agro.	5
2.3.3 Algunas Investigaciones en Cuba con el uso del VIUSID agro.	7
2.4 Taxonomía del Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	8
2.4.1 Origen	8
2.4.2 Distribución	9
2.4.3 Domesticación del frijol común.	9
2.4.4 El frijol importancia.	10
2.4.5 Propiedades nutritivas y usos del frijol.	12
2.4.6 Rendimientos en Cuba.	13
3 Materiales y métodos	14
3.1 Generalidades de la investigación.	14
3.2 Diseño experimental.	14
3.3 Variables en estudio.	15
3.4 Operacionalización de las variables.	15
3.5 Atenciones culturales.	16
3.6 Características del producto empleado VIUSID agro.	16
3.7 Estadística.	17
4 Resultados y discusión	18
4.1 Efecto de los tratamientos en las legumbres por planta.	18
4.2 Efecto de los tratamientos en los granos por legumbre.	19
4.3 Efecto de los tratamientos en los granos por planta.	19
4.4 Efecto de los tratamientos en la producción por planta.	20
4.5 Efecto de los tratamientos en la masa de 100 granos.	21
4.6 Efecto de los tratamientos en el rendimiento.	22
4.7 Efecto de los tratamientos en la germinación de la semilla.	23

4.8 Efecto de los tratamientos en la longitud de la raíz.	24
4.9 Efecto de los tratamientos en la longitud del hipocotilo.	25
4.10 Efecto de los tratamientos en la longitud del epicotilo.	26
4.11 Efecto de los tratamientos en la longitud de las plántulas.	26
5 Conclusiones	28
6 Recomendaciones	29
7 Bibliografía	30
Anexos	



El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es entre las leguminosas de grano alimenticias, una de las especie más importantes para el consumo humano. Su producción abarca áreas agroecológicas diversas. Esta leguminosa se cultiva prácticamente en todo el mundo. América Latina es la zona de mayor producción y consumo, se estima que más del 45 % de la producción mundial total proviene de esta región (Voyses, 2000). En el Caribe es un alimento básico en la dieta de países como Cuba y Haití (Rodríguez *et al.*, 2009).

Entre las especies de género *Phaseolus*, el frijol (*P. vulgaris* L.) es la más importante, pues su cultivo ocupa más del 85 % de la superficie sembrada de todas las especies de *Phaseolus* en el mundo. Mundialmente se siembran 25 millones de hectáreas con frijol y México es uno de los principales productores de esta leguminosa, con 2,2 millones de hectáreas sembradas anualmente, con una producción de 1,2 millones de toneladas y rendimiento promedio de 0.6 t ha⁻¹ (Celis *et al.*, 2008).

El frijol ha sido consumido desde la época Prehispánica hasta nuestros días. Forma parte esencial de la alimentación a nivel mundial y principalmente en el Continente Americano. Representa una tradición desde antes de la conquista, lo que se manifiesta en la amplia diversidad de las formas silvestres y cultivadas que existían en los usos culinarios de la época prehispánica. En la actualidad es considerado uno de los granos básicos consumidos de mayor importancia para la población mundial (Solano *et al.*, 2009).

En la mayoría de las zonas productoras de frijol los rendimientos potenciales nunca son alcanzados, esto se debe a que esta leguminosa se cultiva principalmente en condiciones ambientales poco favorables, escasas precipitaciones durante la fase de crecimiento y pocos insumos. Además es conocido que en América Latina el 60 % de los campos agrícolas sembrados con frijol común, sufren de estrés hídrico o sequía en alguna etapa del desarrollo (Rodríguez *et al.*, 2009)

Según Ortiz *et al.* (2006) en Cuba la producción del frijol era baja, esta baja productividad estaba asociada a diversos factores como la falta de asistencia técnica, la poca disponibilidad de insumos, el mercado, los problemas fitosanitarios y el uso de semillas inadecuada. En el período 2010-2011 se cultivaron aproximadamente 52 000 hectáreas, sin incluir las áreas dedicadas al autoabastecimiento. La producción estatal solo cubría el 5 % de la demanda, lo que exigía la importación de 120 000 toneladas anuales de este grano, equivalente a 40 millones de dólares (ONE, 2010; Hernández, 2011).

La producción en el periodo 2000-2010 estuvo entre 70 600 a 132 900 t anuales. La cantidad de área cosechada en dichos años estuvo entre las 76 740 a 150 584 ha, siendo el año 2009 el de mayor área empleada para la siembra de este cultivo. Los rendimientos resultaron estar entre los 0,71 a 1,18 t ha⁻¹, coincidiendo ser el año 2004 el de mejor rendimiento obtenido en el país en los últimos tiempos (ONE. 2011; Companioni, 2012).

Por otra parte según Badstue (2007) las semillas son insumos básicos en los sistemas de producción agrícola y, en zonas de agricultura marginal el autoabastecimiento puede alcanzar hasta el 90 % de las que necesitan los agricultores. El abastecimiento informal de semillas es una práctica fundamental para los agricultores y desde el punto de vista de su función social y económica, es un elemento clave para enfrentar los retos que plantean las necesidades para lograr el aumento de la producción y alcanzar la seguridad alimentaria.

En este sentido Hermann (2009) plantea que en las regiones estudiadas de Cuba se encontraron variedades de frijol común y pallar en las cuales el movimiento de semillas se realizó, en su mayoría, entre las comunidades de cada región y en menor grado con comunidades más alejadas, con predominio de los agricultores que se abastecen con su propia semilla. En la región occidental el 90 % y el 92 %, y en el oriente entre el 88 % y el 93 % de los agricultores se autoabastecen para el cultivo del frijol común.

También plantean que en Cuba, el predominio de agricultores que contaba con semilla propia estuvo dado, en el caso del frijol común, por la tradición en la alimentación de la población y por su importancia comercial, haciendo que la mayoría de agricultores guardaran semillas para las campañas agrícolas siguientes.

En la búsqueda de vías para aumentar la producción de alimentos y la calidad de la semilla, surge una nueva forma de desarrollo de la agricultura, basada en principios ecológicos, que interpreta el sistema agrícola de manera holística y en el que se conciben técnicas para el manejo del clima (Fonseca, 2013).

La agricultura moderna intensiva en los países subdesarrollados tiende a combinar la utilización de cantidades reducidas de fertilizantes químicos con estimulantes del crecimiento de origen microbiano. Se tiene esta preferencia porque es una tecnología limpia no contaminante del medio ambiente y que contribuye al incremento de los rendimientos (Martínez, 2004).

Teniendo en cuenta lo anterior es muy importante conocer que efecto pudiera tener la aplicación de diferentes dosis de VIUSID agro en la producción y en la calidad de las semillas provenientes de estas plantaciones y que son las que el productor va a usar en la próxima campaña.

1.1 Problema científico.

¿Cuál será el comportamiento agroproductivo y la calidad de la semilla de frijol con la aplicación de diferentes dosis del promotor de crecimiento VIUSID agro?

1.2 Hipótesis.

La aplicación foliar de diferentes dosis de VIUSID agro tiene efectos desiguales en el comportamiento agroproductivo del cultivo del frijol y no se afecta la germinación ni el crecimiento de las plántulas de semillas procedentes de estos tratamientos.

1.3 Objetivo general.

Evaluar el efecto de diferentes dosis de VIUSID agro en el comportamiento agroproductivo y la calidad de la semilla en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

1.4 Objetivos específicos.

- Determinar la dosis de mayor influencia en el incremento de la productividad del cultivo del frijol.
- Determinar el efecto en la germinación y el crecimiento de las plántulas en semillas procedentes de cultivos tratados foliarmente con diferentes dosis de VIUSID agro.



2.2 Caracteres generales de los bioestimulantes.

Los bioestimulantes en general, son sustancias orgánicas derivadas en su mayoría de materiales vegetales (extractos), algas marinas entre otros, lo que garantiza una elevada concentración de aminoácidos útiles y una relación equilibrada de nutrientes acorde con las necesidades de la planta (Vademécum Agrícola, 2002).

Según Dibut (2009) se define un bioestimulador como el producto que contiene células vivas o latentes de cepas microbianas, previamente seleccionadas, que se caracterizan por producir sustancias fisiológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas) que al interactuar con el sistema planta desencadenan diferentes eventos metabólicos en función de estimular el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cultivos económicos.

Este mismo autor plantea que a diferencia de los biofertilizantes, los bioestimuladores no están directamente asociados a la sustitución de dosis de fertilizantes químicos (N y P) en los cultivos, sino que se emplean independientemente de la aplicación o no de estos insumos. Por otra parte, su actividad productora de sustancias fisiológicamente activas y su efecto sobre el vegetal, alcanza su máxima expresión cuando la planta está adecuadamente nutrida. Así, aun cuando no se aplican fertilizantes se obtiene un marcado efecto estimulador sobre el rendimiento, pero en este caso se debe fertilizar con enmiendas orgánicas para evitar el empobrecimiento del suelo a lo largo de varios ciclos de cosecha.

2.3 VIUSID agro.

El VIUSID agro es fabricado por Catalysis, S. L, que pertenece a la Unión Europea y usa las tecnologías más modernas y avanzadas, bajo los estándares de las Buenas Prácticas de Fabricación ("Good Manufacturing Practices, GMP") internacionales. Puede ser empleado en el agua de riego una vez por semana o en aplicaciones foliares, conjuntamente o no, con un fertilizante foliar y preferentemente en horas de la tarde para obtener mayor eficiencia del producto. Actúa como un biorregulador natural y está compuesto por:

- ❖ *Ascophylum nodosum* (un alga) la que aporta
 - Nutrientes (magnesio, calcio, manganeso, boro y cinc).
 - Bioestimulantes vegetales (ácido glutámico, alanina, fenilalanina, glicina y prolina).

- Inductores del crecimiento (Auxinas, Giberelinas, Citocianinas principalmente la Zetaina).
 - ❖ Fosfato potásico.
 - ❖ Ácido málico.
 - ❖ Sulfato de cinc.
 - ❖ Arginina
 - ❖ Glicina
 - ❖ Ácido ascórbico (Vitamina C).
 - ❖ Pantotenato cálcico.
 - ❖ Piridoxina (B₆)
 - ❖ Ácido fólico
 - ❖ Cianocobalamina (B₁₂)
 - ❖ Glucosamina
 - ❖ Glicirricinato monoamónico.

Todos estos compuestos son sometidos a un proceso de activación molecular (Catalysis, 2013).

2.3.1 Activación molecular.

La activación molecular es un proceso creado por un investigador español, el doctor Antonio Martín González y consiste en someter una formulación previamente estudiada a una corriente eléctrica, a través de la cual se dota a la molécula de mayor número de protones y por tanto de mayor capacidad de ofrecer efectos superiores con dosis más bajas (González, 2001), dados estos antecedentes se han iniciado una serie de pruebas con ácido giberélico activado molecularmente, para incrementar la productividad agrícola en cultivos de importancia económica.

Según Sanz (2014) la activación molecular es un proceso de inyección de electrones en las capas internas de los átomos. Si tocas los electrones de valencia de los átomos, alteras la molécula. Pero si se inyectan los electrones en las capas internas de los átomos alcanzan más energía las moléculas sin cambiar su estructura. Cuando se termina el proceso de activación, la molécula es la misma del principio, pero con más actividad y más energía. Por tanto si la molécula está activada permite utilizar menos cantidad de principio activo y se obtiene resultados satisfactorios.

2.3.2 Características de algunos de los componentes del VIUSID agro.

Las algas (*Ascophylum nodosum*) contienen diferentes reguladores orgánicos naturales para plantas, incluyendo auxinas (hormonas de crecimiento de las plantas), giberelinas

(hormonas de energía de las plantas), y citoquininas (hormonas de citocinesis de las plantas). Estos reguladores orgánicos naturales de crecimiento pueden activar el metabolismo, fortalecer el sistema inmunológico, mejorar la absorción de nutrientes y prolongar el período de crecimiento de las plantas de cultivo (Muralles, 2011)

Las sustancias promotoras del crecimiento vegetal son de carácter orgánico activan varias respuestas en la célula vegetal, a nivel bioquímico fisiológico y morfológico. De acuerdo a varias clasificaciones se encuentran distribuidas en cinco grupos principales: auxinas, giberelinas, etileno, ácido abscísico y citoquininas y son capaces de contribuir al desarrollo y regulación de muchos parámetros fisiológicos. Además incrementan la resistencia de las plantas a diversos factores ambientales, ya que pueden inducir o suprimir la expresión de un amplia gama de genes (Tsavkelova *et al.*, 2006)

De las auxinas, citoquininas y giberelinas solo hacen falta pequeñas cantidades para estimular las funciones fisiológicas de plantas. Las hormonas de crecimiento también participan en la división celular, la elongación y el crecimiento de las plantas, así como para promocionar la germinación de semillas, el crecimiento de tallos, el desarrollo de raíces y el cuaje de flores y frutos evitando caídas prematuras (Muralles, 2011).

Según Catalysis (2014).

- Fosfato potásico: el fósforo es necesario para la transferencia y almacenamiento de energía en las plantas. Influye en el desarrollo y fomenta el crecimiento de las raíces, el desarrollo de la flor y la semilla. Favorece además la formación de carbohidratos.
- Ácido málico: favorece la función de la fotosíntesis y es fácilmente metabolizado por los microorganismos.
- Sulfato de cinc: favorece la formación y desarrollo de tejidos nuevos. Es muy importante para los procesos productivos de las plantas, como la germinación, floración y producción de frutos.
- Arginina: es la principal fuente de almacenamiento nitrogenado en las plantas y constituye el 40% del nitrógeno en proteínas y semillas.
- Glicina: es vital para el proceso de crecimiento y es un aminoácido importante en la fotorespiración.
- Ácido ascórbico (Vitamina C): es el antioxidante natural por excelencia, reduce los taninos oxidados en la superficie del fruto recién cortado. Aumenta la resistencia contra los cambios ambientales.

- Pantotenato cálcico (B₅): es un nutriente esencial en la vida de la planta, interviene directamente en las reacciones fotoperiódicas. Tiene un papel importante en la síntesis y oxidación de los ácidos grasos. Regula el crecimiento.
- Piridoxina (B₆): promueve el crecimiento de las plantas, en particular para los cultivos de tejidos para el enraizamiento.
- Ácido fólico: actúa como un transportador de compuestos. Es una coenzima muy importante en el metabolismo de aminoácidos y en la síntesis de bases nitrogenadas requeridas para la formación de nuevos tejidos.
- Cianocobalamina (B₁₂): desempeña un importante papel en la reacción enzimática de la nitrogenasa en la fijación de N₂ en NH₃ inorgánicos.
- Glucosamina: Vigoriza la planta y protege de forma natural contra hongos, nematodos e insectos. Mejora la nodulación en tallos y raíces.
- Glicirricinato monoamónico: Aumenta las defensas química de las plantas y crea resistencia contra los microorganismos.

2.3.3 Algunas Investigaciones en Cuba con el uso del VIUSID agro.

Meléndrez y Expósito (2013) utilizaron tres dosis de VIUSID agro en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el municipio de Taguasco. Teniendo como resultado que los tratamientos que contemplaron las tres dosis de VIUSID agro tuvieron efecto estimulante en el cultivo con diferencias significativas con el testigo y que el tratamiento que consistió en la utilización de VIUSID agro a 1,5 mL por cada 5 L, tuvo la mayor influencia se manifestó un adelanto considerable en el ciclo del cultivo.

Meléndrez y Cabrera (2013) evaluaron tres dosis de VIUSID agro en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), después del corte del principal en el municipio Taguasco. Obtuvieron como resultado que los tratamientos que contemplaron las tres dosis de VIUSID agro, tuvieron efecto estimulante en el cultivo mostrando diferencias significativas con el tratamiento control y que el tratamiento que consistió en la utilización de la dosis menor, 0,5 mL por cada 5 L, manifestó el mejor efecto sobre los parámetros evaluados con diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos.

Meléndrez, y Maceda (2013) utilizando VIUSID agro, Bayfolán forte y FitoMas-E en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en el municipio de Taguasco. Concluyeron que los tres tratamientos tuvieron efecto estimulante en el cultivo con diferencias significativas con el testigo y que el tratamiento que consistió en la utilización de VIUSID manifiesta su mayor efecto a partir de la cuarta aplicación.

Meléndrez y Pérez (2013) evaluaron tres dosis de VIUSID agro en semillero de cebolla (*Allium cepa* L.) en el municipio Taguasco. Donde obtuvieron como resultado que los tratamientos que contemplaron VIUSID agro, tuvieron efecto estimulante en el cultivo con diferencias significativas con el control y que el tratamiento que consistió en la utilización de la solución de 1,5 mL por cada 5 litros de agua, tuvo la mayor influencia sobre los parámetros evaluados con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos.

Peña *et al.* (2014) determinaron el efecto del VIUSID agro en la germinación del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y el crecimiento de las plántulas en condiciones *in vitro*. Concluyeron que la inmersión de la semilla de frijol durante tres horas en una solución de VIUSID agro al 0,02 % favorece la velocidad de germinación y el desarrollo de las plántulas.

2.1 Taxonomía del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

El nombre científico de la planta es *Phaseolus vulgaris* L. y se clasifica de la siguiente forma (Soriano, 2006):

Super reino: Eucariota

Reino: *Plantae*

División: Spermatophytas

Subdivisión: Magnoliophytina

Clase: Magnoliales

Subclase: Rósidas

Orden: Phabales

Familia: *Phabaceae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

2.1.1 Origen.

No cabe duda que las plantas que producen las semillas de frijol común, tuvieron su origen en el Continente Americano. Ya sea que se trate de frijoles Bayos, Pintos, Café Cacahuete, Amarillo Canario, Rosado, Flor de mayo, Flor de junio, etc., todos tienen una madre en común en su pasado. Estas plantas leguminosas que se caracterizan por tener las semillas dentro de legumbres, aparecieron en tierras americanas hace miles de años. Los restos más antiguos (9000 años) se encontraron en un lugar llamado Huachichocana en el norte de Argentina; asimismo, en Perú hay rastros arqueológicos de los frijoles, de hace 8,000 años (Soriano, 2006).

Según Reyes (2008) los estudios arqueológicos revelan que el frijol, del género *Phaseolus*, se origina en el continente americano donde se encuentran ubicados los primeros hallazgos (anexo, 1). Al respecto se han encontrado evidencias con antigüedad de 500 a 8 mil años en algunas regiones de México, Estados Unidos y Perú. No obstante, existe un relativo acuerdo respecto a su origen: México, que es también el lugar donde se diseminaron las primeras semillas hacia el sur del continente americano, sitio en el que llega a cultivarse (Voysset, 1983; Voysset, 2000; Paredes *et al.*, 2006). En particular Paredes *et al.* (2006) destacan que es posible identificar a este país como lugar de origen por encontrar prototipos de especies silvestres de los cinco grupos más cultivados: *P. vulgaris*, «frijol común»; *P. acutifolius*, «frijol tépari»; *P. lunatus*, «frijol lima»; *P. coccineus*, «frijol escarlata»; y *P. polyanthus*, «frijol anual».

Engleman (1991), señala que en toda Mesoamérica se dieron cultivos de frijol, maíz, calabaza y chile que constituyeron la fuente alimenticia principal de las culturas que habitaban esta región, cuyos antecedentes se remontan a más de 8 mil años. Sin embargo existen evidencias arqueológicas de distintas especies de frijol, que van desde los mil 200 hasta los 9 mil años de antigüedad (Reyes *et al.*, 2008).

Se argumenta que al principio del siglo XVI, durante la Conquista española, fueron los españoles quienes llevaron a Europa las primeras semillas de frijol. Once años después el producto es distribuido por comerciantes portugueses en la región de África Oriental, a partir de donde los árabes, que mercadeaban con esclavos, se encargaron de diseminarlo a todo el territorio africano (Voysset, 2000).

2.1.2 Distribución.

El frijol (*P. vulgaris* L.) se cultiva en todo el mundo. En Cuba tiene una amplia dispersión territorial, practicándose su cultivo desde oriente a occidente y de norte a sur, así como desde el llano hasta alturas considerables sobre el nivel del mar. Por tales razones su cultivo transcurre en ambientes muy contrastantes (Quintero *et al.*, 2006).

2.1.3 Domesticación del frijol común.

La diversidad genética en los tipos de frijol ha aumentado considerablemente con la domesticación, ya que las formas cultivadas exhiben caracteres no presentes en las formas silvestres. Entre las modificaciones de algunos caracteres en domesticación se pueden mencionar: el aumento en el tamaño y la permeabilidad de la semilla, la pérdida de raíces tuberosas, el incremento del tamaño de las estructuras fundamentales de interés antropocéntrico como las semillas, y de la precocidad que da seguridad en la cosecha al

permitir a la planta escapar al efecto de factores ambientales adversos (Herrera *et al.*, 2005).

Aunque el cultivo del frijol estaba ampliamente distribuido en la zona andina, tuvo más influencia cultural en tierras mesoamericanas. En estos pueblos, la economía descansaba en el aprovechamiento del entorno biológico, buscando la domesticación de plantas que crecían de manera silvestre, pero que tenían un alto valor nutritivo. Alrededor de los asentamientos indígenas, la superficie estaba cubierta por las milpas cultivadas con frijol, maíz y calabaza. Esto se deduce de los hallazgos de restos de frijol asociado a otras plantas de subsistencia en Ixtapaluca y Zacatenco que datan de 1700-875 A.C.; asimismo, en Terremote-Tlatengo los restos de frijol negro y ayocote se encontraron junto con maíz, calabaza india, capulín, alegría, nopal, tomate, chile, verdolaga, aguacate y maguey, todo un banquete de comida indígena (Soriano, 2006).

Araya (2003), indica la presencia de dos centros de domesticación del frijol cultivado, América del Sur y Central, a partir de un ancestro que había pasado por una evolución divergente. Los acervos genéticos fueron denominados Andino y Mesoamericano, respectivamente. Con base en sus características morfológicas y tipo de faseolina las variedades silvestres y cultivadas de la región mesoamericana se dividieron en tres razas: Mesoamérica, Jalisco y Durango.

Recientemente se determinó por medio de análisis RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) un cuarto grupo conteniendo frijoles de origen mayoritariamente guatemalteco, trepadores, algunos de hábito de crecimiento tipo III, designada raza Guatemala (Beebe *et al.*, 2000). Análogamente, las variedades de frijol provenientes de la zona Andina fueron clasificadas como razas Nueva Granada, Perú y Chile. Posteriormente (Araya, 2003), sugirió que el Caribe puede ser considerado un acervo genético secundario para los frijoles andinos.

2.1.4 El frijol importancia.

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es originario de América. Se cultiva en todos los continentes teniendo una superficie total cosechada de 26 836 860 ha y niveles de producción de 18 334 318 t, con un rendimiento promedio de 0,683 t ha⁻¹ destacándose Asia (India), América Latina (Brasil, México, Argentina y Chile) y el Caribe (Nicaragua). Su producción en América tropical y subtropical asciende a más de cuatro millones de toneladas al año, con Brasil y México como mayores productores, mientras que 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.

Esto es especialmente 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, 2002).

Cerca de 20 especies de leguminosas de grano son utilizadas para la alimentación en cantidades apreciables. En los países de África, Asia y América Latina, las leguminosas de grano se utilizan como fuente barata de proteínas, por lo que se les nombra “carne del pobre”, pues contienen de 18 a 30 % de proteína. El frijol es la especie más importante del género (Baudoin *et al.*, 2001).

Se le atribuyen además efectos muy positivos en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer, tanto por su aporte de micronutrientes (particularmente ácido fólico y magnesio) como por su alto contenido de fibra, aminoácidos azufrados, taninos, fitoestrógenos y aminoácidos no esenciales (Rodríguez y Fernández, 2004).

Entre los países productores de la leguminosa destacan por orden de importancia India con 18,49 %, Brasil con 16,55 %, China con 11,47 %, Estados Unidos con 6,84 %, y México en quinto lugar con un 6,80 %. Estas naciones, junto con Myanmar, contribuyeron con el 63.86 % del total producido. Sin embargo, la variación que se presenta en los niveles de producción entre un año y otro se corresponde con la presencia de lluvias, ya que una proporción significativa se obtiene bajo condiciones de temporal. Asimismo se cree que el mayor consumo de frijol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo, dado los niveles de aceptación y uso que de este producto se hace en América Latina, Asia y África. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM, 2004).

Es de las legumbres comestibles la de mayor consumo a nivel mundial. Proporcionan una fuente importante de proteína (22 %), vitaminas, y minerales (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn) a las dietas humanas, sobre todo en los países en vías de desarrollo. También en los países del primer mundo los beneficios nutritivos y contribución de los frijoles a la dieta humana son reconocidos. Su consumo disminuye el riesgo de desarrollar cáncer, diabetes, y enfermedades del corazón (Miklas *et al.*, 2006).

La mayoría de la producción del frijol ocurre en la agricultura de bajos insumos, en las granjas, en pequeña escala, en los países en desarrollo. En estos sistemas de cultivos, el estrés biótico y el abiótico continúan siendo las mayores limitantes en la producción de subsistencia y rendimiento económico de frijol común (Miklas *et al.*, 2006).

Constituye uno de los principales alimentos, conjuntamente con el maíz, la papa y la yuca (Cabrera, 2007) y constituye la fuente más barata de proteína, por lo que es un componente indispensable en la dieta y una fuente importante de ingresos para los pequeños productores.

El frijol, a nivel internacional, resulta ser un producto de menor significación en cuanto a volumen, su importancia trasciende como fuente de alimento y sustituto de otros nutrimentos en la sociedad, sobre todo en países donde el ingreso *per cápita* limita la adquisición de bienes de alto valor proteico pero de mayor valor económico (Reyes *et al.*, 2008). Según la FAO (2008), la producción de frijol en el mundo se concentra en 129 países de los cinco continentes. Entre 1961 y 2007 se produjo en promedio poco menos de 15 millones de toneladas al año, lo que constituyó una tasa media de crecimiento anual de 1,16 % durante dicho lapso.

Según la FAO (2008) de los trece países de mayor consumo de la leguminosa en el mundo, ocho de ellos se encuentran en América Latina; Nicaragua, Brasil, México, Paraguay, Belice, Costa Rica, Guatemala y Honduras, lo que confirma la relación entre los niveles de consumo y los ingresos *per cápita* de países menos y más desarrollados.

2.1.5 Propiedades nutritivas y usos del frijol.

Diversos autores (Jacinto, *et al.*, 2002; Pérez, *et al.* 2002; Serrano y Goñi, 2004; Salinas *et al.*, 2005; Iniestra *et al.*, 2005; Herrera *et al.*, 2005), han destacado las propiedades nutritivas que posee el frijol, de manera fundamental por su alto contenido en proteínas y en menor medida en carbohidratos. Los resultados de dichos estudios evidencian, de cierta forma, las razones del por qué las culturas mesoamericanas, desde tiempos inmemoriales basaron su alimentación en el frijol y el maíz, al igual que la razón del por qué en la actualidad continúan siendo complementos básicos entre la población de Mesoamérica.

Mientras las gramíneas de grano comestible, como el maíz, carecen de aminoácidos (lisina y triptófano) indispensables en la actividad orgánica del ser humano, el frijol los tiene en altas proporciones. Por ejemplo, en 100 g de harina de frijol canario, es posible obtener la cantidad de aminoácidos que una persona adulta requiere para su dieta diaria. Además el frijol aporta en su mayor parte proteínas y una parte de carbohidratos, el maíz proporciona en su mayoría carbohidratos (Reyes *et al.*, 2008)

Se ha determinado que el frijol no sólo suministra proteínas y carbohidratos, también tiene cantidades importantes de vitaminas y minerales. Serrano y Goñi (2004) descubrieron que con la ingesta diaria de 70,5 g de frijol negro se puede obtener un 134 % (0,447 mg) de ácido fólico; 19,1 % (4,82 mg) de hierro; 35,5 % (195,6 mg) de magnesio y 15,9 % (3,96

mg) de cinc. En el mismo sentido, Jacinto *et al.* (2002), al evaluar los componentes nutrimentales de dos genotipos y diecisiete líneas endogámicas de frijol, encontraron además otras propiedades de esta leguminosa. Salinas *et al.* (2005) destacan la presencia de antocianinas, indispensables en la prevención de enfermedades, entre ellas el cáncer de colon, la arterosclerosis y las inflamaciones intestinales.

2.1.6 Rendimientos en Cuba.

En Cuba se cultivan aproximadamente 52 mil hectáreas de frijol, sin incluir las áreas dedicadas al autoabastecimiento. La producción estatal solamente cubre el 5 % de la demanda, lo que exige la importación de 120 mil toneladas anuales de este grano, equivalente a 40 millones de dólares. La producción en los años del 2000 al 2010 estuvo en un rango entre 70 600 a 132 900 t. La cantidad de área cosechada en dichos años estuvo entre las 76 740 a 150 584 ha siendo el año 2009 el de mayor área empleada para la siembra de este cultivo. Los rendimientos resultaron estar entre los 0,71 a 1,2 t ha⁻¹, coincidiendo ser el año 2004 el de mejor rendimiento obtenido en el país en los últimos tiempos. Según datos estadísticos nacionales de la ONE (2010), relacionados con el sector agropecuario, más del 90 % de la producción de frijol provenía del sector no estatal.



3.1 Generalidades de la investigación.

Experimento 1.

El experimento uno se ubicó en la Cooperativa de Créditos y Servicios Mártires de la Chorrera. En un suelo Fluvisol diferenciado FAO (1998), con la variedad Pilón. La fecha de siembra fue el 30 de noviembre 2014. El marco de plantación que se usó fue 0,60 m entre surcos y 0,20 m entre plantas.

3.2 Diseño experimental.

El diseño experimental que se utilizó fue el cuadrado latino con cuatro tratamientos (Esquema 1). Fueron evaluadas 10 plantas por parcelas (escogidas al azar) para un total de 40 observaciones por tratamiento. Las parcelas fueron de 16 m² con una defensa interna de 0,5 m por cada lado y un área de cálculo de 9 m². Las aplicaciones se realizaron con un aspersor de espalda de 16 litros en horas de la mañana una vez evaporado el rocío.

Tratamientos

A: Aplicación del VIUSID agro (0,5 L ha⁻¹).

B: Aplicación del VIUSID agro (0,8 L ha⁻¹).

C: Aplicación del VIUSID agro (1,0 L ha⁻¹).

D: Control

- 1ra aplicación con la planta de 4 a 6 hojas.
- 2da aplicación al inicio de floración.
- 3ra aplicación en la formación de las legumbres.

Esquema 1. Diseño experimental.

B4 16 m ²	C4	A4	D4
A3	B3	D3	C3
D2	A2	C2	B2
C1	D1	B1	A1

3.3 Variables en estudio.

Independiente

- ❖ Aplicación de diferentes dosis de VIUSID agro.

Dependientes

- ❖ Legumbres por planta.
- ❖ Granos por Legumbre.
- ❖ Granos por planta.
- ❖ Producción por planta (g).
- ❖ Masa de 100 granos (g).
- ❖ Rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$).

3.4 Operacionalización de las variables.

Legumbres por planta: Se determinó en la cosecha, contando el total de legumbres existentes en las 10 plantas por parcelas tomadas al azar. Las plantas seleccionadas se arrancaron y se sacaron al borde del campo para medir las variables.

Granos por legumbre: Una vez cosechadas las legumbres en las plantas seleccionadas se realizó el conteo de los granos. Se utilizaron 10 envases para almacenar los granos por plantas.

Granos por planta: Una vez cosechados y contados los granos por legumbre se sumaron para obtener los granos por planta y se almacenaron en envases señalizadas para determinar la masa.

Producción por planta (g): Se almacenaron en bolsas de papel señalizadas la producción de las 10 plantas por parcelas y se procedió a determinar la masa de los granos por planta. Se utilizó para esto balanza digital Sartorius, con una precisión de $\pm 0,01g$.

Masa de 100 granos: Se tomaron cuatro muestras de 100 granos por parcela y se determinó su masa en el laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sancti Spiritus, con una balanza digital Sartorius, con una precisión de $\pm 0.01g$. El objetivo de incrementar el número de la muestra fue aumentar los grados libertad para ganar en precisión a la hora del análisis estadístico.

Rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$): Se obtuvo por el método indirecto según Fuentes *et al.* (1999).

3.5 Atenciones culturales.

- ❖ Tanto para la selección del área como para la preparación de suelo, la siembra y las labores agrotécnicas se siguieron las normas técnicas del cultivo del frijol según MINAG (2010).
- ❖ El riego fue por aniego y se realizaron semanalmente teniendo en cuenta la lluvia.

Experimento 2

Luego de la cosecha y del secado de los granos para evaluar el efecto que pudiera tener este producto en la calidad de la semilla se realizó el experimento dos (*in vitro*). En este se empleó un diseño completamente aleatorizado donde se plantaron 320 semillas de frijol (provenientes del experimento anterior) 80 por tratamientos distribuidas en 12 placas de Petri de 14,5 cm de diámetro y 2,8 cm de alto. En ellas se añadió 1,8 cm de arena de río esterilizada (laboratorio de sanidad vegetal).

Para la siembra se humedeció la arena con agua destilada hasta la capacidad de campo (120 mL por placa). Se colocaron 25 semillas en dos placas y treinta en una tercera distribuidas homogéneamente y se cubrieron con una capa de arena de 1,0 cm. Se aplicó agua en forma de rocío 30 mL diariamente a las 8:00 am y a las 5:00 pm. Se colocó el experimento donde recibiera luz pero no la incidencia directa de los rayos del sol; previniendo que la arena perdiera humedad.

Los tratamientos fueron: A: 80 semillas proveniente de plantas tratadas con VIUSID (0,5 L ha⁻¹), B: 80 semillas proveniente de plantas tratadas con VIUSID (0,8 L ha⁻¹), C: 80 semillas proveniente de plantas tratadas con VIUSID (1,0 L ha⁻¹), D: 80 semillas provenientes del tratamiento Control del experimento anterior.

Las variables dependientes fueron: germinación a los tres, seis y nueve días después de la siembra, longitud del hipocotilo, longitud del epicotilo, longitud de la planta, longitud de la radícula.

El porcentaje de germinación se obtuvo contando las plantas germinadas y calculando el porcentaje. Longitudes del hipocotilo, del epicotilo, de la planta y la radícula se midieron en todas las plantas por tratamiento con una regla graduada a los siete días después de la siembra (cm).

3.6 Características del producto empleado VIUSID agro.

VIUSID agro está compuesto por:

- ❖ *Ascophylum nodosum* (un alga) la que aporta:
 - Nutrientes (magnesio, calcio, manganeso, boro y cinc).

- Bioestimulantes vegetales (ácido glutámico, alanina, fenilalanina, glicina y prolina).
- Inductores del crecimiento (auxinas, giberelinas, citocianinas principalmente la zetaina).
- ❖ Fosfato potásico, ácido málico, sulfato de cinc, arginina, glicina, ácido ascórbico (vitamina C), pantotenato cálcico, piridoxina (B₆), ácido fólico, cianocobalamina (B₁₂), glucosamina, glicirricinato monoamónico.

Todos estos compuestos fueron sometidos a un proceso de activación molecular. (Catalysis, 2013).

3.7 Estadística.

Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows y la prueba de hipótesis para proporciones se realizó con el uso del software MINITAB14.12.0. (Tabla 1).

Tabla 1: Descripción del análisis estadístico.

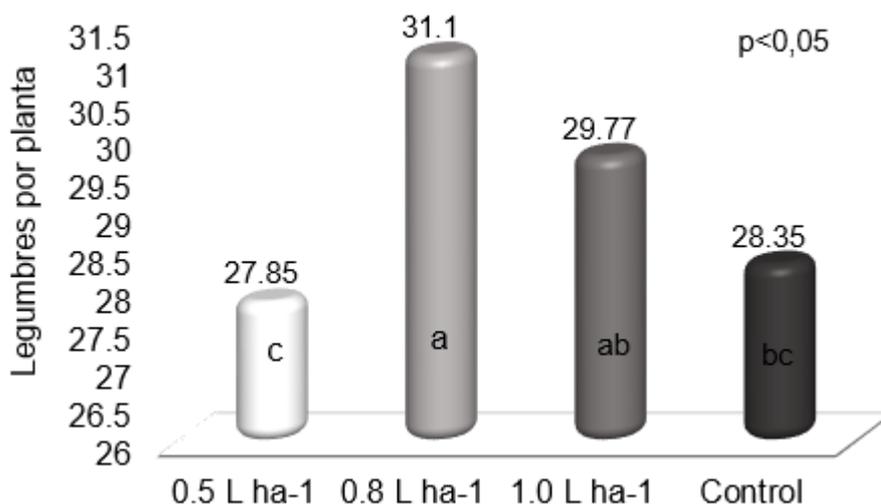
Variable	Normalidad (K-S)	Homogeneidad de varianza (Levene)	Pruebas
Experimento 1			
Legumbres por planta	sí	sí	Anova de un factor y Duncan
Granos por Legumbres			Anova de un factor
Granos por planta			Anova de un factor y Duncan
Rendimiento agrícola			Anova de un factor y Duncan
Masa por planta			Anova de un factor y Duncan
Masa de 100 granos	sí	no	Prueba T para varianzas no homogéneas
Experimento 2			
Longitud del hipocotilo	no	no	Kruskal-Wallis y Mann-Whitney
Longitud del epicotilo	sí	no	Prueba T para varianzas no homogéneas
Longitud de las plántulas			
Longitud de la radícula			
Germinación	–	–	Prueba de hipótesis para proporciones

Se hicieron pruebas T de Students cuando no existía homogeneidad de la varianza y no Kruskal-Wallis como recomienda (Miranda, 2011).



4.1 Efecto del VIUSID agro sobre las legumbres por plantas.

En la figura 4.1 se observa el efecto de los tratamientos en las legumbres por planta. El mejor comportamiento fue del tratamiento donde se aplicó foliarmente ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$) de VIUSID agro con un incremento con respecto al tratamiento control de 9,70 %. El resto de los tratamientos donde se aplicó el producto no difirieron significativamente ($p < 0,05$) de la variante control.



Leyenda: Letras desiguales indican diferencias estadísticas para $p < 0,05$.

Figura 4.1: Efecto de los tratamientos en las legumbres por planta.

El incremento en la producción de frutos del tratamiento provocada con la aplicación de la dosis de ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$) sucede porque el producto contiene en su composición varias sustancias como el sulfato de cinc que es conocido por su efecto favorecedor de los procesos productivos de las plantas sobre todo en la germinación, floración y producción de frutos. Además otro componente es el ácido fólico que actúa como transportador y es importante en el metabolismo de aminoácidos y en la síntesis de bases nitrogenadas requerida para la formación de nuevos tejidos (Catalysis, 2014).

Además Simbaña (2011) plantea que uno de los efectos sobre la planta que pueden producirse al aplicar bioestimulantes con aminoácidos es el efecto hormonal ya que al ingresar los aminoácidos a las plantas estimulan la formación de clorofila, de ácido indolacético (IAA) y a la vez la producción de vitaminas así como la síntesis de numerosos sistemas enzimáticos. La acción combinada de los efectos tróficos y hormonales, suelen traducirse en estímulos sobre la floración y el cuajado de los frutos entre otros.

Por otra parte los α -L-aminoácidos están relacionados con los mecanismos de regulación del crecimiento y desarrollo vegetal, lo que indica el importante papel que tiene la aplicación de ellos (Tecsol, 2003).

4.2 Efecto del VIUSID agro sobre los granos por legumbre.

La figura 4.2 muestra los resultados del efecto de la aplicación del bioestimulante en la producción de granos por legumbre. Se puede observar que no existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos en esta variable.

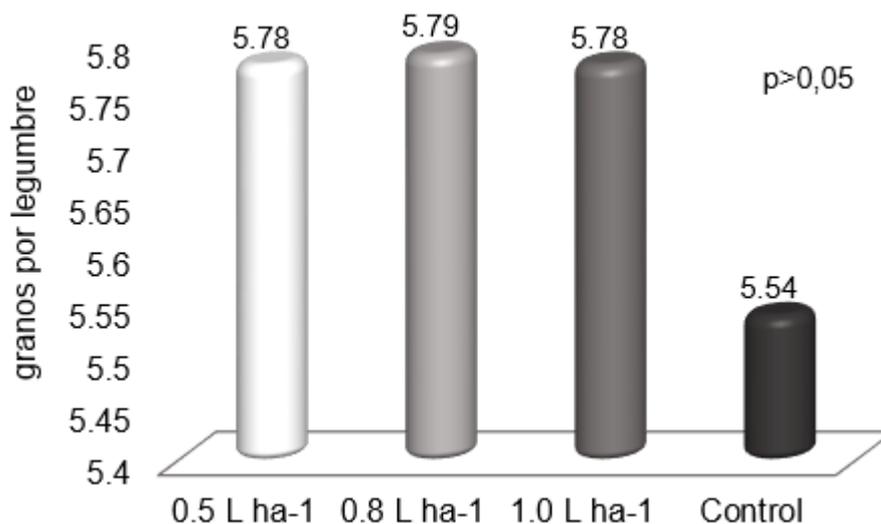
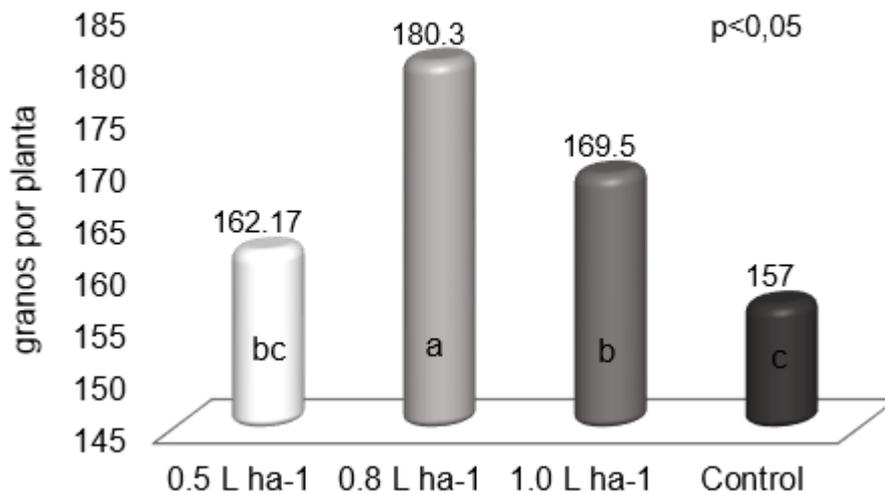


Figura 4.2: Efecto de los tratamientos en los granos por legumbre.

4.3 Influencias del VIUSID agro sobre los granos por planta.

La figura 4.3 reúne los resultados del efecto del producto en los granos por planta. Esta variable está muy relacionada con las vainas por planta y los granos por vaina pues se deriva de ambas. Se observa en la figura que el mejor comportamiento fue el de la variante donde se aplicó ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$) con un incremento con respecto al control de 14,65 %. El tratamiento con la dosis de $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ también difirió significativamente ($p < 0,05$) del control y el incremento fue 7,10 %.

Los granos por planta son el resultado de los granos por legumbres y de la cantidad de legumbres por planta. La primera variable mencionada fue estimulada por el efecto del VIUSID agro y en la segunda aunque no hubo diferencias significativas, numéricamente hubo mayor producción de granos por legumbre. Esto se ve reflejado posteriormente en la producción de granos por planta donde ya si existieron diferencias significativas con respecto al control.



Leyenda: Letras desiguales indican diferencias estadísticas para $p < 0,05$.

Figura 4.3: Efecto de los tratamientos en los granos por planta.

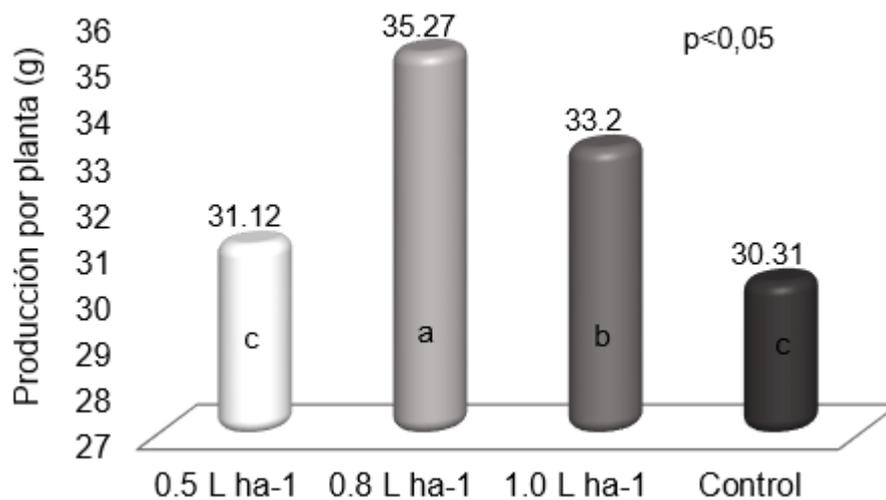
Este comportamiento está relacionado con la composición del producto y el proceso de activación molecular. Uno de sus componentes es el sulfato de zinc del que se conoce que favorece los procesos productivos de las plantas sobre todo en la germinación, floración y producción de frutos (Catalysis, 2014).

Además Simbaña (2011) plantea que uno de los efectos sobre la planta que pueden producirse al aplicar bioestimulantes con aminoácidos es el incremento de la acción combinada de los efectos tróficos y hormonales que suelen traducirse en estímulos sobre la floración y el cuajado de los frutos entre otros.

4.4 Efectos del VIUSID agro en la producción por planta (g).

La figura 4.4 refleja los resultados de la aplicación foliar del VIUSID agro en la producción por planta. El mejor comportamiento como se observa fue del tratamiento con la dosis (0,8 L ha⁻¹). Esta superó al control como promedio en 4,96 g por planta lo que representó un incremento de 16,36 %. La variante de (1,0 L ha⁻¹) también tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al control y el incremento fue < de 9,53 %. El tratamiento donde la aplicación fue de la dosis de (0,5 L ha⁻¹) no difirió significativamente del control.

El aporte de aminoácidos del VIUSID agro es una de las causas de estos resultados beneficiosos de la variable en cuestión ya que según Espasa (2007) los aminoácidos libres no solo constituyen un nutriente, sino que son un factor regulador del crecimiento debido a su rápida absorción, traslación por las partes aéreas y metabolización en la célula. Tienen poder catalizador pues actúan en los mecanismos enzimáticos fundamentales, son transportadores de los microelementos y mejoran la formación de los frutos.



Leyenda: Letras desiguales indican diferencias estadísticas para $p < 0,05$.

Figura 4.4: Efecto de los tratamientos en la producción por planta.

Uno de los aminoácidos que aporta este bioestimulante es la Prolina e Hidroxiprolina que según Mendoza *et al.* (2004) juega un papel fundamental en el equilibrio hídrico en la planta. Además hace posible que la actividad fotosintética se mantenga en condiciones adversas así como que las paredes celulares de la planta se fortalezcan, aumenten la resistencia a las heladas y que la germinación del polen se incremente.

Este último efecto interviene directamente en la formación de semillas por fruto ya que cuando el grano de polen germina, favorece el proceso de doble fecundación y con esto la formación de las semillas.

4.5 Efectos del VIUSID agro en la masa de 100 granos (g).

El efecto de los tratamientos en la masa de 100 granos se observa en la figura 4.5 donde no existieron diferencias significativas entre las variantes donde se aplicó VIUSID agro con respecto al tratamiento control ni entre estas.

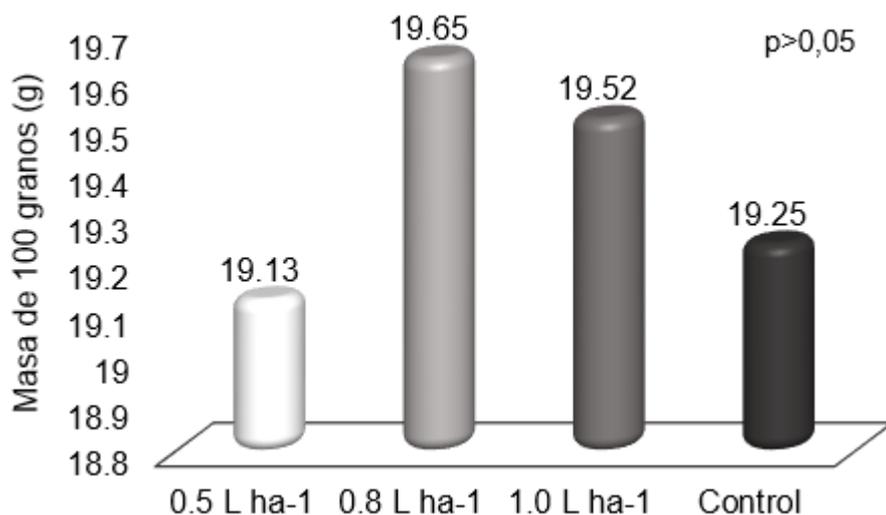
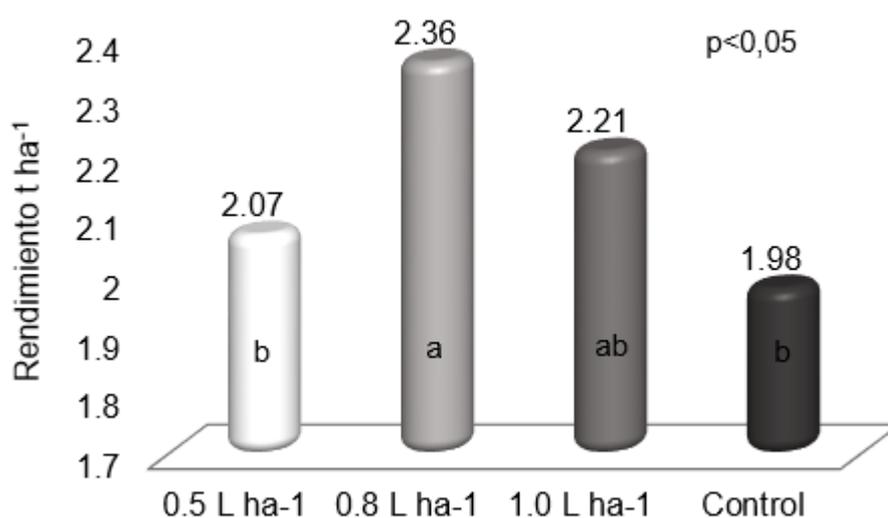


Figura 4.5: Efecto de los tratamientos la masa de 100 granos (g).

4.6 Efecto del VIUSID agro sobre el rendimiento agrícola (t ha⁻¹).

En la variable rendimiento productivo el mejor comportamiento fue el del tratamiento con la dosis (0,8 L ha⁻¹) con un porciento de mejora con respecto al control de 19,19 % y diferencias significativas ($p < 0,05$) además con el tratamiento donde se aplicó la dosis (0,5 L ha⁻¹) al que superó en un 14 % (figura 4.6).

Una de las causas de estos resultados se le atribuye a los reguladores de crecimiento u hormonas vegetales que forman parte del producto aplicado ya que según (Pérez, 2006) plantea que son mensajeros químicos que permiten la coordinación y desarrollo celular. Además son los responsables de la expresión genética y los cambios osmóticos y metabólicos.



Leyenda: Letras desiguales indican diferencias estadísticas para $p < 0,05$.

Figura 4.6: Efecto de los tratamientos en el rendimiento agrícola (t ha⁻¹).

Una de las causas de estos resultados se le atribuye a los reguladores de crecimiento u hormonas vegetales que forman parte del producto aplicado ya que según (Pérez, 2006) plantea que son mensajeros químicos que permiten la coordinación y desarrollo celular. Además son los responsables de la expresión genética y los cambios osmóticos y metabólicos.

Guerrero (2006) plantea que los bioestimulantes inhiben la germinación de las esporas de los hongos, reducen la penetración del patógeno en el interior del tejido vegetal, mejorando así el estado nutricional de la planta y el equilibrio hormonal, Además debido a que en su formulación contienen aminoácidos libres los cuales tienen un bajo peso molecular son transportados y absorbidos rápidamente por la planta, por lo que se ahorra gran cantidad de energía que se concentra luego en el incremento de la producción.

Estos resultados coinciden con Peña *et al.* (2013) quienes aplicaron el VIUSID agro foliarmente en el cultivo del frijol y alcanzaron un incremento de los rendimientos superior al 30 % en todas las variantes con respecto al control.

Peña *et al.* (2014) en el cultivo del frijol realizaron la inmersión de la semilla al 0,02 % durante tres horas y luego la aplicación foliar del producto con diferentes intervalos y lograron incremento de los rendimientos como promedio de las tratadas con el producto con respecto al control de 1,93 t ha⁻¹.

También el cultivo del tomate Peña *et al.* (2014) lograron con la aplicación de la solución de 1,5 mL de VIUSID por cada 5 litros de agua semanalmente incrementos en la producción de frutos de 26,51 % lo que influyó positivamente en el incremento de los rendimientos en 6,36 t ha⁻¹.

4.7. Efecto de los tratamientos en la germinación de la semilla a los 7 días post siembra.

En la figura 4.7 se observa que no hubo diferencias significativas en la germinación de la semilla entre ninguna de las variantes incluido el tratamiento control. Este resultado es muy importante porque la mayor parte de las semillas que emplean los agricultores en Cuba son de sus propias cosechas. Demostrar que el producto no tiene un efecto negativo en esta variable es un resultado favorable porque de afectarse la semilla se vería limitada la cosecha del próximo año, independientemente de la buena producción alcanzada en este.

Según Badstue (2007) las semillas son insumos básicos en los sistemas de producción agrícola y, en zonas de agricultura marginal el autoabastecimiento puede alcanzar hasta el 90 % de las que necesitan los agricultores. El abastecimiento informal de semillas es una

práctica fundamental para los agricultores y desde el punto de vista de su función social y económica, es un elemento clave para enfrentar los retos que plantean las necesidades para lograr el aumento de la producción y alcanzar la seguridad alimentaria.

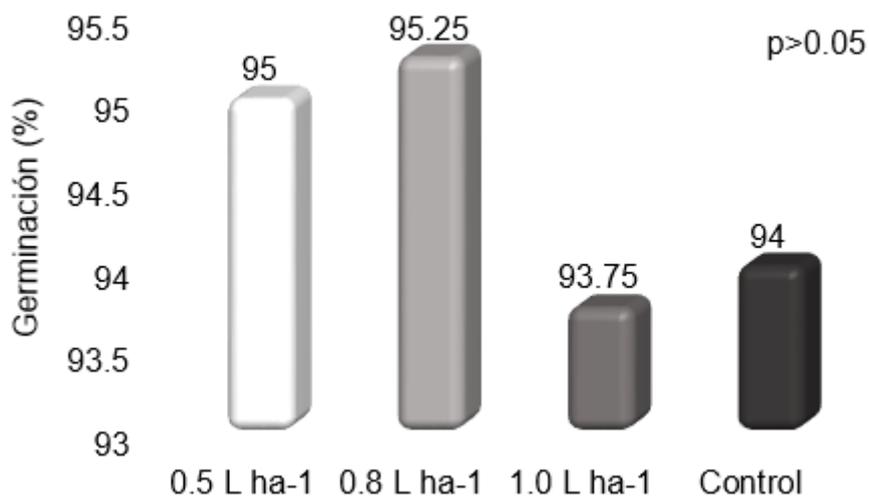


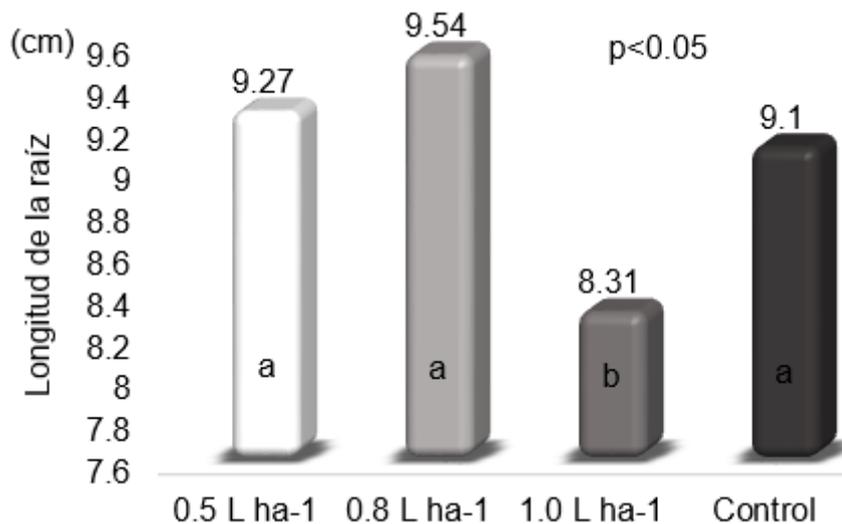
Figura 4.7: Efecto de los tratamientos en la germinación de la semilla a los 7 días post siembra (%).

En este sentido Hermann (2009) plantea que en las regiones estudiadas de Cuba se encontraron variedades de frijol común en las cuales el movimiento de semillas se realizó, en su mayoría, entre las comunidades de cada región y en menor grado con comunidades más alejadas, con predominio de los agricultores que se abastecen con su propia semilla. En la región occidental el 92 % y el 90 %, y en el oriente entre el 88 % y el 93 % de los agricultores se autoabastecen para los cultivos de frijol común y pallar, respectivamente.

Este mismo autor asevera que en Cuba, el predominio de agricultores que contaba con semilla propia estuvo dado, en el caso del frijol común, por la tradición en la alimentación de la población y por su importancia comercial, haciendo que la mayoría de agricultores guardaran semillas para las campañas agrícolas siguientes.

4.8 Efecto del VIUSID agro en la longitud de la raíz.

En la longitud de la raíz el comportamiento menos favorable fue del tratamiento con semillas provenientes de la aplicación foliar de VIUSID agro dosis 1,0 L ha⁻¹ con diferencias estadísticas con el resto de las variantes. Los tratamientos con semillas provenientes de la dosis de 0,5 L ha⁻¹ 0,8 L ha⁻¹ y el tratamiento control no difirieron entre sí (figura 4.8).

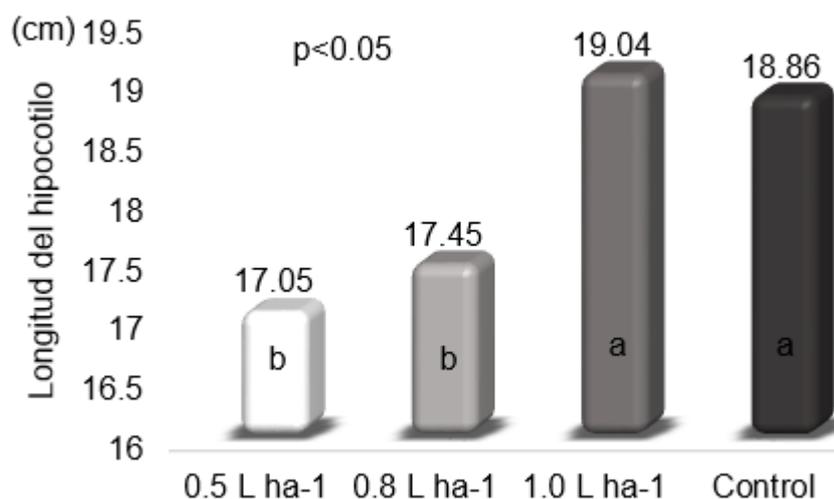


Leyenda: Letras desiguales indican diferencias estadísticas para $p < 0,05$.

Figura 4.8: Efecto de los tratamientos en la longitud de la raíz (cm).

4.9 Efecto del VIUSID agro en la longitud del hipocotilo.

El mejor comportamiento en la variable longitud del hipocotilo lo alcanzaron los tratamientos con dosis de 1,0 L ha⁻¹ y el Control (figura 4.9). El tratamiento de 1,0 L ha⁻¹ superó al tratamiento de 0,5 L ha⁻¹ en 1,99 cm lo que significó un incremento de 11,67 % y al tratamiento de 0,8 L ha⁻¹ en 1,59 cm para un incremento de 9,11 %.



Leyenda: Letras desiguales indican diferencias estadísticas para $p < 0,05$.

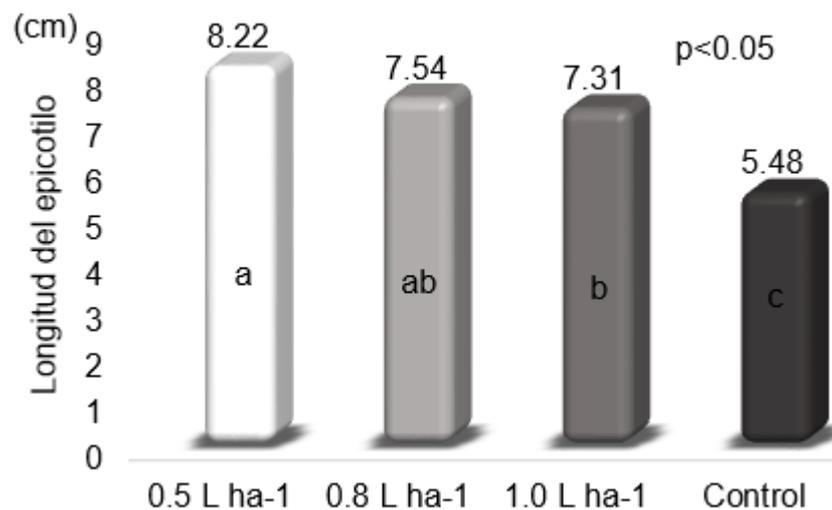
Figura 4.9: Efecto de los tratamientos en la longitud del hipocotilo (cm).

Estos resultados coinciden con Peña y Dorta (2015) que en una investigación similar con semillas provenientes de un ensayo con las mismas dosis en la Cooperativa de Créditos y Servicios Alfredo Ferrer en el municipio de Cabaiguán, provincia Sancti Spiritus Altitud: 133 m, Latitud 22° 04' 44" N, Longitud 079° 29' 57" O. Obtuvieron que no se afectó el crecimiento del hipocotilo en semillas provenientes de una plantación tratada con VIUSID agro.

4.10 Efecto del VIUSID agro en la longitud del epicotilo.

El efecto de los tratamientos en la longitud del hipocotilo aparece en la (figura 4.10). El mejor comportamiento en esta variable fue alcanzado por el tratamiento de 0,5 L ha⁻¹ con diferencias significativas con el tratamiento de 1,0 L ha⁻¹ y el control y el incremento con respecto a estos fue de 12,45 % y 50 % respectivamente.

El tratamiento con semillas provenientes de la aplicación foliar de 0,8 L ha⁻¹ difirió significativamente del tratamiento control con un incremento de 37,59 %.



Leyenda: Letras desiguales indican diferencias estadísticas para $p < 0,05$.

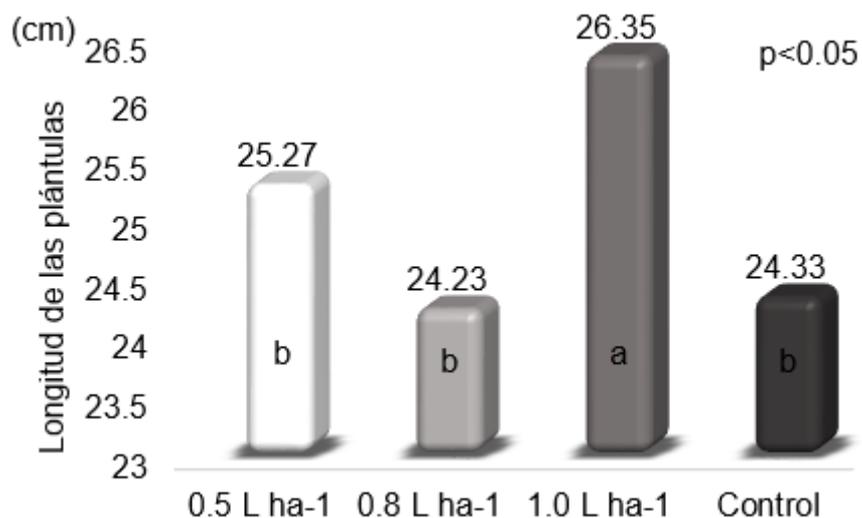
Figura 4.10: Efecto de los tratamientos en la longitud del epicotilo (cm).

Estos resultados coincidieron con Peña y Dorta (2015) quienes obtuvieron los mejores resultados en la longitud del epicotilo en semillas proveniente de plantas tratadas con las dosis de 0,5 L ha⁻¹ y 0,8 L ha⁻¹ con una longitud de 9,25 y 9,76 cm.

Peña y Rodríguez (2015) en un estudio similar con semillas provenientes de plantas tratadas con las mismas dosis de este experimento aunque no hubo diferencias estadísticas en esta variables entre las variantes el mayor valor alcanzado en esta variable fue de los tratamientos de 0,5 L ha⁻¹ y 0,8 L ha⁻¹ con valores de 11,26 y 11,81 cm respectivamente.

4.11 Efecto del VIUSID agro en la longitud de las plántulas.

En la longitud de las plántulas el mejor comportamiento fue del tratamiento de 1,0 L ha⁻¹ que difirió significativamente del resto de las variantes. El incremento con respecto al tratamiento de 0,5 L ha⁻¹ fue de 4,27 % con respecto al de 0,5 L ha⁻¹ de 8,75 % y al tratamiento control de 8,30 %.



Legenda: Letras desiguales indican diferencias estadísticas para $p < 0,05$.

4.11 Efecto de los tratamientos en la longitud de las plántulas.

Peña y Rodríguez (2015) en un estudio similar con semillas provenientes de plantas tratadas con las mismas dosis de este experimento no hubo diferencias estadísticas en esta variable. Sin embargo Peña y Dorta (2015) tuvieron el mejor comportamiento en semillas provenientes de las dosis 0,5 L ha⁻¹ y 0,8 L ha⁻¹.

Lo más importante en este sentido más que las diferencias que puedan existir entre un tratamiento y otro es que se determinó que el producto de manera general no afectó el crecimiento de las plántulas.



- El promotor del crecimiento activado molecularmente VIUSID agro favoreció el comportamiento productivo del cultivo del frijol. El mejor comportamiento fue alcanzado con la dosis de 0,8 L ha⁻¹.
- La aplicación foliar del VIUSID agro en el cultivo del frijol no afectó la germinación de las semillas ni el crecimiento inicial de las plántulas.



- ❖ Usar la dosis de 0,8 L ha⁻¹ del promotor del crecimiento activado molecularmente VIUSID agro en el cultivo del frijol variedad Pílon.



- Álvarez, C. Nancy. (2014). Comportamiento agroproductivo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes frecuencia de aplicación del VIUSID agro. Trabajo de diploma no publicado. Facultad Agropecuaria. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez".
- Araya, C. M. (2003). Coevolución de interacciones hospedante - patógeno en frijol común. *Fitopatología. Brasileña*, 28 (3).
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2000). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Mc Graw Hill Interamericana de España SAU.
- Badstue, L.B., Bellon, M., Berthaud, J., Ramírez, A., Flores, D., Juárez, X. & Ramírez, F. (2006). Collective action for the conservation of on-farm genetic diversity in a center of crop diversity: An assessment of the role of traditional farmers' networks. CAPRI Working Paper # 38. IFPRI.
- Baudoin, J. P., Vanderboght, T. (2001). Colecta, caracterización y utilización de la variabilidad genética en el germoplasma Chileno de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Production in Africa: Edited by Romain H. Raenoekers. DGIC. pp.p:317-334.*
- Beebe, S. E., Skroch, P. W., Tohme, J., Duque, M.C., Pedraza, F. & Nienhuis, J. (2000). Structure of genetic diversity among common bean landraces of Middle American origin based on correspondence analysis of RAPD. *Crop Science* 40, 264-273.
- Cabrera, C. (2007). *Se puede vivir en Ecopolis*. 20 ed. Ecuador: Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre, p. 8-11.
- Catalysis. (2013). Datos técnicos de VIUSID agro. Ficha técnica.
- Catalysis. (2014). VIUSID agro, promotor del crecimiento. Extraído el 20 de marzo 2014 desde <http://www.catalysisagrovete.com>
- Celis, V. R., Peña, V. C. B., Luna, C. M., Aguirre, R. J. R., Carballo, C. A. y Trejo, L. C. (2008). Variabilidad morfológica seminal y del vigor inicial de germoplasma mejorado de frijol. *Agronomía mesoamericana*, 19 (2), 179-193.
- Companioni, G. E. R. (2012). Fertilización orgánica y mineral para el frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) variedad Velasco Largo en un suelo pardo sin carbonatos en la CCSF Emilio Obregón. Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo no publicada. Universidad de Sancti Spíritus José Martí. Departamento de agronomía. Cuba.

- Dibut, A. B. (2009). Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Ciudad de La Habana, Cuba. Primera edición, Editorial Universitaria. 113 pp.
- Engleman, E. M. (1991). Antecedentes; en E. Mark Engleman (Editor), Contribuciones al conocimiento de frijol (*Phaseolus*) en México, Colegio de Postgraduados, Chapingo Mex, pp. 15–18.
- Espasa, R. (2007). La fertilización foliar con aminoácidos. Extraído el 22 de marzo 2014 desde <http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revista/pdfhort/hort1983123335.pdf>
- FAO. (1998). World Reference Base for Soil Resources. Roma: FAO.
- FAO. (2008). Base de datos estadísticos. Extraído el 26 de septiembre de 2008 desde <http://www.fao.org>.
- Fonseca, F. R., Molinet, S. D., Arias, R. F., Agüero, F. Y. y Torres, V. M. (2013). Efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares (*cepa Glomus fasciculacum*) y la materia orgánica en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Granma Ciencia 17(2).
- González, A. (2001). Prevención y tratamiento antitumoral, antiviral y de otras enfermedades degenerativas. Departamento científico Catálisis S.L. Madrid, España.
- Guerrero, CH. A. H. (2006). Efecto de tres bioestimulantes comerciales en el crecimiento de los tallos de proteas, (leucadendron sp cv. Safari Sunset). Extraído el 5 de febrero 2014 desde <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/190/2/03%20AGP%2024%20DOCUMENTO%20DE%20TESIS.pdf>
- Hermann, M., Amaya, K., Latournerie, L., y Castiñeiras, L. (2009). ¿Cómo conservan los agricultores sus semillas en el trópico húmedo de Cuba, México y Perú? Experiencias de un proyecto de investigación en sistemas informales de semillas de chile, frijoles y maíz. Bioersity International, Roma, Italia.
- Hernández, C. Y. (2011). Comportamiento agronómico de 13 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a partir de la selección participativa en dos fincas del municipio de La Sierpe. Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo no publicada. Universidad de Sancti Spíritus José Martí. Departamento de agronomía. Cuba.

- Herrera, F. T. S., Cárdenas, S. E., Ortiz, C. J., Acosta, G. J. A. y Mendoza, C. M. (2005) «Anatomía de la vaina de tres especies del género *Phaseolus*». *Rev. Agrociencia*. 39 (6): 595–602.
- ITESM. (2004). Diagnóstico nacional y estatal sobre problemática y perspectivas de la producción de frijol en los estados de Sinaloa y Zacatecas, FAO–SAGARPA. México. 81 p.
- Jacinto, H. H. C., Hernández, S. H. S., Azpiroz, R. J. A., Acosta, G. I. y Bernal, L. (2002). «Caracterización de una población de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales», *Rev. Agrociencia*, 36 (4), 451–459.
- Lodish, J. (2005). *Biología celular y molecular*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Martínez, R. V. (2014). El uso de los biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica. La Habana: INCA.
- Meléndrez, J. F. y Expósito, P. O. (2013). Utilización de tres dosis de VIUSID agro en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el municipio de Taguasco. Manuscrito no publicado.
- Meléndrez, J. F. y Cabrera, L. O. (2013). Utilización de tres dosis de VIUSID agro en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), después del corte del principal en el municipio Taguasco. Manuscrito no publicado.
- Meléndrez, J. F. y Hernández, A. (2013). Utilización de tres dosis de VIUSID agro en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en el municipio Taguasco. Manuscrito no publicado.
- Meléndrez, J. F. y Lorenzo, B. Odalis. (2013). Utilización de tres dosis de VIUSID agro en el cultivo del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia Sancti Spíritus. Manuscrito no publicado.
- Meléndrez, J. F. y Maceda, O. L. M. (2013). Utilización de VIUSID agro, Bayfolán forte y FitoMas-E en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en el municipio de Taguasco. Manuscrito no publicado.
- Meléndrez, J. F. y Pérez, N. (2013). Utilización de tres dosis de VIUSID agro en semillero de cebolla (*Allium cepa* L.) en el municipio Taguasco. Manuscrito no publicado.
- Mendoza, H., Ljubetic, D. y Sosa, J. (2004). Aminoácidos. Extraído el 28 de marzo 2014). Desde <http://www.uvademesa.cl/ARCHIVOS%20pdf/aminoacidosHMDJJASAAbril04.pdf>

- Miklas, N. P., Kelly, J. D, Beebe, S. E. & Blair, M. W. (2006). Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical to MAS breeding. *Euphytica*, 147, 105–131.
- MINAG. (2010). Ministerio de la agricultura, Instituto de investigaciones de granos, Instituto de investigaciones del tabaco. Guía técnica del cultivo del frijol común. 12 p.
- Miranda, C. I. (2011). Estadística aplicada a la Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Sanidad agropecuaria. La Habana, Cuba. 173 p.
- Muralles, LL. A. de J. (2011). Evaluación del efecto bioestimulante y nutricional de global organic® con diferentes frecuencias de aplicación sobre el rendimiento del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y servicios prestados en finca Sejú, el Estor, Izabal. Extraído el 2 de mayo 2014 desde <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3762/1/CD-3336.pdf>
- ONE. (2010). Producción agrícola por cultivos seleccionados de la agricultura no cañera. Sector no estatal. Anuario estadístico de Cuba, diciembre 2010, nº 3.
- ONE. (2011). Producción agrícola por cultivos seleccionados de la agricultura no cañera. Sector no estatal. Anuario estadístico de Cuba, diciembre 2011, nº 3.
- Ortiz, R., Ríos, H., Ponce, M. y Verde, G. (2006). El mejoramiento participativo. Mecanismo para la introducción de variedades para la producción alimenticia en fincas y cooperativas agrícolas. *Centro Agrícola*, 33 (3), 12-22.
- Paredes, L. O., Guevara, L. F. y Bello, P. L. A. (2006). Los alimentos mágicos de las culturas mesoamericanas, Fondo de Cultura Económica, 205 p.
- Peña, C. K. y Dorta, H. R. (2015). Comportamiento de la germinación y el crecimiento de las plántulas en semillas procedentes de una plantación de frijol tratada con VIUSID agro. Manuscrito no publicado.
- Peña. C. K. y Rodríguez, M. D. (2015). Efectos del VIUSID agro en el comportamiento de la germinación y el crecimiento de las plántulas en condiciones in vitro. Manuscrito no publicado.
- Peña, C. K, Meléndrez, J. F. y Rodríguez, F. J. C. (2014). Comportamiento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente VIUSID agro. Manuscrito presentado para publicación.
- Peña, C. K., Meléndrez, J. F. y Rodríguez, F. J. C. (2014). Comportamiento de la germinación y la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ante la aplicación de un

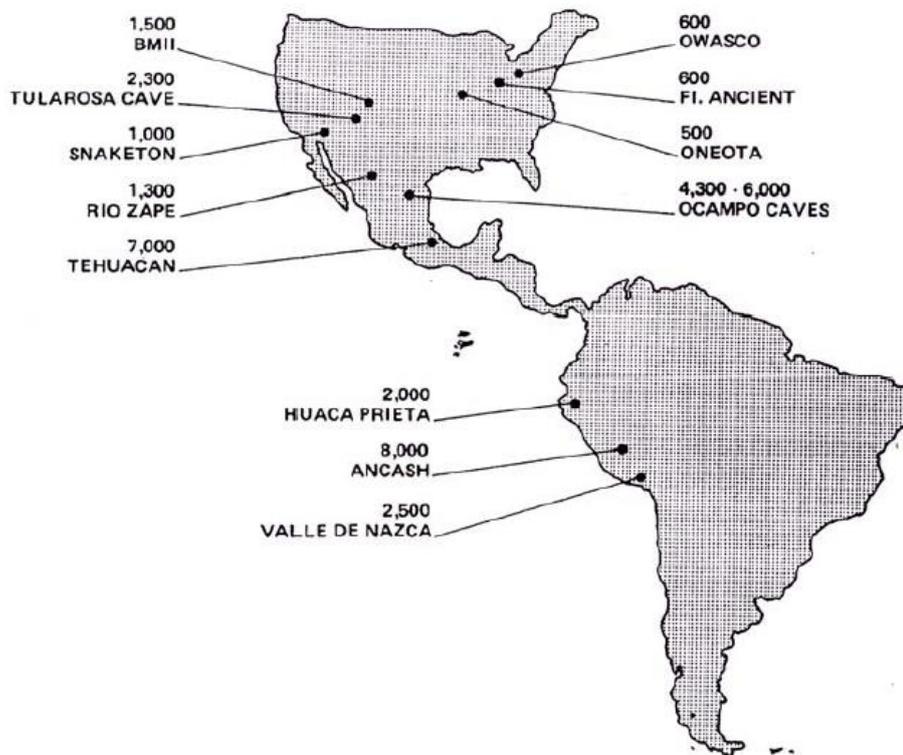
promotor del crecimiento activado molecularmente. Manuscrito presentado para publicación.

- Peña, C. K., Meléndrez, J. F. y Rodríguez, F. J. C. (2014). Comportamiento de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente. Manuscrito no publicado.
- Peña, C. K., Meléndrez, J. F. y Rodríguez, F. J. C. (2014). Efecto del VIUSID agro en la germinación del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y el crecimiento de las plántulas en condiciones *in vitro*. Manuscrito no publicado.
- Peña, E. (2002). Producción de abonos orgánicos para la agricultura urbana. Compost. Lombricultura. Plegable. La Habana, Cuba: ACTAF,
- Pérez, J. (2006). Cultivo *in vitro* de plantas y sus aplicaciones en agricultura. Santa Cruz de Tenerife: ARTE Comunicación Visual S. L.
- Pérez. H. P., Esquivel E. G., Rosales S. R. y Acosta G. J. A. (2002). «Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano sub-húmedo de México», Rev. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52 (2), 172–180.
- Quintero, F. E., Gil, D. V., Ríos L. H., Martínez, C. M. y Díaz C. M. (2006). El fitomejoramiento participativo del frijol y su impacto en la introducción de caracteres positivos a los sistemas agrícolas de Villa Clara. *Centro agrícola*, 33 (3), 41-46.
- Quintero, F. E., Gil D., Guzmán P. y Saucedo C. (2004). Banco de germoplasma de frijol del CIAP: fuente de resistencia a la roya. Workshop Cuba-Bélgica, Facultad. Ciencias Agropecuarias, Universidad Central de Las Villas Marta Abreu.
- Reyes, R. E. Padilla, B. L. E., Pérez V. O. y López, J. P. (2008). Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol. *Investigación Científica*, 4 (3) ,1-21.
- Rodríguez, L. y Fernández, X. (2004). Los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) una contribución a la dieta en Costa Rica. Costa Rica: *Agronomía Mesoamericana*, 36 (3), 3-10.
- Rodríguez, O., Chaveco, O., Ortiz, R., Ponce M., Ríos H., Miranda, S., Días, O., Portelles, Y., Torres, R. y Cedeño, L. (2009). Evaluación del comportamiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía, en condiciones de riego y sin riego, e incidencia de enfermedades. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13 (38), 17 – 26.
- Salinas, M. Y., L. Rojas, H. L., E. Sosa, M. y P. Pérez, H. (2005). «Composición de antocianinas en variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en México», Rev. *Agrociencia*, 39 (4), 385–394.

- Sanz, E. (2014). Activación molecular. Departamento de científico laboratorios Catalysis.
- Serrano J. y Goñi. I. (2004). Papel del frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en el estado nutricional de la población guatemalteca. Rev. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54 (1), 36–46.
- Simbaña, C. C. L. (2011). Estudio de las propiedades físicas y funcionales de un hidrolizado enzimático de proteína a escala piloto y su aplicación como fertilizante. Extraído el 20 de mayo 2014 desde <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3762/1/CD-3535.pdf>
- Socorro, M. A. y Martín, D. (1989). Granos. Editorial Talleres gráficos de la dirección de publicaciones y materiales educativos. Instituto Politécnico Nacional. México, cap.2 pp. 1-53.
- Solano, C. F., Díaz, R. R., Jacinto, H. C., Aguirre, Á. L. y Huerta, de la P. A. (2009). Prácticas agrícolas, descripción morfológica, proteínica y culinaria del grano de cultivares de frijol sembrados en la región de Tlatzala, Guerrero. Ra Ximhai, 5 (2), 187 -199.
- Soriano, B. E. L. (2006). El uso del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) como planta medicinal Tesina del Diplomado de Tlahui-Educa. Medicina Tradicional de México y sus Plantas Medicinales. 46pp.
- Tecsol. (2003). Aminoácidos Tecsol, Bogotá, Colombia. Extraído el 2 de marzo de 2013 desde <http://www.tecsol@007mundo.com>
- Tsavkelova, E. A., Klimova, S. Y., Cherdyntseva, T. A. & Netrusov, A. I. (2006). Microbial producers of plant growth Stimulators and their practical use. A. review. Applied Biochemistry and Microbiology, 43, 117-126.
- Vademecum Agrícola. (2002). Bioestimulantes, Ecuador. pp 540 – 541, 662 - 663.
- Vázquez, E. y Torres, S. (2007). Fisiología vegetal. Parte 2. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. 173 pp.
- Voysset, V. O. (2000). Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Centro Americano de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 195 p.
- Voysset, V. O. (1983). Variedades de frijol en América Latina y su origen, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 86 p.
- Wikipedia, (2012). Giberelinas, germinación. Wikipedia portátil.



Anexo 1: Ubicación geográfica de los principales hallazgos de frijol común.



Fuente Hidalgo, 1985 citado por Reyes, 2008.