

Titulo: Resultados preliminares de la influencia de *Canavalia ensiformis* inoculada con Hongos Micorrizicos Arbusculares en el Cultivo del Tabaco Negro.

Autores: Ing. Alain Pacheco Hernández ⁽¹⁾ alain1279@nauta.cu

MSc. Milagros Garcia Rubido ⁽²⁾ investigacion6@eetsj.co.cu

Dr.C Dagoberto Paz Falcón ⁽¹⁾ dpaz@upr.edu.cu

MSc. Armando del Busto Concepción. ⁽¹⁾ armando@upr.edu.cu

⁽¹⁾ - Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca, Martí No. 270.

⁽²⁾ - Estación Experimental del Tabaco en Pinar del Río, San Juan y Martínez, Vivero.

INTRODUCCIÓN

El tabaco es un cultivo muy sensible a la disponibilidad de nutrientes y sufre considerables variaciones en rendimiento y calidad como consecuencia de la fertilización, Tso (1990). La fertilización mineral es esencial para el desarrollo de los cultivos y se considera la forma más ampliamente conocida y empleada, de satisfacer las necesidades nutricionales de estos, sin embargo, su costo es cada vez más elevado e inalcanzable para el productor y asociado a lo anterior está el riesgo ecológico que causan por contaminación del suelo y el agua, por su manejo inadecuado (Martínez *et al.*, 1997; Cruz *et al.*, 2012).

El uso de especies de abonos verdes como fuente alternativa de incorporación de nutrientes y el empleo de biofertilizantes a base de hongos micorrizicos arbusculares para mejorar la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes por los cultivos y multiplicación de estos hongos a través del cultivo de los abonos verdes, son opciones, que permiten incrementar la producción agrícola de forma ecológica y que sustituye en gran medida la utilización de los fertilizantes nitrogenados (Martín *et al.*, 2007).

En las condiciones de Cuba la utilización de *Canavalia ensiformis* como abono verde, es capaz de aportar más de 150 kg ha⁻¹ de N y hasta 5 t ha⁻¹ de masa seca, además de elevar sosteniblemente los rendimientos de cultivos tan diversos como maíz, papa, calabaza, malanga, entre otros (García *et al.*, 2002). Al mismo tiempo, los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) son microorganismos que permiten mejorar el desarrollo de los cultivos, cuando interactúan con las plantas, creando simbiosis entre sí. También están presentes en cerca del 95% de los cultivos agrícolas y pueden aumentar los procesos de absorción y traslocación de nutrientes en las plantas (Rivera y Fernández, 2003).

Además estos hongos constituyen vías alternativas para la nutrición de las plantas, al incrementar su crecimiento y desarrollo, con efectos positivos sobre los rendimientos de los cultivos (Sánchez *et al.*, 2011).

En la actualidad, incrementar la productividad de las plantas cultivadas de manera sostenible, con baja cantidad de insumos es una necesidad inmediata (Fundora *et al.*, 2011). De igual manera se considera un aspecto de gran importancia en la agricultura garantizar los requerimientos nutrimentales de los cultivos y resulta imprescindible la búsqueda y evaluación de fuentes alternativas de fertilización, que permitan obtener niveles adecuados de rendimientos y calidad de los diferentes cultivos (Morales *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista productivo en la provincia de Pinar del Río ha sido poco estudiado el uso de especies de abonos verdes como *Canavalia ensiformis* y la

utilización de HMA, como fuentes alternativas que permitan mejorar la productividad del tabaco negro cuando se cultiva al sol como cultivo sucesor.

A partir de estos criterios se propone el siguiente **problema científico**:

¿Cómo influye la utilización de *Canavalia ensiformis* (L.) y HMA en la reducción del fertilizante mineral sin afectar los rendimientos y calidad del tabaco negro cuando se cultiva al sol?

A partir de lo anteriormente expuesto se desarrolló el trabajo experimental basado en la siguiente **Hipótesis**:

La utilización de *Canavalia ensiformis* (L.) como cultivo antecesor y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) reduce la fertilización mineral y mejora rendimientos y calidad en el cultivo del tabaco negro al sol.

Objeto:

El sistema de producción de tabaco negro al sol ensartado.

Objetivo General:

Cuantificar los aportes en nutrimentos que realiza *Canavalia ensiformis* inoculada con HMA, su efecto en los rendimientos del tabaco negro al sol y la respuesta de este cultivo a diferentes dosis de fertilización mineral.

Objetivos Específicos:

- 1- Evaluar el efecto de *Canavalia ensiformis* (L.) inoculada con HMA como abono verde en los aportes de nutrientes al suelo.
- 2- Determinar la influencia de *Canavalia ensiformis* (L.) inoculada con HMA como cultivo alterno con tabaco y la respuesta de este cultivo a diferentes dosis de fertilización mineral.
- 3- Valorar económicamente los resultados obtenidos en la investigación.

CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1. Generalidades del cultivo.

El tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) según afirmaciones de Díaz (1993) y Cuba (1999), es una planta puramente americana, desconocida en Europa en el momento del encuentro con las culturas del nuevo mundo. En este sentido (Akehurst, 1973) manifestó que existe otra teoría, la cual señala que el tabaco es originario de China. Sin embargo, esta es refutada por los datos aportados por los estudios botánicos, filogenéticos y las referencias brindadas por la Mitología Indígena Americana.

1.1.1 Características botánicas de la planta de tabaco.

El tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) pertenece a la familia *Solanaceae*, género *Nicotiana*, es una de las mayores divisiones de esta familia. Valdés de la Cruz *et al.* (2010) describe alrededor de 76 especies que se encuentran agrupadas en tres subgéneros: *tabacum*, *rústica* y *petunioides*. Esta planta se caracteriza por presentar un sistema radical pivotante, propio de las dicotiledóneas (Choteau, 1971), el crecimiento de las raíces está influido profundamente por la textura, estructura del suelo y la tecnología de cultivo, encontrándose el 98 % y el 100 % de su volumen radical ubicado en los primeros 30 centímetros de suelo. El tallo presenta una forma cilindro cónica y la zona basal es la de mayor engrosamiento (Akehurst, 1973).

Marí y Hondal (1984) se refirieron que la hoja es el “fruto agrícola” de la planta de tabaco y que una de sus características más importantes es la variación de su composición química en dependencia de su posición en el tallo. Es la parte del vegetal que contiene los mayores porcentajes de elementos nutricios, con la excepción del fósforo, que se encuentra en mayor proporción en las raíces, sus hojas superiores son más ricas en nicotina y nitrógeno total y no presentan mucha variación en los contenidos de potasio, en tanto que, las hojas de mejor equilibrio en la composición química, son las ubicadas en la zona central del tallo según reportó (Akehurst, 1973).

Características de la variedad “Criollo 98”.

La variedad “*Criollo 98*” se origina de un cruzamiento entre las variedades *Habana 92* y *Habana P.R.* Cuando se planta al sol desarrolla de 14-16 hojas útiles por planta y alcanza una altura promedio con inflorescencia de 150-160 cm, por la pequeña altura y al poseer una distancia entrenudos media de sólo 5 cm, se distingue del resto de las variedades de tabaco negro cubanas. La hoja mayor presenta una longitud media de 48-52 cm y un ancho de 24-28 cm. Su rendimiento potencial medio cultivada al sol ensartado es de unos 1,7 t ha⁻¹ y al sol en palo de 2,7 t ha⁻¹. Es resistente al moho azul, la pata prieta y el virus del mosaico del tabaco y moderadamente resistente a la necrosis ambiental. Se recomienda para cultivo bajo tela, al sol ensartado y al sol en palo. Cultivada al sol ensartada tiene alto rendimiento en capote (Bustio, 2004).

1.1.2 Requerimientos nutricionales del cultivo.

De acuerdo con Akehurst (1973) dentro de los requerimientos nutricionales además del nitrógeno, el fósforo y el potasio, el calcio y el azufre están presentes en la planta en cantidades notables y son considerados nutrientes mayores, pero su importancia queda ocultada por el hecho de que, o bien son raramente deficitarios en el suelo o bien son aplicados en cantidad suficiente por los mismos portadores utilizados que aportan N, P y K. También el magnesio puede ser necesario en cierta cantidad, pero puede ser suministrado separadamente, aunque por lo general integra las formulaciones comerciales. Todos los demás elementos están clasificados y actúan como nutrientes secundarios.

Las dosis suministradas al cultivo en la actualidad para el tipo de tabaco negro cultivado al sol, son de 120 Kg ha⁻¹ de N; 60 Kg ha⁻¹ de P y 160 Kg ha⁻¹ de K y 30 kg ha⁻¹ de Mg. Además se aplican microelementos y Bayfolan a razón 1.5 L ha⁻¹ y aplicaciones de Carbonato de calcio a 3 Mg ha⁻¹ cuando hace falta la corrección de pH, siguiendo las normas técnicas del cultivo, según MINAG (2012).

1.1.3 El cultivo en la región de San Juan y Martínez. Importancia económica.

La agricultura tabacalera se desarrolla en 13 de las 15 provincias del país incluyendo, el municipio especial Isla de la Juventud, sólo en tres de las provincias, Pinar del Río, 58.9%, Villa Clara, 11.8%, y Sancti Spíritus, 11.8%, se cosecha más del 80% de la hoja del tabaco cubano (TABACUBA, 2001). Donde más del 90% de la hoja de tabaco negro se cultiva en áreas muy delimitadas de las regiones de Vuelta Abajo, provincia de Pinar del Río.

La región de San Juan y Martínez está ubicada en la llanura suroccidental de la provincia de Pinar del Río, es conocida universalmente como la Meca del Tabaco, son estas, en realidad, las tierras donde se cultivan las hojas del famoso tabaco

Habano, tan demandado y apetecido por el fumador. Este cultivo es el renglón fundamental del municipio y de él depende el 95 % de la economía de la región. Casi todo el tabaco cubano, mayoritariamente negro y de curado al aire, se destina al sector élite del mercado del tabaco, la producción de tabaco Habanos y dentro de ellos los Premium. De aroma y sabor inigualables, de calidad superior y también de precio elevado.

1.1.4 Clima y Suelo. Particularidades de la región de San Juan y Martínez.

En todas las regiones del planeta ocurren los cambios globales, incidiendo principalmente en las zonas tropicales, donde las variables del clima (altas temperaturas, humedad y lluvias con alta intensidad), la aplicación de grandes paquetes tecnológicos en la agricultura, propician el incremento de estos problemas (Morell *et al.*, 2006). Estos factores conllevan a una rápida destrucción de la materia orgánica del suelo, con el subsecuente deterioro de la estructura de su capa superficial arable (Durodoluwa *et al.*, 1999), influyendo en el ecosistema, principalmente en el suelo y sus propiedades, así como en los rendimientos agrícolas de los cultivos.

En el comportamiento inestable de la producción tabacalera cubana de las últimas décadas han influido un conjunto de factores: dentro de ellos se encuentra la sensibilidad de este cultivo a las enfermedades y afectaciones biológicas. Por ejemplo: constituyen verdaderos azotes para el cultivo enfermedades tales como el virus del mosaico del tabaco, la pata prieta, el moho azul, el orabanche y la necrosis ambiental, cuyo origen se vincula a los niveles de ozono en la atmósfera (Peña, 2001).

El efecto de las bajas concentraciones de ozono contaminantes que no ocasionan necrosis al cultivo del tabaco, pueden provocarle pérdidas en los rendimientos al reducir la capacidad fotosintética, adelantar la floración y la senescencia y disminuir los contenidos de alcaloides totales (Pell, 1997).

Otras afectaciones del entorno natural que atentan seriamente contra el cultivo son las de índole climatológico, sobre todo los ciclones y las sequías. Por ejemplo, la cosecha de tabaco 2001/2002 fue muy afectada por el huracán Lili e Isidore en su tránsito por esta región occidental, y la recurrente sequía en la década de los noventa dejó su impronta en los niveles de producción y rendimiento de todos los cultivadores de tabaco.

Esta región se caracteriza por tener suelo en el territorio con pendientes ligeramente onduladas, donde predominan pendientes máximas del 5% y mínima del 1%, media del 3% en la llanura sur de este municipio. Se caracterizan por ser suelos de profundidad efectiva inferior a los 50 cm, con buen drenaje superficial y drenaje interno moderado. La roca madre formadora es de origen metamórfica (Cabrera, 2003).

Las tecnologías tradicionales empleadas en el cultivo del tabaco mediante prácticas de manejo caracterizadas por el intenso laboreo han conducido el suelo a la exposición a factores erosivos (Bouza *et al.*, 1981).

En los suelos tropicales, los procesos de transformación de sus propiedades, inducidos por el cambio de uso de la tierra y subsiguiente explotación inadecuada, conllevan a la ruptura de agregados y pérdida de su estructura (Hernández *et al.*, 2006), lo que implica la degradación del recurso. En la que influyen numerosos factores (mineralogía del suelo, clima, contenido de materia orgánica y tecnología

de cultivo). Estos factores pueden intervenir favorable o desfavorablemente en la estructura del suelo.

Los principales problemas de degradación del medio, están íntimamente relacionada con las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos, en los que ocurren una serie de complejos procesos.

Estudios realizados por Cabrera (2003) demostraron que las pérdidas de suelo que se producen anualmente están favorecidas por las características del mismo, al tener una topografía ondulada que favorece el proceso de degradación por erosión; el autor en esos estudios arribó a la conclusión que para resolver el problema y detener la degradación de los suelos dedicados al cultivo del tabaco en la región, es necesario aplicar un manejo y uso integrado del suelo que incremente su productividad y restablezca el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

Como resultado de la degradación, entre otros efectos, se han observado desbalances nutricionales que determinan que los rendimientos y la calidad de las variedades comerciales de tabaco y otros cultivos no alcancen los valores potenciales (Cabrera, 2003; Guerra, 2005).

1.1.5 Sistemas de alternancia de cultivo en tabaco.

En Cuba, gran parte de los suelos dedicados a la producción tabacalera, cada año se ven más afectados en sus propiedades físicas y químicas debido a un mal manejo, lo que implica el incumplimiento de programas de mejoramiento y conservación de forma sistemática, con rotaciones de cultivos que sean adecuados para el suelo, y puedan ayudar al control de plagas, enfermedades y plantas indeseables.

El monocultivo es el sistema de manejo tradicional para los suelos tabacaleros, con consecuencias desfavorable para sus propiedades a lo largo de los años, centradas fundamentalmente en las afectaciones en los contenidos de nutrientes de los suelos y por tanto su fertilidad; y el detrimento de la cantidad y calidad de las producciones de tabaco (Guerra, 2005).

El reemplazo del monocultivo en áreas tabacaleras y sustituirlo por métodos científicamente fundamentados para la conservación de los suelos, elevar las producciones y la calidad del tabaco, en las principales zonas tabacaleras de la provincia, ha sido un reto que se ha llevado a cabo desde la década de los 90, convertido en una estrategia para lograr la explotación intensiva de los suelos, alcanzando producciones altas, estables, sin afectar e incluso incrementar los rendimientos de este cultivo, que permitirá una adecuada cobertura geopolítica y socioeconómica en la región (Guerra, 2005).

1.1.6 Experiencias en el uso de cultivos alternos en el tabaco.

El cultivo, sus formas, la rotación y especies escogidas para la explotación del suelo, tiene gran importancia, pues es necesario simultanear esta explotación económica del suelo con su conservación y no es lógico ni posible separar en el tiempo estas dos actividades (Linuesa, 1987; Guerra, 2005).

La rotación y alternancia de cultivos conducen a una mayor explotación de los suelos y a la vez desarrolla un método adecuado para su conservación (Mateo, 1961). Autores como Krishna *et al.* (1994); Díaz *et al.* (1995); Llanes *et al.* (1996), han demostrado la importancia que tiene el sistema de rotar y alternar en el incremento de los rendimientos de diferentes cultivos. Estas prácticas aumentan

los rendimientos al pasar del monocultivo a la utilización de cultivos alternos, lo que propicia una mayor utilización de la tierra, así como el mejoramiento y la conservación de los suelos (González *et al.*, 2007).

La alternancia de cultivos ocasionan en el suelo modificaciones microbiológicas y bioquímicas, que producen y mantienen aumentos de biomasa microbial y actividad enzimática, en relación a suelos tratados con monocultivos (Mc Gill, *et al.*, 1986; Frioni, 1999; González *et al.*, 2009). En este mismo sentido González *et al.* (2009) en estudios realizados en suelos dedicados al cultivo del tabaco en la provincia de Pinar del Río, obtuvo al utilizar sistemas de alternancia de cultivos, un aumento en las cantidades de residuos vegetales que se incorporan al suelo, lo que propicio una mayor actividad microbiana y se favorecieron las cualidades físicas de los suelos. Además, se comprobó que los cultivos intercalados aumentan la actividad microbiológica y la materia orgánica considerablemente, con relación al momento en que finalizaba el cultivo del tabaco, por el incremento de la actividad microbiológica en la rizosfera (Martínez *et al.*, 2007).

1.2. Abonos verdes/cultivos de cobertura.

1.2.1. Definición y funciones.

En los últimos años se ha ampliado la definición a abonos verdes, que se cultivan no sólo para ser incorporados con la finalidad de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Valencia y Peña, 1995), sino que además se siembran para promover la cobertura del suelo, protegiéndolo del impacto de la lluvia y la erosión, y para el control del crecimiento de arvenses (Florentín *et al.*, 2001; Barrera, 2010).

Según Bunch y López (1996) y Florentín *et al.* (2001), las funciones de los abonos verdes están asociadas a los siguientes aspectos básicos:

- Brindar cobertura y protección del suelo, lo que reduce la erosión, la evaporación de agua y la temperatura del suelo, aumenta la infiltración y evita el encostramiento de la superficie.
- Mejora de sus condiciones físicas, químicas y biológicas.
- Incremento de su contenido en materia orgánica, así como del aporte, reciclaje y movilización de nutrientes.
- Combate de los nemátodos, las plagas y las enfermedades.
- Control de plantas arvenses y evitar que estas produzcan semillas.

Al cumplir con estas funciones, los abonos verdes presentan los siguientes beneficios:

- Aumentan el rendimiento de los cultivos sucesores y mejoran su calidad, así como los retornos económicos cuando son seleccionados adecuadamente (Florentín *et al.*, 2001).
- Estimulan de forma inmediata la actividad biológica y mejoran la estructura del suelo, mediante la acción mecánica de las raíces, por los exudados radicales (Prager *et al.*, 2002).
- Aumentan el contenido de materia orgánica y proveen nitrógeno al suelo favoreciendo la fertilidad del mismo (Florentín *et al.*, 2001).
- Reducen el costo de los riegos por la acción de retención de humedad del suelo mediante la cobertura que establecen y a la vez protegen el suelo de la erosión (Shoko, 2009).

– Reducen los costos de fertilización y la necesidad del uso de herbicidas y plaguicidas (Florentín *et al.*, 2001).

La principal limitante en la adopción del empleo de los abonos verdes es que, según algunos productores, para producir suficiente masa verde, deben recibir nutrientes y atenciones culturales, mientras que en esa etapa el área ocupada no produce alimentos (Bunch, 1994).

1.2.2. Abonos verdes en la nutrición de las plantas y su influencia en el rendimiento de los cultivos.

La alternancia de cultivos ha sido una medida efectiva en el uso balanceado de los nutrientes por las plantas, especialmente con leguminosas, constituyendo una práctica con múltiples ventajas, ya que se facilita la disminución de insectos, arvenses y enfermedades, rompimiento del ciclo biológico de las plagas, protección al suelo del efecto de la erosión, incremento de la fertilidad del suelo, obteniéndose en general incrementos de los rendimientos agrícolas (Guzmán *et al.*, 1995; Pozo, 1998; Burkles *et al.*, 1999).

Numerosos estudios (Guerra *et al.*, 2006; González *et al.*, 2007; Martín, 2009), se han realizado para demostrar la influencia de los abonos verdes sobre los rendimientos agrícolas, evidenciando que en los esquemas de rotación de cultivos se pueden obtener los mayores beneficios con su empleo, al mejorar sensiblemente las propiedades del suelo y favorecer la nutrición de las plantas, todo lo cual repercute directamente en el aumento de los rendimientos agrícolas.

Es bien conocido que a mediano y largo plazo los rendimientos de cultivos en rotación son habitualmente mayores que en monocultivos (Barber, 1994). Es por ello que (Lagos *et al.*, 1995) indican que el monocultivo puede realizarse por un determinado número de años hasta un máximo de seis, luego del cual los rendimientos decrecen en 24 % debido a una disminución drástica entre otros factores de la fertilidad del suelo y el incremento de las arvenses.

El efecto positivo de esta práctica ha sido demostrado en diferentes cultivos. En este sentido Gordón *et al.* (1993), al utilizar la canavalia en rotación con el maíz encontraron una respuesta positiva por el efecto residual de las leguminosas, obteniéndose rendimientos del maíz de 4.09 t ha⁻¹ con la canavalia y 2.24 t ha⁻¹ en el testigo sin leguminosas respectivamente.

Por otra parte reportes de (García *et al.*, 2000) refieren los incrementos de los rendimientos en el cultivo de la papa con el empleo de la especie *Canavalia ensiformis* en combinación con el 25 % de la dosis de fertilizante, semejantes a los obtenidos con las dosis de fertilización mineral reportadas para el cultivo. De acuerdo con García (1997), esta especie utilizada como abono verde tiene muchas ventajas, entre ellas, el control de malezas y la erosión, además del considerable aporte de fitomasa y nutrientes que realiza. Es una especie de exuberante desarrollo que se adapta a las condiciones tropicales de altas lluvias, altas temperaturas, días largos, sin afectar sus aportes orgánicos al suelo y alta fijación biológica de nitrógeno, características que le permiten considerarse como un buen abono verde (Álvarez, 2000).

1.2.3. Principales características de la especie *Canavalia ensiformis*.

Taxonomía de la planta:

Reino *Plantae*, División *Magnoliophyta*, Clase *Magnoliopsida*, Subclase *Rosidae*, Familia *Fabaceae*. Sub – familia: *Faboideae*, Tribu *Phaseolae*, Sub-tribu *Diocleinae*, Género *Canavalia*, Especie *Canavalia ensiformis* (L.) De Candolle.

Nombre vulgar: Frijol espada, canavalia (Código Internacional de Nomenclatura Botánica, 2009). Es una planta nativa de América, encontrada en estado silvestre en Las Antillas y zonas tropicales africanas y asiáticas. Es muy rústica, anual o bienal, de crecimiento determinado cuando se desarrolla en condiciones de abundante luminosidad e indeterminado bajo sombra, en ambas condiciones puede alcanzar una altura de 0.6 a 1 m (Embrapa, 2007).

Tiene un ciclo anual que puede llegar a los 9 meses. Alcanza una altura de 0.6 – 1 m (CIDICCO, 2004). Sus raíces son pivotantes; tallos poco ramificados, glabros, de color púrpura, hasta 10 m de largo, volviéndose duros en la madurez; hojas trifoliadas, folíolos grandes, ovados a elíptico-ovados, muy acuminados en el ápice, hasta 20 x 10 cm, glabros, verdes oscuros, brillantes, venas bien marcadas; inflorescencia colgante, hasta 30 cm de largo con 10-20 flores en abultamientos; flores grandes, 2,5 cm de largo, de color violáceo, rosado o blanco con base roja, cáliz tubuloso con los dientes muy desiguales, estandarte hasta 2.8 cm de largo, quilla recurvada hacia arriba; fruto hasta 30 x 3,5 cm, ensiforme, aplastado, algo recurvado, rostrado, con 2 o 3 costillas longitudinales cerca de la sutura superior, indehiscente; semillas 12 - 20, oblongas a redondas, algo aplastadas, 21 x 15 x 10 mm, lisas, blancas con un hilo largo de color café rodeado de una zona color castaño (Ulrike, 1997; Beyra *et al.*, 2004).

Tiene una alta sensibilidad al fotoperíodo y su tasa inicial de crecimiento es rápida. La biomasa en floración pueda alcanzar de 13.6 – 60 t ha⁻¹ de masa fresca y de 2.5 – 8.4 t ha⁻¹ de masa seca. Como mínimo, es capaz de fijar 49 kg N.ha⁻¹ derivado de la FBN y acumular en sus tejidos vegetales 57 kg N.ha⁻¹ (Embrapa, Agrobiología, 2007).

El mayor beneficio de la canavalia se tiene al emplearse como abono verde, al hacer un aporte de masa seca de 5.41 t.ha⁻¹ y 145 kg N.ha⁻¹ y el maíz en sucesión eleva sus rendimientos hasta 7.68 Mg. ha⁻¹ (Bernal y Jiménez, 1990).

Canavalia ensiformis es una especie muy bien adaptada a las condiciones de Cuba debido a su vigoroso crecimiento, fijar grandes cantidades de N vía FBN y reciclar cantidades apreciables de P y K. (Treto Eolia *et al.*, 2001). Tiene un rápido crecimiento y vigor en la época de primavera – verano. Inicia los períodos de floración y formación de vaina después de los 60 días. El ciclo completo de la planta es de 240 días (García, 1997).

Canavalia ensiformis es una especie que nodula con cepas nativas de *Rhizobium*, por lo que no es indispensable la inoculación (CIDICCO, 2004; Embrapa, Agrobiología, 2007). Por otro lado, se ha demostrado que canavalia posee un alto potencial de colonización por HMA nativo del suelo y es capaz de propiciar la colonización del cultivo siguiente en la rotación (de Souza *et al.*, 1999; Bonilla, 1999; Sánchez, 2001).

Se caracteriza por ser poco exigente en condiciones de productividad del suelo para lograr un óptimo desarrollo vegetativo. Tolerancia un amplio rango de textura y fertilidad, crece bien en suelos bajos, tropicales, altamente lixiviados, pobres en

nutrientes y pedregosos, así como en suelos ácidos y salinos con un rango de pH entre 4.3 a 7.5 (Bernal y Jiménez, 1990; Espíndola et al., 1997).

Su uso como cultivo de cobertura se emplea intercalado en frutales, cereales y caña de azúcar (CIDICCO, 2004). Realiza una rápida cubierta inicial del suelo debido al gran tamaño de sus hojas y le hace competencia a las arvenses (CIAT, 2001).

Según García *et al.* (2002) *Canavalia ensiformis* se puede sembrar en las condiciones de Cuba durante todo el año, incluso durante el período invernal seco, aunque su etapa óptima de siembra es entre el 15 de mayo y el 15 de agosto.

En el cultivo de la papa en Cuba, la canavalia sustituyó hasta el 50 % de sus necesidades de fertilizante N. Los más altos rendimientos se obtuvieron al combinar la canavalia y 40 kg N.ha⁻¹, al sustituir hasta el 75 % de la dosis recomendada de fertilizante mineral (Treto Eolia et al., 2001).

Se utiliza desde el punto de vista ecológico y económico debido a su elevada adaptabilidad a diversos ecosistemas y a su amplia utilización como suplemento nutritivo en la alimentación animal y humana, en la recuperación de los suelos, como abono verde, como cobertura por la gran cantidad de follaje que produce (neutralizando el surgimiento y desarrollo de los procesos de erosión) y como control de plagas y arvenses en la protección de cultivos (Bernal y Jiménez, 1990; Torres *et al.*, 1995).

La utilización de la *Canavalia ensiformis*, como recurso alimenticio está limitada por la baja digestibilidad de sus proteínas y por la presencia de factores anti nutricionales tales como la concanavalina, la canavanina y los taninos; sin embargo existen evidencias del efecto positivo de algunos tratamientos como el remojo, la cocción y el tostado en la reducción de estos factores y en el aumento de la digestibilidad proteica (Oomah y Bushuk, 1983; Angulo *et al.*, 1986).

Según Espíndola *et al.* (1997); Embrapa, Agrobiología (2007) y CIDICCO (2008) la *Canavalia* presenta un ciclo vegetativo que oscila entre 240 a 270 días, su germinación comienza a partir de los 2 a 3 días después de la siembra. Temperaturas de 15 – 30°C, precipitaciones de 640 – 4200 mm año⁻¹. Altura geográfica de 0 – 1800 msnm.

Para abono verde/cultivo de cobertura se siembra en surcos de 50 cm de distancia y 20 cm dentro del surco utilizando 150 - 180 kg ha⁻¹ de semilla, asociado con cultivos, 4 plantas por m² (65 kg ha⁻¹ - 70 kg ha⁻¹ de semilla). Para producción de semillas se siembra en surcos de 1 m de distancia y 20 cm entre plantas (65 kg ha⁻¹ - 100 kg ha⁻¹ de semilla), con profundidad de siembra entre 2 - 5 cm (CIDICCO, 2004).

En experiencias obtenidas en Cuba se ha demostrado que para las condiciones del país, la época de siembra óptima coincide en general con la más lluviosa y de días largos (mayo -octubre), en la cual se ha observado una abundante producción de cobertura y masa foliar. *Canavalia* produce en esta época como promedio 3,4 t.ha⁻¹ de masa seca y 153 kg.ha⁻¹ de N. Lo que hace resaltar su empleo como abono verde (García, 1997; García *et al.*, 2002).

Sin embargo, en la época de invierno, que predominan temperaturas bajas, pocas precipitaciones y días cortos, el crecimiento y desarrollo de las leguminosas para abono verde es mucho más lento y la masa total obtenida es baja. *Canavalia*

produce de $0,84 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de masa seca y $54,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N (Álvarez *et al.*, 1995; García, 1997).

Según Bolaños (1995) y Borges (2009), las leguminosas pueden emplearse asociadas, intercaladas y en rotación con diferentes cultivos de interés agrícola.

En Cuba, con relación a las especies de leguminosas asociadas y en rotación con otros cultivos, los resultados experimentales han demostrado que los géneros *Mucuna*, *Dolichos*, *Canavalia* y *Crotalaria* son las más promisorias para su utilización, cuando se realiza un manejo apropiado y se observan sus peculiaridades. No obstante, diferentes autores (Zea *et al.*, 1992; Zea, 1993) coinciden en que canavalia posee características sobresalientes para la siembra intercalada con maíz, debido a sus hábitos de crecimiento y a sus características morfológicas.

1.3. Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA). Funciones y Beneficios.

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas existentes entre ciertos hongos del suelo y las raíces de las plantas superiores. Los hongos se benefician con el suministro de fuentes carbonadas provenientes de la planta y ésta se beneficia por la mayor exploración del suelo, lo que aumenta la capacidad de absorción de agua, nutrientes minerales, el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sánchez, 2001).

Entre la funciones y beneficios que las micorrizas le brindan a las plantas están el incremento de la capacidad de absorción de agua y nutrientes, lo que ayudan al hospedante a resistir mejor las condiciones adversas del suelo y el clima, favorecen el aumento de la biomasa y producción de los cultivos y contribuyen a la formación de agregados estables en el suelo (Sieverding, 1991; Espíndola *et al.*, 1998; Montaña *et al.*, 2001; Filho, 2004).

Se han definido tres tipos de asociaciones micorrízicas, al tomar en consideración sus características morfoanatómicas y ultraestructurales: Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas y Endomicorrizas. Las endomicorrizas no son detectadas visiblemente, forman una red externa de hifas y penetran el interior de las células corticales sin llegar a colonizar el endodermo. Es el grupo más difundido en el planeta y se divide en varios subtipos, de ellos el más representativo es el arbuscular, por su importancia en los ecosistemas tropicales (Martín, 2009).

Dentro de los HMA, el género *Glomus* se incluye en la familia *Glomaceae* que pertenece al suborden *Glominae* y al orden *Glomales* perteneciente al *Phylum Glomeromycota* (Fernández, 2003; Peña *et al.*, 2006). Las especies del género *Glomus* tienen un amplio rango de distribución funcional con predominio en ecosistemas de alta y media fertilidad, donde resultan extremadamente eficientes y competitivas. Los resultados obtenidos en Cuba permitieron extender el rango a las condiciones de baja fertilidad y establecer que la especie *Glomus hoi-like* es la de mejores resultados y buen comportamiento en diferentes tipos de suelos, al estudiarse la efectividad de esta cepa en la inoculación de diferentes cultivos (Rivera y Fernández, 2003; González y Rodríguez, 2004; González *et al.*, 2008a; González *et al.*, 2008b). Esta especie fue reclasificada recientemente por Rodríguez *et al.* (2011) como *Glomus cubense*.

La propagación de los HMA es a través de esporas, micelio y fragmentos de raíces colonizadas, que de manera conjunta constituyen los propágulos y colonizan las raíces de las plantas hospedantes para desarrollarse y dar origen a

nuevos propágulos (de Souza *et al.*, 1999). La mayor cantidad de propágulos en el suelo se encuentra en los primeros 15 – 20 cm de profundidad, en relación directa con la aireación y contenido de materia orgánica (Peña *et al.*, 2006).

1.3.1. Efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) sobre las plantas.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), son simbioses asociados e interactúan con la mayoría de las plantas terrestres (Rillig *et al.*, 2005; Rillig y Purin, 2007).

Como los HMA son simbioses obligatorios, su distribución en suelos cultivados está fuertemente influenciada por la vegetación (Espíndola *et al.*, 1998). En barbecho, la micorrización natural de las plantas está pobremente desarrollada y no se ha encontrado correlación entre la población de esporas y la duración del barbechado (Duponnois *et al.*, 2001; Cheng *et al.*, 2003), pero el número de esporas de HMA se incrementan significativamente con el aumento del número de especies (diversidad) presentes (Chen *et al.*, 2004). En plantas inoculadas con hongos MA el porcentaje de la longitud de la raíz colonizada es más alto que en las plantas no inoculadas (Caravaca *et al.*, 2006).

La efectividad micorrízica es la capacidad de un endófito de influir positivamente sobre el crecimiento de la planta, aumentar el número de propágulos o mejorar la transferencia de nutrientes; este es resultado de la interacción fisiológica entre los simbioses (Janos, 2007). En ocasiones las cepas nativas del suelo no originan la mayor efectividad, lo cual puede estar relacionado con una baja concentración de propágulos nativos, o que presentan una mayor adaptabilidad y posible funcionalidad microbiana, pero esto no siempre significa una mayor eficiencia micorrízica (Fernández, 2003; Rivera y Fernández, 2003).

La inoculación de las plantas con especies efectivas de HMA provoca un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes, ya sea por interceptación, flujo de masa o difusión (Netto, 2008). Este beneficio es complejo y puede ser resultado de varios mecanismos como: aumento de la superficie de exploración del suelo, elevación de la capacidad absorbente de las raíces, toma de nutrientes no accesibles a las raíces no micorrizadas, beneficio de otros microorganismos en la rizosfera, amortización de los efectos adversos del pH del suelo, Al, Mn, metales pesados, salinidad, estrés hídrico y ataque de patógenos (Siqueira y Franco, 1988; Bonilla, 1999; Entry *et al.*, 2002; Bucher, 2007).

La respuesta positiva a la inoculación con HMA depende de tres factores: la especie inoculada, cantidad de propágulos micorrízicos presentes y el tipo de suelo y su fertilidad. Este define cuáles son las especies eficientes para una condición edafoclimática, aunque la efectividad alcanzada por la inoculación depende del manejo dado a la planta y al suelo (Rivera y Fernández, 2003).

La mayoría de los HMA no presentan una alta especificidad con el hospedante, lo cual es una de las bases del manejo de la inoculación en secuencias de cultivos. Normalmente ocurre una selectividad entre las especies de una población de HMA y la planta, donde influyen las condiciones edáficas (de Souza *et al.*, 1999; Cruz *et al.*, 2002).

1.3.2. Canavalia y Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA).

Los HMA existen de manera natural en los suelos, algunas prácticas como el abonado verde pueden aumentar la presencia de los propágulos infectivos de

HMA en el suelo (Espíndola, *et al.*, 1998; Sánchez, 2001; Rivera y Fernández, 2003), sin embargo en suelos que permanecen con vegetación natural de barbecho la micorrización natural se deprime (Duponnois *et al.*, 2001).

La canavalia es una especie de abono verde de elevada respuesta micorrízica (Duponnois *et al.*, 2001) y el cultivo de esta planta aumenta el potencial de inóculo de HMA en el suelo, principalmente los propágulos nativos, en relación directa con la producción de masa seca de estas plantas (Sánchez, 2001).

En las condiciones de Cuba, se han probado diferentes especies de abonos verdes y entre ellas, la canavalia se destaca por los aporte de nitrógeno que realiza (Álvarez, 2000; Treto Eolia *et al.*, 2001; García *et al.*, 2001). Esta especie acumula más nitrógeno en las hojas que en los tallos, con una relación tallo/hoja baja, las hojas se descomponen rápidamente, y su aporte de nitrógeno al sistema, repercute en la nutrición nitrogenada de cultivos sucesores de alta demanda de N. Por otra parte su comportamiento en las variables de funcionamiento fúngico porcentaje de colonización radical y número de esporas de HMA presentes en el suelo, es superior la vegetación natural del barbecho (Resende *et al.*, 2001).

En este mismo sentido resultados obtenidos por (Martín *et al.*, 2007), demostraron que los aportes de la canavalia son superiores a la vegetación natural y aseguraron que esta planta presenta un mejor desarrolló en época de lluvias y días largos, con crecimiento vigoroso, lo que reafirma el criterio de ser un buen abono verde.

Martín (2009), estudió la respuesta de la *Canavalia ensiformis* a la inoculación con una cepa eficiente de HMA (*Glomus hoi – like*), en condiciones de diferente número inicial de esporas de HMA en el suelo, los resultados arrojaron que entre 30 a 40 esporas en 50g de suelo presentó una respuesta positiva, con incrementos de la masa seca, contenido de nutrientes y mayor colonización micorrízica de las plantas inoculadas, en época de primavera y de invierno, y con diferencia de 18% en los contenidos de masa seca en el periodo lluvioso. Ello indicó la efectividad de la inoculación para la canavalia.

Por su parte, Martín *et al.* (2010) alcanzaron resultados donde, canavalia tuvo respuesta a la inoculación con diferentes especies de HMA en suelo Ferralítico Rojo, dado a los efectos superiores de extracción de nutrientes e incrementos de masa seca cuando se inoculó con *Glomus hoi-like* respecto al testigo sin inoculación.

Martín *et al.* (2012) refieren que en primavera, la producción de masa seca de canavalia con aplicaciones previas del inoculante micorrízico, prevalecen altos incrementos de masa seca que oscilando entre 3,40 a 7,92 t.ha⁻¹; 3,56 a 8,28 t.ha⁻¹ sin y con inoculación micorrízica. Aunque destacan que tanto en primavera como en invierno se observó un efecto positivo de la inoculación sobre el funcionamiento micorrízico de canavalia, reflejado en el mayor crecimiento, nutrición y colonización radical, efectos que favorecen el incremento de la biomasa aérea de las plantas.

Cuando no existe respuesta a la inoculación con HMA puede estar dado a que la canavalia es una planta micótrofa y se coloniza con los HMA existentes en el suelo (Bonilla, 1999; Filho, 2004) y si el número de propágulos de estas especies de HMA es alto y son competitivas frente a la especie inoculada, no se debe observar respuesta a la inoculación (Siqueira y Franco, 1988).

1.3.3. Influencia de canavalia y HMA en el balance de nutrientes.

La utilización de especies de HMA influye en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes, ya sea por interceptación, flujo de masa o difusión (Netto, 2008). Este efecto conduce a una mejora del estado nutricional por adquisición de nutrientes del suelo (especialmente fósforo) por las hifas extrarradicales del hongo. Se ha confirmado que el micelio externo de los HMA puede absorber fosfatos (PO_4^-), nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^+) (Horst *et al.*, 2001; Villegas y Fortin, 2002) y también micronutrientes como el zinc (Zn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo) y otros (Cardoso y Kuyper, 2006); sin embargo, el incremento en la toma de fosfatos, es el beneficio más importante para la planta (Helgason y Fitter, 2009).

Las hifas externas de estos hongos poseen una mayor habilidad para explorar el suelo. La toma de nutrimentos del suelo, principalmente fósforo, es favorecida por el diámetro y longitud de las hifas. Estos hongos pueden explorar una mayor extensión de suelo, lo que da como resultado una ventaja competitiva al hospedero debido a que resuelven las limitantes para la adquisición de nutrimentos minerales que se difunden del ambiente radical y que se mueven lentamente en la solución del suelo (Feng *et al.*, 2005).

Rivera y Fernández (2003) plantearon que un factor fundamental para el manejo efectivo de las asociaciones micorrízicas es la disponibilidad de nutrientes en el agroecosistema, se deriva del tipo de suelo y de las fertilizaciones, en forma orgánica o mineral, que sean necesarias para complementar los requerimientos de las plantas micorrizadas. Estos autores establecieron que existen recomendaciones óptimas para las plantas micorrizadas efectivamente, que serán inferiores a las necesarias para esos mismos cultivos no inoculados.

En correspondencia con lo planteado anteriormente Kabir y Koide (2000) al utilizar especies de abonos verdes con alta dependencia micorrízica aumentaron el potencial de inóculo nativo de HMA del suelo y un mayor aporte y reciclaje de nutrientes, lo que trajo por consecuencia una mayor absorción de nutrientes y elevación de los rendimientos del cultivo sucesor, en comparación con sistemas en barbecho, que hacen bajos aportes de nutrientes y no favorecieron la multiplicación de inóculos de HMA en el suelo.

La canavalia es una especie tropical, que produce abundante fitomasa seca y realiza una alta FBN, fundamentalmente en la época de lluvias y altas temperaturas. En las condiciones de Cuba, de manera general se destaca por hacer un aporte de N al sistema superior a los 100 kg N ha^{-1} (Álvarez, 2000; Treto Eolia *et al.*, 2001; García *et al.*, 2001), y pueden llegar a oscilar entre $140\text{-}160 \text{ kg N ha}^{-1}$. Al evaluar los contenidos nutrientes en diferentes abonos verdes y en la vegetación natural, se pudo comprobar (Espíndola *et al.*, 1998), que la canavalia acumula mucho más N que otras especies de plantas leguminosas y el barbecho, esto pudo estar relacionado con la mayor fitomasa aérea producida por las leguminosas y la alta FBN. Este proceso, en presencia de condiciones propicias para el crecimiento de los cultivos, conlleva a un mayor desarrollo foliar y radical, lo que implica una mayor exploración del suelo y si la disponibilidad de elementos lo permite, aumenta la absorción de estos, en dependencia de la capacidad de extracción de las raíces.

Por otro lado, Urquiaga y Zapata (2000) consideraron que esta especie de leguminosas puede hacer una acumulación hasta $1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$, hasta los 60 – 70 días de crecimiento y puede fijar hasta un 96 % de N total acumulado.

Las dosis óptimas de fertilizantes para las plantas micorrizadas dependen de los cultivos en cuestión y de la fertilidad del suelo (Siqueira y Franco, 1988; Bittman *et al.*, 2006). La aplicación conjunta de la inoculación micorrízica y bajas dosis de fertilizantes minerales aumentan la efectividad de la simbiosis de las plantas, lo cual se expresa en el incremento de la colonización micorrízica y el rendimiento y se obtiene una dosis óptima de fertilizantes menor que la recomendada para obtener volúmenes de producción similares, en ausencia de inoculación (Montaño *et al.*, 2001; Rivera y Fernández, 2003). La disminución de las dosis de nutrientes con el empleo de HMA oscila entre 25 – 50 % de la dosis de fertilizante mineral recomendada para cada cultivo (Xoconostle y Ruiz, 2002), lo que se logra a expensas de incrementos en la absorción de los nutrientes provenientes del suelo y de los fertilizantes, ello conduce a incrementos en los coeficientes de aprovechamiento de estos, así como a una disminución de los índices críticos de los elementos en el suelo (Rivera y Fernández, 2003).

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Localización y Condiciones edafoclimáticas.

Los experimentos se efectuaron en las campaña tabacalera 2013-2014 / 2014-2015 en áreas de la Estación Experimental del Tabaco, ubicada en el macizo tabacalero de Vuelta Abajo, “Finca Vivero”, San Juan y Martínez, provincia Pinar del Río, perteneciente al Instituto de Investigaciones del Tabaco.

El suelo en todos los sitios experimentales se clasificó como Ferralítico Amarillento Rojizo lixiviado, según la Nueva Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999) y se correlaciona con la World Reference Base como Acrisol Chromic-Ferric, según Hernández *et al.* (2002). Sus principales características agroquímicas aparecen reflejadas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Algunas características del suelo Ferralítico Amarillento Rojizo Lixiviado.

pH _{KCl}	MO (%)	P ₂ O ₅ mg 100g ⁻¹	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	No. Esporas HMA 50g suelo ⁻¹
				cmol(+) Kg ⁻¹				
5,5	1,38	41,70	23,50	3,50	1,40	0,10	0,41	55

Determinaciones químicas: pH KCl potenciómetro, M.O. Walkley Black, P Oniani, Cationes NH₄Ac pH 7, No. esporas HMA Gerdeman y Nicholson (1963)

Al inicio del experimento se realizaron análisis de suelo (tabla 1). El suelo en el área experimental se caracteriza por ser de textura franco arenosa, medianamente profundo, pH ligeramente ácido, bajos contenidos de materia orgánica y pobre en bases cambiables, con altos contenidos de fósforo y potasio, resultado de la aplicación continua de fertilizantes minerales de acuerdo a las normas técnicas para el cultivo. Al final de la campaña se pudo observar pequeñas variaciones en las características químicas del suelo. Todas las evaluaciones se hicieron según

las tablas de interpretación de análisis de suelo (Paneque, 2001; Paneque *et al.*, 2010).

El comportamiento de las principales variables (temperatura media, humedad relativa y precipitaciones) durante las campañas en que se desarrolló el experimento fue tomado de la Estación Agrometeorológica de San Juan y Martínez, valorándose los períodos relativos a cada uno de los años en que tuvo lugar la fase de campo.

Las condiciones climáticas presentaron un comportamiento idóneo para el desarrollo vegetativo del cultivo de canavalia, con valores por encima de 130 mm de lluvia caída en ese período. En el comportamiento de las precipitaciones durante el período de cultivo del tabaco para los dos años prevalecieron condiciones de sequía, con respecto a la media histórica hubo escasos registros pluviométricos, lo cual trajo como consecuencia que las plantas no contaran con la humedad requerida, por ello se hizo necesario suministros de riego adicionales, para garantizar el crecimiento y el desarrollo del cultivo y evitar retrasos en su estado fenológico. Esto evidencia el calentamiento ascendente y progresivo que ha registrado este elemento del clima en la última década.

La amplitud térmica osciló durante el período alrededor de los 10 °C y las temperaturas se mantuvieron sobre la media promedio de 21 a 25 °C. Los valores de temperatura durante el período en que se desarrolló el experimento se consideran adecuados para el desarrollo del cultivo del tabaco en todas sus fases (MINAG, 1998). La temperatura influye en la conducta y hábitos de los insectos, además de que conjuntamente con la humedad relativa constituye uno de los factores de gran influencia sobre el desarrollo de enfermedades. De igual manera se tuvo en cuenta la humedad relativa del aire, se mantuvo alrededor del 73 %, los niveles de este parámetro estuvieron relacionados con el comportamiento de las precipitaciones ocurridas durante el período.

2.2. Descripción del experimento.

La investigación se realizó en un área total de 1242 m², se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con siete variantes y cuatro repeticiones. Las variantes estudiadas fueron evaluadas durante las dos campañas con los siguientes tratamientos:

Descripción de los Tratamientos:

1. Canavalia con micorriza – Tabaco + 50% fertilizante mineral
2. Canavalia con micorriza – Tabaco + 75% fertilizante mineral
3. Canavalia con micorriza – Tabaco + 100% fertilizante mineral
4. Canavalia sin micorriza – Tabaco + 50% fertilizante mineral
5. Canavalia sin micorriza – Tabaco + 75% fertilizante mineral
6. Canavalia sin micorriza – Tabaco + 100% fertilizante mineral
7. Barbecho – Tabaco + 100% fertilizante mineral (Testigo)

La fertilización mineral se realizó utilizando la fórmula completa 12-6-16-3, a razón de 996,36 kg ha⁻¹, fraccionando el 40 % entre los 8 y 10 días de establecida la plantación y el 60 % restante entre los 18 y 20 días. La dosis de fertilizante es 120 kg ha⁻¹ de N; 60 kg ha⁻¹ de P y 160 kg ha⁻¹ de K y 30 kg ha⁻¹ de Mg.

Leyenda: Canavalia (AV) micorriza (HMA) fertilizante mineral (FM)**2.2.1. Características del experimento:**

Variedad: Criollo 98	Distancia entre réplicas: 2.00 m
Distancia de plantación: 0,84 x 0,30 m	Distancia entre tratamientos: 2.00 m
Número de tratamientos: 7	Longitud del experimento: 30.0 m
Número de réplicas: 4	Ancho del experimento: 41,4 m
Número de surcos por parcela: 5	Área total del experimento: 1242 m ²
Plantas por surco: 20	Total de plantas del experimento: 2800
Plantas por parcela: 100	
Largo de la parcela: 6.00 m	Surcos de borde por parcela: 2
Ancho de la parcela: 4,20 m	Surcos de muestra: 3
Área de la parcela: 25,2 m ²	Plantas de muestra por parcela: 60

2.2.2. Etapas y metodologías para la evaluación de los cultivos.**2.2.3. Cultivo de la canavalia.**

La canavalia precedente al tabaco se sembró de forma manual, en la segunda decena de septiembre de los años estudiados y se incorporó en la segunda decena de noviembre.

Para la inoculación de la canavalia se utilizó la especie de HMA *Glomus cubense*, (INCAM 4) (Rodríguez *et al.*, 2011), conocida anteriormente como *Glomus hoi-like*. El biofertilizante micorrizógeno presentó una concentración mínima de 20 esporas por gramo de inoculante y 50% de colonización radical, no tóxica y libre de patógenos. La inoculación del biofertilizante se realizó en el momento de la siembra, por el método de recubrimiento de las semillas, utilizando una dosis de 5.95 kg.ha⁻¹ de EcoMic®, equivalente al 10 % del peso de las semillas. Primeramente se hizo una pasta homogénea, en una proporción de 1 kg de EcoMic® por cada 10 kg de semilla con las cepas de HMA, luego se recubrió la semilla hasta quedar cubierta completamente, se pusieron a secar en la sombra durante 5 a 10 minutos y posteriormente se procedió a la siembra.

Se empleó una distancia de narión de 0,30 m y dos semillas por nido. Estas plantas no recibieron riego en la etapa del cultivo. En ese mismo momento, en el tratamiento en barbecho, se deja crecer la vegetación nativa sin hacer labor en esa área. Durante el período de crecimiento vegetativo de la canavalia, se realizó las atenciones culturales según recomendaciones, Martín (2009). El corte e incorporación del abono verde y la vegetación del barbecho al suelo se realizó de forma mecanizada, al inicio de la floración de la canavalia entre los 60 – 70 días de edad de las plantas, mediante el uso de una grada de discos de 682 kg.

La preparación de suelos se fundamentó en una labranza mínima, aplicando las siguientes labores: pase de grada para incorporar la biomasa 30 días antes de la plantación, rotura a los 20 días, dos labores de tiller una a los ocho días y otra a los dos días antes de la plantación, posteriormente el surcado y plantación en la tercera decena de diciembre.

2.2.4. Cultivo del tabaco.

El tabaco (variedad "Criollo 98") se trasplantó en la tercera decena de diciembre y la fase agrícola se extendió hasta la segunda decena de marzo. Se utilizaron posturas obtenidas en semilleros tecnificados de esta misma variedad, resistente a enfermedades. El trasplante se realizó manual y las labores de cultivo se realizaron según el Manual Técnico para el cultivo del tabaco negro al sol (MINAG, 2001).

La cosecha del tabaco se inició a los 55 días de forma manual, por pisos foliares y ensartado, se extendió hasta los 80 días después del trasplante, luego fue curado en la casa de curación natural. Los restos de cosecha se incorporaron al suelo, dejando este en reposo hasta el inicio del período lluvioso y volver a sembrar la canavalia para la próxima campaña.

Las mediciones y observaciones en las dos campañas se realizaron seleccionando y marcando al azar diez plantas en el área de cálculo en cada parcela, entre los 20 y 25 días de establecida la plantación. Las mediciones se efectuaron en el momento de la cosecha del piso central de la planta, según lo planteado por (Torrecilla *et al.*, 2001).

Se estudió las respuestas a la inoculación micorrízica del tabaco como cultivo en sucesión con el abono verde, evaluando el comportamiento de la variable de funcionamiento fúngico y porcentaje de colonización micorrízogena en raíces.

2.2.5. Métodos analíticos empleados en planta.

Determinaciones realizadas en canavalia.

Masa seca. Se determinó secando en estufa, a 70 °C durante 10 días, las plantas analizadas, separando los tallos y las hojas.

Análisis foliar: El contenido de NPK (%) y su extracción se realizaron en muestras de los diferentes órganos de las plantas.

La concentración de N, P, K se determinó como porcentaje de la masa seca de la parte aérea por los siguientes métodos analíticos según norma cubana NC-144: 2010.

- Nitrógeno (N): digestión húmeda con H₂SO₄ + Se y determinación colorimétrica con el reactivo de Nessler.
- Fósforo (P): digestión húmeda con H₂SO₄ + Se y determinación por el método colorimétrico con molibdato de amonio.
- Potasio (K): digestión húmeda con H₂SO₄ + Se y determinación por fotometría de llama.

La extracción de N, P y K, se calculó a partir de los datos de la masa seca de la parte aérea y su correspondiente concentración de cada elemento (% N, P, K), por la siguiente fórmula:

Extracción de N, P, K (kg.ha⁻¹) = [Masa seca (t.ha⁻¹) x (%) elemento en cada órgano]/100.

Mediciones y observaciones realizadas en tabaco.

1. Longitud y anchura de la hoja central (cm) con regla graduada de precisión ± 0,1 mm, según metodología descrita por Torrecilla *et al.*, (2012).
2. Masa verde y masa seca de la hoja central (g) por el método gravimétrico, en balanza analítica de precisión ± 0.1 mg, según metodología descrita por Torrecilla *et al.*, (2012).
3. Clorofila mediante SPAD – 502 (MINOLTA, Spectrum Technologies Inc.)

4. Colonización radical. La evaluación se realizó por el método de los interceptos, desarrollado por Giovanetti y Mosse, (1980), mediante el cual se determinó el porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de colonización.

Al finalizar la cosecha se realizó:

- 1- Rendimiento total y rendimiento en clases según el Instructivo Técnico para el Acopio y Beneficio del Tabaco Cultivado al Sol (MINAG, 2004a).
- 2- Combustibilidad según el Instructivo para el procedimiento y evaluación de la combustibilidad del tabaco cubano (MINAG, 2004b).
- 3- Conteo de esporas de HMA. Se realizó haciendo extracción de 50 g suelo, según el método descrito por Gerdeman y Nicholson (1963), modificado por Herrera *et al.*, 1995.

El análisis económico de los resultados se realizó a partir del costo y valor de la producción para una hectárea de tabaco al utilizar los tratamientos propuestos. El costo de producción se calculó a partir de la ficha de costo actualizada para el tabaco de sol semimecanizado de la Empresa Tabacalera Hermanos Saíz (TABACUBA, 2013), la cual se ajustó para la tecnología de manejo usada en cada tratamiento en función de los gastos por concepto de utilización del abono verde y el biofertilizante utilizado.

El valor de la producción se calculó, según los precios oficiales de cada clase y a partir de estos valores se calcularon los índices económicos: Utilidades, Rentabilidad y Costo por peso, tal y como se describe a continuación:

- 1- Utilidades = Valor de la Producción – Costo total de la producción (\$).
- 2- Rentabilidad = Utilidades / Costo total de la Producción * 100 (%).
- 3- Costo / peso = Costo total de la producción / Valor de la Producción (\$).

2.3. Procesamiento matemático- estadístico de la información.

Los resultados se sometieron análisis de varianza y las comparaciones múltiples se sometieron a ANOVA de clasificación doble con una probabilidad de 0,05 mediante la prueba de Duncan. Todos los datos utilizados se corresponden a la media de las dos campañas y fueron procesados con el paquete estadístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS) para Microsoft Windows versión 21.0 del 2015.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Aportes de masa seca y nutrientes (NPK) de *Canavalia ensiformis* (L.) inoculada con HMA al suelo.

En la Tabla 2 se observa el comportamiento de la masa seca y el contenido de nutrientes de la canavalia, con y sin inoculación de HMA, en el área experimental. La cantidad de masa seca y los contenidos de nutrientes de los tratamientos con incorporación de canavalia inoculada con HMA y el tratamiento barbecho, mostraron que la utilización del abono verde inoculado fue superior a la vegetación natural en los años estudiados.



Figura I. Plantación de *Canavalia ensiformis*, inoculada con HMA.

Tabla 2. Aportes de masa seca y nutrientes (NPK) por canavalia y barbecho en los diferentes tratamientos, a los 60 días después de la siembra.

Tratamientos	Masa seca	Aportes total de nutrientes		
	(t ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)		
	Total	N	P	K
AV + HMA –Tabaco + 50% FM	4,26 b	196,05 bc	25,33 b	139,9 b
AV + HMA –Tabaco + 75% FM	5,97 a	302,4 a	38,47 a	205,1 a
AV + HMA –Tabaco + 100% FM	5,90 a	293,2 a	36,69 a	184,5 a
AV sin HMA –Tabaco + 50% FM	4,15 b	195,1 bc	19,88 b	132,9 b
AV sin HMA –Tabaco + 75% FM	4,10 b	170,8 c	18,29 b	130,6 b
AV sin HMA –Tabaco + 100% FM	4,83 b	229,5 b	25,88 b	156,5 b
Barbecho – Tabaco + 100% FM	2,39 c	51,7 d	6,68 c	44,9 c
E.S (+/-)	0,231	13,386	2,465	7,500

Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Duncan (P<0.05)

Los resultados que se muestran en la (Tabla 2), destacan una mayor producción de masa seca, al combinar la canavalia con HMA alternando con tabaco y dosis de fertilización de 75 % y 100 %, obteniéndose los mejores resultados con diferencias significativas al resto de los tratamientos estudiados y el testigo. Esto pudo estar dado por la utilización de una leguminosa, planta que responden más vigorosamente a la inoculación con HMA y una mayor asociación de las hifas para un incremento en la transferencia de nutrientes (Martín *et al.*, 2010).

La mayor producción de masa seca aérea en estos tratamientos alcanzó $5,97 \text{ t ha}^{-1}$ y $5,90 \text{ t ha}^{-1}$ respectivamente, resultados que están en correspondencia con días largos y altas precipitaciones, las que alcanzaron aproximadamente 130 mm, lo que favoreció el incremento vegetativo de esta especie en un período menos prolongado. Resultados reportados por Bustamante *et al.* (2010) informaron, que los abonos verdes son especies que se adaptan bien a las condiciones tropicales, a diferentes tipos de suelos y que, en condiciones favorables en diferentes regiones de Cuba seleccionando la mejor época de siembra, alcanzan un exuberante crecimiento y desarrollo, favoreciendo la producción de biomasa foliar en las plantas.

Martín *et al.* (2012) refieren que en primavera, la producción de masa seca de canavalia con aplicaciones previas del inoculante micorrízico, prevalecen altos incrementos de masa seca que oscilando entre $3,40$ a $7,92 \text{ t.ha}^{-1}$; $3,56$ a $8,28 \text{ t.ha}^{-1}$, sin y con inoculación micorrízica. Aunque destacan que tanto en primavera como en invierno se observó un efecto positivo de la inoculación sobre el funcionamiento micorrízico de canavalia, reflejado en el mayor crecimiento, nutrición y colonización radical, efectos que favorecen el incremento de la biomasa aérea de las plantas.

Al evaluar el contenido de nutrientes (N, P, K), se observaron diferencias en la absorción de estos elementos en las plantas inoculadas con respecto a las plantas sin inoculación y al testigo. La mayor cantidad de nutrientes lo presentaron los tratamientos de canavalia inoculada con HMA y Tabaco + 75 % y el 100 % FM, con valores superiores de N a los 300 kg N ha^{-1} y de P y K, con valores promedio de 37 kg P ha^{-1} y 180 kg K ha^{-1} , los que están en correspondencia con los resultados obtenidos en el crecimiento de la masa seca.

En este mismo sentido Martín *et al.* (2012) en resultados obtenidos en canavalia, observaron diferencias significativas a la inoculación micorrízica en relación al crecimiento y aporte de nutrientes, reflejado en el mayor crecimiento (biomasa aérea con $5,38 \text{ t ha}^{-1}$) y aporte nutricional con 176 kg ha^{-1} de nitrógeno, $9,80 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo y 108 kg ha^{-1} de potasio.

La absorción de nutrientes indica el grado de respuesta de cada especie, de acuerdo con la simbiosis hongo–hospedero es por ello que autores como Monzón y Azcón (1996) aseguran que existe compatibilidad entre especies de leguminosas empleadas como abono verde y HMA nativo del suelo y especies inoculadas.

En correspondencia con esto, en la Tabla 3 se observa el número de esporas de HMA en el suelo y la colonización micorrízica en las raíces de ambos cultivos.

Tabla 3. Efecto de los diferentes tratamientos sobre algunas variables de funcionamiento fúngico.

Tratamientos	No. esporas. 50 g suelo ⁻¹	Colonización en Tabaco (%)
AV + HMA –Tabaco + 50% FM	113 b	51 ab
AV + HMA –Tabaco + 75% FM	142 a	56 a
AV + HMA –Tabaco + 100% FM	139 a	51 ab
AV sin HMA –Tabaco + 50% FM	93 c	41 c
AV sin HMA –Tabaco + 75% FM	110 bc	48 bc
AV sin HMA –Tabaco + 100% FM	100 bc	41 c
Barbecho – Tabaco + 100% FM	73 d	28 d
ES (+/-)	5,757	1,265

Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Duncan (P<0.05)

El efecto de multiplicación de las esporas de HMA en el suelo, después del corte e incorporación de las plantas en el área experimental, partiendo de un número de esporas al inicio de la investigación de 55 esporas en 50 g. de suelo seco. El tratamiento barbecho mantuvo el número de esporas encontradas al inicio de la investigación. Por otra parte se aprecia un mejor comportamiento en los tratamientos de canavalia inoculada con HMA –Tabaco + 75 % y al 100 % FM al mostrar diferencias significativas con los tratamientos sin inoculación y el testigo.

El empleo de la canavalia como abono verde favorece la reproducción de las esporas nativas y las inoculadas en suelo (Rivera *et al.*, 2003). Los HMA existen de manera natural en los suelos y la utilización del abonado verde puede aumentar la presencia de sus propágulos infectivos, es por ello que la canavalia es considerada una especie de elevada respuesta micorrízica y capaz de multiplicar las esporas nativas del suelo (Filho, 2004).

El mayor porcentaje de colonización se alcanzó en los tratamientos de canavalia donde se inocularon con HMA, encontrándose una relación entre el número de esporas de HMA por gramo de suelo y el porcentaje de colonización, resultados estos que se relacionan con los obtenidos por Martín *et al.* (2010), los que aseguran que la canavalia tiene un porcentaje de colonización del 55 % y el número de esporas por gramo de suelo es mayor donde se cultiva esta especie en dependencia de la época de muestreo y la fase fenológica de la planta.

Al respecto en estudios más recientes, Martín *et al.* (2012), informaron que canavalia es una especie vegetal que entre otras ventajas al ser empleada como abono verde, tiene la peculiaridad de multiplicar los propágulos de HMA en el suelo, sean nativos o inoculados y propiciar de esta manera la colonización micorrízica del cultivo posterior, otorgándole a esta especie un valor agregado como abono verde en los sistemas agrícolas.

3.2. Influencia de *Canavalia ensiformis* (L.) inoculada con HMA como cultivo alternativo con tabaco y la respuesta de este cultivo a diferentes dosis de fertilización mineral.

3.2.1. Respuesta de las variables morfológicas del tabaco a la alternancia con canavalia inoculada con HMA y diferentes dosis de fertilizante mineral.

El comportamiento de algunas características morfológicas como indicadores del crecimiento de las plantas en el cultivo del tabaco se muestra en la tabla 4, donde

los mejores resultados se alcanzaron con los tratamientos de canavalia inoculada con HMA y Tabaco + 75 % y el 100 % FM, sin diferencias con otros de los tratamientos evaluados y si con el tratamiento testigo.

Al analizar el efecto del abono verde inoculado con HMA en las variables morfofisiológicas en el cultivo del tabaco como cultivo posterior, se puede decir que existe una respuesta positiva, al obtenerse resultados superiores al testigo de producción en tratamientos donde se aplican hongos micorrízicos con 75 % y 100 % de la fertilización mineral. Estos resultados pueden estar directamente relacionados con un mejor aprovechamiento en el suministro de nutrientes, por la existencia de una colonización eficiente HMA-planta, la cual favorece un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas, así como una mayor absorción de nutrientes lo que se revierte en un desarrollo positivo en las etapas del crecimiento del cultivo (Cruz *et al.*, 2012).

Tabla 4. Influencia de la inoculación de canavalia con HMA en las variables morfofisiológicas del tabaco.

Tratamientos	Longitud de la hoja (cm)	Anchura de la hoja (cm)	Masa fresca (g)	Masa seca (g)	Clorofila (SPAD - 502)
AV + HMA –Tabaco + 50% FM	48,25 bc	27,25 bc	240,5 c	33,75 bc	48,07 bc
AV + HMA –Tabaco + 75% FM	50,15 a	29,10 a	275,2 a	37,00 a	51,12 a
AV + HMA –Tabaco + 100% FM	50,20 a	28,55 a	266,1 a	36,14 ab	49,83 ab
AV sin HMA –Tabaco + 50% FM	48,80 b	26,26 bc	245,8 c	33,94 bc	47,38 c
AV sin HMA –Tabaco + 75% FM	49,10 ab	28,15 ab	246,25 bc	35,32 ab	47,47 bc
AV sin HMA –Tabaco + 100% FM	48,45 bc	27,40 bc	257,5 b	34,84 abc	48,33 bc
Barbecho – Tabaco + 100% FM	47,30 c	25,90 c	243,8 c	32,42 c	44,84 d
ES (+/-)	0,366	0,454	3,828	0,516	0,544
CV (%)	2,19	4,44	5,18	4,55	4,13

Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Duncan (P<0.05)



Figura II. Parcela de tabaco negro donde se puede apreciar el desarrollo fenológico del cultivo.

El establecimiento de un sistema de cultivos alternos, en el cual estén incluidos cultivos de leguminosas, favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas de tabaco (Quintana *et al.*, 2011; González *et al.*, 2013). Por otra parte, el efecto de la de las leguminosa empleada como abono verde como canavalia, cuya principal característica viene dada por la cantidad de N que aportan al sistema suelo-planta, aparejado con un adecuado manejo maximiza el aprovechamiento de este elemento por las plantas (Pozzi, 2005).

La combinación de esta leguminosas como canavalia con HMA, al incorporarse en sistemas de secuencias de cultivos pueden aumentar la disponibilidad de N para los cultivos en sucesión gracias a la Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN), el reciclaje y movilización de otros nutrientes como P y K, que quedan a disposición del cultivo posterior, lo que supone mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de estos (Simó *et al.*, 2009; Lozano *et al.*, 2011; Sanclemente *et al.*, 2012).

Los contenidos de clorofila para todos los tratamientos sobrepasan los 40 SPAD, contenidos adecuados para el cultivo del tabaco según lo reportado en la literatura (Izquierdo y Borges, 2010; MINAG, 2012), lo que evidencia el efecto que tienen los tratamientos empleados en los contenidos de clorofila en hojas y su influencia en la calidad del tabaco. Existe mayor respuesta en los tratamientos de canavalia inoculada con HMA y tabaco + 75 % y 100 % FM, con diferencias significativas con los demás tratamientos en estudio y el testigo. Estos resultados afirman que las plantas se encontraban en buenas condiciones para su crecimiento y desarrollo, pues la clorofila se reduce o es baja en plantas estresadas o con

problemas nutricionales, lo que pudiera afectar los contenidos de clorofila en las hojas (Izquierdo y Borges, 2010).

3.2.2. Respuesta de las variables de rendimiento y calidad del tabaco a la alternancia con canavalia inoculada con HMA y diferentes dosis de fertilizante mineral.

La tabla 5 muestra los rendimientos en clases superiores e inferiores y rendimiento total del tabaco, así como los parámetros de combustibilidad para cada uno de los tratamientos. En los resultados que muestra la tabla se puede evidenciar que los mayores resultados en cuanto a rendimientos en clases superiores se alcanzaron en la variante donde se utiliza canavalia y HMA con reducción del 25 % de la FM en el cultivo del tabaco, con diferencias estadísticas con el testigo y los demás tratamientos en estudio. Por otra parte se aprecia que en todos los tratamientos donde se utiliza canavalia con y sin inoculación de HMA y tabaco con las diferentes dosis de FM, mostraron diferencias significativas en los rendimientos totales con respecto al testigo, alcanzando valores superiores a 2000 kg ha⁻¹, respectivamente.

Estos resultados superan el potencial medio de rendimiento reportado en el Manual Técnico para el cultivo del tabaco negro al sol, recolectado en hojas en condiciones de producción (MINAG, 2012). Además otros resultados aseguran que los indicadores longitud, anchura, masa fresca y masa seca de la hoja influyen directamente sobre el rendimiento agrícola del cultivo del tabaco (Villalón *et al.*, 2011; González *et al.*, 2013).

Tabla 5. Influencia de la inoculación de canavalia con HMA en el rendimiento y la calidad del tabaco negro cultivado al sol.

Tratamientos	Rend. Clases Superiores (kg/ha)	Rend. Clases Inferiores (kg/ha)	Rend. Total (kg/ha)	Combustibilidad (s)
AV + HMA –Tabaco + 50% FM	1252,3 c	792,8 a	2045,1 b	26
AV + HMA –Tabaco + 75% FM	1480,0 a	657,6 b	2187,6 a	28
AV + HMA –Tabaco + 100% FM	1383,8 b	797,3 a	2131,6 ab	28
AV sin HMA –Tabaco + 50% FM	1185,3 c	840,6 a	2025,7 b	25
AV sin HMA –Tabaco + 75% FM	1239,2 c	880,5 a	2169,6 a	27
AV sin HMA –Tabaco + 100% FM	1191,3 c	823,6 a	2114,6 ab	27
Barbecho – Tabaco + 100% FM	1012,3 d	804,0 a	1851,1 c	25
ES (+/-)	26,174	30,085	31,914	
CV (%)	11,74	9,23	5,57	

Medias con letras distintas en la misma columna difieren entre sí, según prueba de Duncan (P<0.05)

La inoculación de las plantas con especies efectivas de HMA provoca un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes, ya sea por interceptación, flujo de masa o difusión, lo cual influye positivamente en el incremento de la biomasa y los rendimientos de las plantas micorrizadas (Netto, 2008).

La combustibilidad de la hoja central de la planta no se ve afectada en los diferentes tratamientos, para todos los casos la misma sobrepasa los 20 segundos alcanzando la categoría de excelente según rangos establecidos (MINAG, 2004b).

La combustión del tabaco se ve influida por un conjunto de propiedades químicas y físicas que se relacionan en gran medida por la nutrición de la planta (Tso, 1990).

Existen numerosas investigaciones que ratifican la importancia que tiene combinar canavalia y HMA en sucesión con otros cultivos (Gordón *et al.*, 1993; Martín, 2009), logrando una respuesta positiva en el crecimiento y desarrollo de estos en comparación al testigo. Estos resultados evidencian el efecto secundario que tiene la inoculación de la canavalia en el tabaco, al comprobar que las micorrizas logran colonizar las plantas de tabaco como cultivo sucesor al abonado verde, lo que pudo influir en el buen comportamiento de las variables morfológicas y los rendimientos del tabaco.

3.3. Consideraciones generales.

El empleo de especies de abonos verdes es una fuente alternativa de incorporación de nutrientes al sistema suelo-planta. Combinado con el empleo de bio-productos a base de hongos micorrízicos arbusculares se logra la multiplicación de estos hongos a través del cultivo de los abonos verdes y mejorar la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes por los cultivos sucesores, reducir los efectos de estrés asociados con la nutrición, opciones, que permiten incrementar a niveles adecuados los rendimientos y la calidad de los productos, así como una reducción de la dosis de fertilización mineral que se aplica en este cultivo, lo cual favorece alcanzar la sostenibilidad del proceso agrícola.

Los abonos verdes; particularmente del grupo de las leguminosas presentan beneficios no solo asociados con los aportes de N vía fijación biológica; sino también con el reciclaje de nutrientes, el incremento de la actividad biológica del suelo, la cobertura del suelo, el mantenimiento de la humedad y el control de arvenses. Por otra parte, en los últimos años se han incrementado los resultados sobre los efectos positivos de los inoculantes micorrízicos arbusculares al ser aplicados a los cultivos, ya que se establece una simbiosis micorrízica efectiva que hace que aumente la toma de nutrientes, garantiza altos rendimientos y produce disminución en las necesidades de fertilizantes (Rivera *et al.*, 2007; González, 2014).

Los abonos verdes, al descomponerse, dan lugar a una serie de reacciones bioquímicas que incrementan la actividad microbiana del suelo, fomentando una mayor cantidad y diversidad de microorganismos, que se encargan de la mineralización de los elementos nutritivos. También, cuando son incorporados al suelo, favorecen la actividad de los microorganismos como hongos y bacterias que descomponen la celulosa, las que a su vez refuerzan con sus secreciones la consistencia de los agregados del suelo, que son necesarios para el correcto equilibrio del agua y del aire en el suelo (Peoples, 2004).

Los resultados obtenidos demuestran como la especie de abono verde *Canavalia ensiformis* (L) fue capaz de responder favorablemente al ser asociada con el tabaco, aportando al sistema grandes cantidades de nutrimentos (N, P, K) esenciales para el desarrollo de la planta de tabaco, esto se revierte en incrementos de sus rendimientos en clases superiores y rendimiento total. Además con el empleo de la asociación Canavalia+HMA – Tabaco se logró reducir en un 25 % el fertilizante mineral lo que permite incrementar la producción agrícola

de forma ecológica y sustituir los fertilizantes nitrogenados, elemento esencial para el desarrollo y crecimiento del cultivo del tabaco.

CONCLUSIONES

- ✓ Los mayores aportes de masa seca y de nutrientes N, P, K fueron logrados en los tratamientos con la aplicación de canavalia inoculada con HMA y el 75 % y 100 % de la fertilización mineral en tabaco.
- ✓ Con la utilización de la canavalia inoculada se obtienen los mayores rendimientos totales y cuando esta se combina con HMA se alcanzaron los mayores resultados en las variables morfológicas y los rendimientos en clases superiores.
- ✓ Con la utilización de la canavalia micorrizada y la fertilización mineral del 75 % en tabaco, se alcanzaron los mayores rendimientos en clases superiores y se logró reducir un 25 % la fertilización mineral en el cultivo del tabaco.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se recomienda lo siguiente:

- Extender a la producción, el uso de la canavalia inoculada con HMA como abono verde, en función de mejorar los indicadores y el contenido de nutrientes en el suelo, la absorción de estos por las plantas y su efecto positivo en las variables relativas del tabaco como cultivo principal de interés económico. Además de reducir a un 25 % la fertilización mineral para el tabaco negro cultivado al sol.
- Que los resultados de este trabajo se utilicen como material de consulta para estudiantes de pre y postgrado, productores e investigadores de la rama agrícola tabacalera en la provincia de Pinar del Río.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akehurst, B.C, 1973. El tabaco. La Habana: Ciencia y Técnica. 682 p.
2. Álvarez, M.; García, M.; Treto, E. 1995. Los abonos verdes: una alternativa natural y económica para la agricultura. Cultivos Tropicales, 1995, vol. 16, no. 3, p. 9-24.
3. Álvarez, M, 2000. Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de la Habana. Tesis de Maestría en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. UNAH. La Habana. 69 p.
4. Angulo, J.; Carre, B.; Harcoast, J.; Picard, M. 1986. Composición química y papel de aminoácidos del grano de Canavalia ensiformes como recurso para la alimentación animal. XXXVI Convención Anual de ASOVAC. Caracas. Venezuela. Suplemento. 1:153-163.
5. Barber, R.G, 1994. Rotaciones de cultivos para zonas con 1000 a 1300 mm de lluvia por año en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia. Capítulo 13 del "Manual de Manejo de Suelos para agricultores mecanizados". Santa Cruz, Bolivia. 42p.

6. Barrera, T., 2010. Uso y manejo de leguminosas y su aporte a la sostenibilidad de sistemas de producción en zonas tropicales. Postgrado en Ciencia del Suelo, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 13 p.
7. Bernal, H.Y.; Jiménez, L.C. 1990. Haba criolla. *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. (*Fabaceae* – *Faboideae*). Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello (SECAB). Bogotá, Colombia. 531p.
8. Beyra, A.; Matos, G.; Reyes, A. 2004. Revisión taxonómica del género *Canavalia* DC. (Leguminosae/papilionoideae) en Cuba. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas. 28 (107): 157-175.
9. Bittman, S.; Kowalenko, C.G.; Hunt, D.E.; Forge, T.A.; Wu, X., 2006. Starter phosphorus and broadcast nutrients on corn with contrasting colonization by mycorrhizae. *Agron. J.* 98: 394 – 401.
10. Bolaños, J. 1995. Productividad con conservación. Estrategias para la productividad sostenible de maíz en laderas. En Memorias Taller de Productividad y Conservación de los Recursos en la Agricultura de Ladera. Centro Internacional de Mejoramiento Maíz y Trigo. IICA. San Salvador. 94 p.
11. Bonilla, R. 1999. Influencia de las micorrizas sobre suelos algodoneros deteriorados en Codazzi y San Juan del Cisa. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Disponible en: <http://200.13.202.26:90/pronatta/proyectos/pdf/951200235res.pdf> . Consultado mayo de 2012.
12. Borges, M. 2009. Influencia de la *Canavalia ensiformis* (L) D.C en algunas propiedades de un suelo Ferralítico Rojo. Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Ciencias del Suelo. Universidad Agraria de la Habana. 60 p.
13. Bouza, H., Herrera, L.M., Torres, C., Iznaga, E., Vladimirov, V.E., 1981. Utilización de la labranza mínima en los suelos tabacaleros de la provincia de Pinar del Río. *Ciencias Agric.* 10, 83–102.
14. Bouza, H.; Herrera, L.M.; Torres, C.; Iznaga, E.; Vladimirov, V.E. 1981. Utilización de la labranza mínima en los suelos tabacaleros de la provincia de Pinar del Río. *Ciencias Agric.* 10, 83–102p.
15. Bucher, M., 2007. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytologist.* 173 (1): 11 – 26.
16. Bunch, R., 1994. El uso de abonos verdes por agricultores campesinos: lo que hemos aprendido hasta la fecha. Informe Técnico (3). Segunda Edición. CIDICCO. 8p.
17. Bunch, R.; López, G, 1996. La recuperación de suelos en Centroamérica. Midiendo el impacto de 4 a 40 años después de la intervención. Taller Maela, Lima, Perú. 22 – 31 de enero.
18. Burkles, D.; Trionphe, B and Sain, G, 1999. Cover crops in hillside agriculture: farmer innovation with *Mucuna*. International Development Center Ottawa. In: *Agriculture and Environment for Developing Regions*, v. 4, n. 9. 227 p.
19. Bustamante, C.; Rivera, R.; Pérez, G.; Viñals, R. 2010. Promoción del crecimiento de *Canavalia ensiformis* L. mediante la coinoculación de cepas de *Rhizobium* y hongos formadores de micorrizas en suelo pardo sin carbonatos. *Café y Cacao*, 2010, Vo. 9, No. 2, 5 p.

19. Bustio S., 2004. Fitotecnia del tabaco. Conferencia en la especialidad de tabaco. Escuela de Capacitación de la Agricultura. Pinar del Río. Cuba.
20. Cabrera, E.C, 2003. Proyecto Territorial. Introducción de la rotación y cultivos alternantes en un agroecosistema tabacalero de la CCS Tomás León de San Juan y Martínez. Código 0321. Informe técnico No. 1 y No. 2. Institución responsable del proyecto: Estación Experimental del Tabaco. San Juan y Martínez, Pinar del Río. 26 de Diciembre del 2003.
21. Caravaca, F., Alguacil, M.M., Azcón, R., Roldán, A., 2006. Formation of stable aggregates in rhizosphere soil of *Juniperus oxycedrus*: Effect of AM fungi and organic amendments. *Appl. Soil Ecol.* 33, 30–38.
22. Cardoso, I.; Kuyper, T., 2006. "Mycorrhizas and tropical soil fertility." *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 116: 72-84.
23. Chen, X.; Tang, J.; Fang, Z.; Shimizu, K., 2004. Effects of weeds communities with various species numbers on soil features in a subtropical orchard ecosystem. *Agriculture, Ecosystem and Environment.* 102 (3): 377 – 388.
24. Cheng, Z., Anderson, S.H., Gantzer, C.J., Van Sambeek, J.W., 2003. Soil structure characterized using computed tomographic images. pp. 368–374.
25. Choteau, J, 1971. Características Agrobotánicas de la planta de tabaco. Traducciones CUBATABACO. 1 – 18p.
26. CIAT. 2001. Improve soil productivity with canavalia. CIAT – Uganda.
27. CIDICCO, 2004. Canavalia (*Canavalia ensiformis*). http://www.cidicco.hn/especies_av_cc.htm.
28. CIDICCO. 2008. Especies utilizadas como Abono verde o Cultivo de Cobertura. Disponible en: <http://www.cidicco.hn/especies/canavalia.html>. (Consultado en Abril de 2013).
29. Código Internacional de Nomenclatura Botánica, Wikipedia, 2009. http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_Internacional_de_Nomenclatura_Bot%C3%A1nica. <23 – 1 – 09>
30. Cruz, A.F.; Ishii, T.; Matsumoto, I.; Kadoya, K., 2002. Network establishment of vesicular – arbuscular mycorrhizal hyphae in the rhizospheres between trifoliolate orange and some plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 71 (1): 19 – 25.
31. Cruz Hernández, Yoanna; García Rubido, Milagros; León González, Yarilis; Hernández Martínez, Juan M., 2012. Influencia de las micorrizas arbusculares en combinación con diferentes dosis de fertilizante mineral en algunas características morfológicas de las plántulas de tabaco. *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 3, p. 23-26. ISSN 1819-4087.
32. Cuba, 1999. Ministerio de la Agricultura, Grupo de Prospección de Demandas Tecnológicas. Prospección Tecnológica de la Cadena Productiva del Tabaco en Cuba. – San Antonio de los Baños: Instituto de Investigaciones del Tabaco. 36 p.
33. De Souza, F.A.; Trufin, S.F.B.; de Almeida, D.L.; da Silva, E.M.R.; Guerra, J.G.M., 1999. Efeitos de pré – cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. *Pesq. Agropec. Bras.* 34 (10): 1913 – 1923.
34. Díaz, L. F., 1993. Estudio de la influencia de la altura de desbotonado y el método de recolección en el rendimiento y calidad de la variedad de tabaco

- “Burley Habana -13”. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Pinar del Río: Universidad “Hermanos Saiz”. 88p.
35. Díaz, Lourdes; Tremols, J. A.; Blanco, L. E.P. Sánchez y Gloria Perera., 1995. Sistema de rotación y secuencia de cultivos para los suelos Ferralíticos Rojos, dedicados al tabaco. En Reunión Nacional de Investigadores y Productores de Tabaco. Instituto de Investigaciones del Tabaco. La Habana, 1995. Resumen 3-4 pp.
36. Duponnois, R.; Plenchette, C.; Thioulouse, J.; Cadet, P., 2001. The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. *Applied Soil Ecology*. 17(3): 239-251.
37. Durodoluwa, J.; Per Schjønning, O.; Sibbesen, E. y Deboz, K, 1999. Aggregation and organic matter fractions of three Nigerian soils as affected by soil disturbance and incorporation of plant material. *Soil & Tillage Research*. 50 (9): 105-114.
38. Embrapa, Agrobiología. 2007. Base de datos. Leguminosas. http://intranet2.cnpab.embrapa.br/leguminosas/detalhes_busca.asp?cod_id=12&te=ma=resumo.
39. Entry, I.A.; Rygielwicz, P.T.; Watrud, L.S.; Donnelly, P.K., 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of Arbuscular mycorrhizas. *Advances in Environmental Research*. 7: 123 – 138.
40. Espíndola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; de Almeida, D.L. 1997. Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável. Seropédica. Embrapa, Agrobiología.
41. Espíndola, J.A.A.; de Almeida, D.L.; Guerra, J.G.M.; da Silva, E.M.R.; de Souza, F.A. 1998. Influencia da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata – doce. *Pesq Agropec Bras* 33, 339–347.
42. Feng, Y.; Yang X.; Stoffella.; He, P.J., 2005. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18: 339-353.
43. Fernández, F., 2003. La simbiosis micorrízica arbuscular. En: Rivera, R. y Fernández, K. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. INCA. La Habana., 166p.
44. Filho, P.F.M., 2004. Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo. 89 p.
45. Florentín, M.A.; Peñalva, M.; Calegari, A.; Derpsch, R, 2001. Abonos verdes y rotación de cultivos en siembra directa. Pequeñas propiedades. Proyecto “Conservación de suelos” MAG – GTZ San Lorenzo. Paraguay. 84 p.
46. Frioni, Lillian., 1999. Procesos microbianos. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, 286 pp.
47. Fundora L. R; Rivera R; Martín J. V; Calderón A y Torres. A., 2011. Utilización de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo de porta injertos de aguacate en un sustrato suelo-cachaza. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 2, p. 23-29.

48. García, M, 1997. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferralítico Rojo de la Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana. 100 p.
49. García, M.; Treto, E. y Álvarez, M, 2000. Los abonos verdes: una alternativa para la economía de nitrógeno en el cultivo de la papa. II. Efecto de la interacción abono verde dosis de nitrógeno. Cultivos Tropicales. 21 (1): 13 – 19.
50. García, M.; Eolia. Treto, E.; Álvarez, M., 2001. Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizadas como abonos verdes en las condiciones de Cuba. Cultivos Tropicales. La Habana 22(4):11-16.
51. García, M., M. Álvarez y Eolia. Treto. 2002. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. Cultivos Tropicales. La Habana. 23(3):19-30.
52. Gerdemann, J. W. y Nicolson, T. H., 1963. Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans Br. Mycol. Soc.*, 1963, vol. 46, p. 235-244.
53. Giovannetti, M.; Mosse, B., 1980. An evaluation of technique formeasuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New. Phytol*, 84: 489 p.
54. González, M.E. y Rodríguez, Y., 2004. Respuesta de plantas de Coffea canephora a la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares durante la fase de aclimatización. Cultivos Tropicales. 25 (1): 13 – 16.
55. González, P.J.; Arzola, J.; Morgan, O.; Rivera, R.; Plana, R.; Fernández, F., 2008a. Manejo de las asociaciones micorrízicas en pastos del género Brachiaria cultivados en suelos Ferralítico Rojo y Pardo Mullido. En Congreso Científico del INCA (16:2008, nov 24 – 28, La Habana). Memorias. CD – ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 978-959-16-0953-3.
56. González, P.J.; Arzola, J.; Rivera, R. Ramírez, J.F.; Plana, R. Cruz, M., 2008b. Bases para el manejo de las asociaciones micorrízicas en agroecosistemas de pastizales. II Taller nacional de fertilidad de los suelos de la ganadería. Departamento de Pastos y Forrajes. Instituto de Ciencia Animal. 29 – 30 abril 2008. CD – ROM. Grupo ICASoft.
57. González, Yamilis L.; Cabrera, C.E.; Hernández, J.M.; Cordero, P.L, 2007. Introducción de cultivos alternantes y tecnologías de mejoramiento y conservación en un agroecosistema tabacalero de la CCS Tomás León. CUBATABACO. 8 (1): 26-33.
58. González, Yamilis L., Martínez, J.M.H., Miliáns, J.G.G., Rubido, Milagros G., 2009. Influencia de la alternancia de cultivos en la actividad microbiológica de un suelo tabacalero de Pinar del Río. *Cubatabaco* 10, 37–41.
59. González, Yamilis L; Hernández, J.M, García, Betty. H., 2013. Tecnología sostenible para la producción de tabaco en suelos de Pinar del Río. *CUBA TABACO*, 2013, vol. 14, no. 1, p 20-27. ISSN-0138-7456.
60. González, P. J, 2014. *Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica arbuscular vía inoculación y la fertilización mineral en pastos del género Brachiaria*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 167 p., 2014.

61. Gordón, R.; Franco, J.; de Gracia, N.; Martínez, L.; González, A.; de Herrera A. y Bolaños, J., 1993. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con canavalia y mucuna bajo dos tipos de labranza. Síntesis de resultados experimentales 1992. CIMMYT-PRM. Guatemala, 1993, no. 4, p 106-110. ISBN- 968-6923-17-9.
62. Guerra, J.G, 2005. Sistema de rotación y secuencia de cultivos para los suelos de la provincia de Pinar del Río. Proyecto Ramal de Investigación Aplicada en el programa de tabaco y sus derivados. Instituto de Investigaciones del Tabaco, San Antonio de los Baños, La Habana. 20pp.
63. Guerra, J. G; González, Yarilis; Rubido, Milagros; Barrera, O, 2006. Alternancia de cultivos en los suelos dedicados al tabaco negro en Pinar del Río. CUBA TABACO, 7 (2): 3 – 8.
64. Guzmán, T.; Pozo, J.; Rodríguez, J, 1995. Empleo de diferentes leguminosas en sistemas sostenibles de cultivos. Programa y Resúmenes. II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. 17 al 19 de Mayo, La Habana, Cuba.
65. Helgason, T.; Fitter, A.H., 2009. Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota). Journal of experimental Botany: 20 (3) 1-16.
66. Hernández, A, Pérez, J.M, Bosh, D, Rivero, L, 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba., Ed. Instituto de Suelos. ed. AGRINFOR, Ciudad de la Habana.
67. Hernández A. J; Ascanio, A.M.; Cabrera, A.; Morales, M.; Medina, N., 2002. Correlación de la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba con la World Reference Base, [inédito], La Habana, Cuba, 8p. ,2002.
68. Hernández, A.; Ascanio, O.; Morales, M.; Bojórquez, I.; Norma, E. y García, J, 2006. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Nayarit: Universidad Autónoma. ISBN 968833072-8, 255 p.
69. Herrera, R.A.; Ferrer, R.; Furrázola, E.; Oroozco, M. O., 1995. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas (VA) en un bosque tropical. Biodiversidad en Ibero América: Ecosistemas, Evolución y Proceso sociales, (Eds. Maximina Monasterio): Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el desarrollo. Sub – programa XII, Diversidad Biológica, Mérida, 1995, 201p.
70. Horst, W.J.; Kamh, M.; Jibain, J.M.; Chude, V.O., 2001. Agronomic measures for increasing P availability to crops. Plant and Soil. 237 (2): 211 – 223.
71. Izquierdo, A. M.; Borges, A. M., 2010. Diagnóstico del momento de recolección del Tabaco negro variedad 'Corojo 99' mediante el índice de madurez técnica. CUBA TABACO, 2010, vol. 11, no. 1, p 3 – 9. ISSN-0138-7456.
72. Janos, D.P., 2007. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. Mycorrhiza. 17: 75 – 91.
73. Kabir, Z.; Koide, R.T., 2000. The effect of dandelion as a cover crop on mycorrhiza inoculum potential, soil aggregation and yield of maize. Agriculture, Ecosystems and Environment. 78: 167 – 174.

74. Krishna, M. S.; Raghavaiah, C.V.; Athinarayanan, R., 1994. Influence of different organic manures on production and quality of Indian cigar tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). CORESTA 1: 71p.
75. Lagos, C.; Velasco, R.H.; González, J.U., 1995. Maíz – base de sistemas intensivos de producción en riego en Chile. En Diálogo XLIII Maíz: sistemas de producción. Programa 62 cooperativo para el desarrollo tecnológico agropecuario del Cono Sur. Procisur. IICA, Montevideo, Uruguay. 188p.
76. Linuesa, R., 1987. La erosión de los suelos. Fitopatología y agricultura (AGRISHELL), 36:18-23.
77. Llanes J. M.; Cabrera E.; Riverol M.; Otero A.; Rivera J., 1996. Abonos verdes, una opción en el mejoramiento y conservación de los suelos dedicados al cultivo del tabaco. IV Jornada científica. Instituto de Suelos y II Taller sobre desertificación. 9p.
78. Lozano, Z.; Hernández, R.; Delgado, M., 2011. Cultivos de cobertura y fertilización fosfórica y su efecto sobre algunas propiedades químicas del suelo en un sistema mixto maíz-ganado. Venesuelos, 2011, 19:45-54. ISBN-978-980-00-2774-5.
79. Marí, J. A.; Hondal, L. N., 1984. El cultivo del tabaco en Cuba. La Habana. Ed: Pueblo y Educación, 128 p.
80. Martín, G. M.; Janaina, R.; Costa, R.; Urquiaga, S.; Rivera, R., 2007. Rotación Del Abono Verde *Canavalia Ensiformis* Con Maíz y Micorrizas Arbusculares. En Un Suelo Nitisol Ródico Éutrico De Cuba. *Agronomía Trop.*, 2007, vol. 57, n. 4, p. 313-321.
81. Martín, G. M., 2009. Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, *Canavalia ensiformis* y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. (INCA). La Habana. 101 p.
82. Martín, G.M., Rivera, R.A., Bustamante, C., 2010. Abonos Verdes/Cultivos de Cobertura: Solución ecológica para la agricultura. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba. 67 p.
83. Martín, G. M.; Rivera, R.; Pérez, A.; Arias, L. 2012. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (cepa INCAM-4), su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. Cultivos Tropicales. 33(2): 20-28.
84. Martínez Viera, R.; Dibut, B.; Casanova, I. y Ortega, M., 1997. Acción estimuladora de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo del tomate en suelo Ferralítico Rojo. Efecto sobre los semilleros. *Agrotecnia de Cuba*, 1997, Vol 27, no 1, p. 23-26. ISSN 0568- 3114.
85. Martínez, R., López, M., Dibut, B., Zambrano, C.P., Sánchez, J.R., 2007. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. 172 p.
86. Mateo, J.M., 1961. Leguminosas de grano. Ed. Revolucionaria. La Habana, 538 p.
87. Mc Gill, W. B.; Cannon, K. B.; Robertson, J. A.; Cook, F. D.O., 1986. Dynamics of soil microbial biomass and water- soluble organic Cin Breton L after 50 years of cropping to two rotations. *Can. J. Soil Sci.*, 66: 1- 19.

88. MINAG., 1998. Instructivo Técnico para el Cultivo del Tabaco. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones del Tabaco. La Habana, Cuba, SEDAGRI / AGRINFOR, 128 p.
89. MINAG, 2001. Instructivo Técnico para el cultivo del tabaco. Manual Técnico para el cultivo del tabaco negro al sol, recolectado en hojas y en mancuernas. Cuba, 27 p.
90. MINAG, 2004a. Instituto de Investigaciones del Tabaco.: Instructivo Técnico para el Acopio y Beneficio del tabaco negro cultivado al sol. Ed AGRINFOR, La Habana, 2004a, 25 p. ISBN: 959-246-080-9.
91. MINAG., 2004b. Instructivo Técnico para el procedimiento y evaluación de la combustibilidad del tabaco cubano. Ed. SEDAGRI/AGRINFOR, La Habana, 16 p.
92. MINAG, 2012. Colectivo de autores. Instructivo Técnico para el cultivo del Tabaco en Cuba. Ministerio de la Agricultura. Instituto de Investigaciones del Tabaco. Artemisa, 2012. 148 p. ISBN-978-959-7212-07-2.
93. Montaña, N.M, Quiroz, V, Cruz, G, 2001. Colonización micorrízica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en un andisol. *Terra* 19, 337–344.
94. Monzón, A.; Azcón, R., 1996. Relevance of mycorrhizal fungal origin and host plant genotype to inducing growth and nutrient uptake in *Medicago* species. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1996, vol. 60, no. 1, p. 9–15.
95. Morales C; Calaña J. M; Corbera J y Rivera R., 2011. Evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en *begonia sp.* *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 2, p. 17-22.
96. Morell, F.; Hernández, A.; Fernández, F. y Toledo, Y, 2006. Caracterización agrobiológica de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la región de San José de las Lajas, en relación con el cambio en el manejo agrícola. *Cultivos Tropicales*, 27(4): 13-18.
97. Netto, D.V., 2008. Apuntes de clase - Facultad de Agronomía. U.B.A. Biología. Las plantas y los minerales. Disponible en: http://www.fisicanet.com.ar/biología/fisiología/ap01_absorcion_de_minerales.php. Consultado en Septiembre de 2013.
98. Oomah, B.; Bushuk, W. 1983. Characterization of lupine proteins. *J Food Sci*, 48 (1): 38 41.
99. Oficina Nacional de Normalización: Tejido Vegetal. Determinación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, NC 144, La Habana, Cuba, Vig 2010.
100. Paneque, V.M., 2001. La fertilización de los cultivos. Aspectos teórico – prácticos para su recomendación. Folleto impreso. INCA. 25 p.
101. Paneque, V.M.; Calaña, J. M.; Calderón, M.; Borges, Y.; Hernández, T.; Caruncho, M., 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos Referencias bibliográficas orgánicos y fertilizantes químicos. Ediciones INCA, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, 160 p.
102. Pell, E. J, 1997. Schelaghnauter, C. D., and Arteca, R. N. Ozone-induced oxidative stress: Mechanisms of action t reaction. *Physiol. Plant.* 100: 264-273.

103. Peña Castellanos, L., 2001. La agroindustria tabacalera cubana en la década de los noventa y su inserción en la economía internacional. Presented at the XXIII Congreso Internacional de LASA, Centro de Investigación de la Economía Internacional, Universidad de La Habana, Marriott Wardman Park Hotel, Washington DC, p. 29.
104. Peña, C. P.; Cardona, G. I.; Mazorra, A.; Arguellez, J. H.; Arcos, A. L., 2006. Micorrizas arbusculares de la amazonia colombiana. Catalogo Ilustrado. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 90 p.
105. Peoples, M, 2004. Nitrogen dynamics in legume-based pasture systems. In SCOPE 65: Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizer Use on Food Production and the Environment, edited by A.R. Mosier, J.K. Syers and J.R. Freney. Island Press, Washington, DC, USA.
106. Pozo, J.L.M, 1998. Alternativas de manejo agronómico sostenible. Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias. Universidad Agraria de la Habana. 70p.
107. Pozzi, C, 2005. Estudio de sistemas de uso do solo en rotações de culturas en sistemas agrícolas brasileiros: dinâmica de nitrogênio e carbono no sistema solo – planta – atmosfera. Tesis de Doctorado Fitotecnia. Seropédica. Universidad Federal Rural do Rio de Janeiro. 120p.
108. Prager, M.; Victoria, J.A.; Sánchez de P, M, 2002. El suelo y los Abonos Verdes, una alternativa de manejo ecológico. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira y Ministerio de Agricultura. Cuadernos ambientales. 7: 4-16.
109. Quintana, G. V; Pino; Luisa A. P; Hurtado, L. L; Núñez, A. M, Carrazana, O. L., 2011. La rotación de cultivos en tabaco (*Nicotiana tabacum* L) como práctica indispensable para una agricultura sostenible. *CUBA TABACO*, 2011, Vol. 12, No. 1, p 40-49. ISSN-0138-7456.
110. Resende, A. S. De.; D. M. Quesada.; Xavier, R. P.; J. G. M. Guerra, J. G. M.; R. M. Boddey, R. M.; Alves, B. J. A.; Urquiaga, S., 2001. Uso de leguminosas para adubação verde: importância da relação talo/folha. *Agronomía*. 35(1-2):77-82.
111. Rillig, M. C.; Lutgen, E. R.; Ramsey, P. W.; Klironomos, J. N. y Gannon, J. E., 2005. Microbiota accompanying different arbuscular mycorrhizal fungal isolates influence soil aggregation. *Pedobiologia*, 49: 251-259.
112. Rillig, M. C. y Purin, S., 2007. The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin: Limitations, progress and a new hypothesis for its function. *Pedobiologia*, 51: 123-130.
113. Rivera, R.; Fernández, K. 2003. Bases científico – técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Rivera, R. y Fernández, K. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe. INCA. La Habana., 166p.
114. Rivera, R., F. Fernández, A. Hernández, J. R. Martín y K Fernández, 2003. Bases científico – técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. In: Rivera, R. y Fernández, K. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. INCA. La Habana, 2003, 166 p.

115. Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, K.; Ruiz, L.; Sánchez, C. y Riera, M., 2007. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. In: C. Hamel and C. Plenchette, eds. *Mycorrhizae in crop production*. Binghamton, USA: Haworth Press. p. 151-196, 2007.
116. Rodríguez, Y.; Dalpé, Y.; Seguin, S.; Fernández, F.; Fernández, F.; Rivera, R., 2011. *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. MYCOTAXON. 118, October–December. 337–347p.
117. Sánchez, C., 2001. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares y abonos verdes en la producción de posturas de café en algunos tipos de suelo. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. Cuba. 105 p.
118. Sánchez, C.; Rivera, R.; Caballero, D.; Cupull, R.; González, C.; Urquiaga, S., 2011. Abonos verdes e inoculación micorrízica de posturas de café sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 3, p. 11-17.
119. Sanclemente, R.O.; Torres, P.C.; Rocío Beltrán, Liliana. R. A., 2012. Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). RIAA, 2012, vol. 3, no. 1, p. 41-46. ISSN-e 2145-6453.
120. Shoko, M., 2009. Exploring phosphorus, *Mucuna* (*Mucuna pruriens*) and nitrogen management options for sustainable maize production in a depleted kaolinitic sandy loam soil of Zimbabwe. Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Agriculture, At Stellenbosch University. Chapter 3: 26-40.
121. Sieverding, E., 1991. Vesicular – arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical cooperation. Federal Republic of Germany. Eschborn, Friedland: Bremer; Russdorf: T2-Vert.-Ges. Germany. 371p.
122. Simó, J.; Ruiz, L.; Rivera, R.; Carvajal, D.; Morales, O., 2009. Contribución micorrízica en los sistemas integrados de nutrición y fertilización de bananos en Cuba. Presentaciones. Taller Nacional de la Red Temática de Simbiosis Micorrízica Referencias bibliográficas 25 al 27 de noviembre de 2009. Memorias. CD – ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
123. Siqueira, J.O.; Franco, A.A., 1988. Biotecnología do solo. Fundamento e perspectivas. Brasília: MEC – Ministerio de Educação, ABEAS; Larras: ESAL, FAEPE. 236 p.
124. TABACUBA, 2001. Estadísticas campaña tabacalera, 1999/2000, 2000/2001, Ciudad de la Habana.
125. TABACUBA, 2013. Grupo Empresarial de Tabaco.: Procedimiento para la contratación de la producción agrícola tabacalera y de la producción de frijol. MP DA- 02. Versión 5, pág 16, Enero, 2013.
126. Torrecilla, G.; Pino, A.; Alfonso, P.; Barroso, A., 2001. Metodología para las mediciones de los caracteres cualitativos de la planta de tabaco. *Cienc. Téc. Agric. Tabaco*. 3(1): 21 - 61.
127. Torrecilla, G.; Cabrera, Mileidy y Pérez, J. L., 2012. Principales descriptores para la caracterización morfo-agronómica del género nicotiana. *CUBA TABACO*, 2012, Vol. 13, No. 2, p 44 - 50. ISSN-0138-7456.

128. Torres, D.; del Pino, A.; Casanova, O.; Arrondo, F. 1995. Abonos verdes para maíz. Diálogo XLIII Maíz: Sistemas de producción. Programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agropecuario del Cono Sur. PROOCISUR. IICA. Montevideo, Uruguay. 188p.
129. Treto, Eolia; García, M.; Martínez, R.; Febles, J.M., 2001. Avances en el manejo de los suelos y la nutrición orgánica: 167 – 190. En: Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. Eds: Funes, F.; García, L.; Bourque, M.; Pérez, N.; Rosset, P. ACTAF, La Habana, Cuba. 286 p.
130. Tso, T. C., 1990. *Production, Physiology and Biochemistry of Tobacco plant and Education in Agricultural and Life Sciences*. New York, Institute of International Development and Education in Agricultural and life Sciences, 1990, 685 p. ISBN- No.1-878670-01-8.
131. Ulrike, B. 1997. Manual de Leguminosas de Nicaragua. Pasolac, E.A.G.E. Estelí. Nicaragua. 528 páginas.
132. Urquiaga, S.; Zapata, F, 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Génesis: Río de Janeiro: Embrapa, Agrobiología. 110 p.
133. Villalón, Ailyn. H; Alemañy, Milagros. G; Pérez, V.V; Rodríguez, Marisela. C.C., 2011. Influencia de las secuencias de abonos verdes con tabaco, en las propiedades químicas de un suelo ferralítico rojo compactado (I). *CUBA TABACO*, vol. 12, no. 2, p 36-44. ISSN-0138-7456.
134. Villegas, J.; Fortin, J.A., 2002. "Phosphorus solubilization and pH changes as a result of the interactions between soil bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on a medium containing NO₃- as nitrogen source." *Can. J Bot.* 80: 571-576.
135. Xoconostle, B.; Ruiz, R., 2002. Impacto de la biotecnología agrícola en cultivos: el caso de las micorrizas. *Avance y Perspectiva.* 21: 263 – 266.
136. Zea, J. L.; Barreto, H.; Sain, G. 1992. Efecto de intercalar leguminosas a diferentes dosis de fósforo sobre el rendimiento de maíz, (*Zea mays L*), en 24 ensayos a través de Centroamérica. En *Análisis de los Ensayos Regionales de Agronomía de 1990, CIMMYT.* Guatemala. 27-42 p.
137. Zea, J. L. 1993. Efecto residual de intercalar leguminosas sobre el rendimiento de maíz en nueve localidades de Centroamérica. *Rev. Agronómica Mesoamericana*, 4:18–22.