

**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRICOLAS
EMPRESA AGROPECUARIA CAMILO CIENFUEGOS**

MINAZ

**EFECTO DE LOS HONGOS MICORRIZOGENOS
ARBUSCULARES (HMA) Y UN FITOESTIMULADOR
SOBRE LOS CULTIVOS DE LA YUCA (*Manihot esculenta*
Crantz) Y EL BONIATO (*Ipomoea batata* Lam.) EN SUELO
FERRALÍTICO ROJO LIXIVIADO**

***Tesis para optar por el título académico de Maestro en
Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes***

Autor: Ing. Jorge González Acosta

Tutor: Dr. C. Luis Ruiz Martínez

LA HABANA

2008

Dedicatoria

*Con amor, a quienes debo no solo la existencia,
sino la razón y el sentido de la vida.*

Mi Madre: América Acosta Puente

Mis Hijos: Yosip Y Yosep.

Mi Esposa: Doris Brito Hernández.

Agradecimientos

Con la culminación de este trabajo de tesis quiero agradecer y expresar mi reconocimiento a todas aquellas personas que han hecho posible su realización.

Al **Dr. C. Luis Ruiz Martínez** por aceptar la tutoría de la tesis y haberme guiado para dar cumplimiento a cada objetivo del trabajo científico y sobre todo por su confianza que en todo momento he recibido, tanto de él como de su familia.

Quiero agradecer al **Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)** y en su nombre al director **Dr. C. José R. Martín Triana**.

Al **Dr. C. Nicolás L. Medina Basso** por ser el coordinador del curso y además el padrino del grupo, el cual nos asesoró y orientó a lo largo de casi los dos años de clases, entregándose con dedicación y desinterés.

Al **Dr. C. Adriano Cabrera Rodríguez** por aceptar la oponencia de la tesis, dedicarle tiempo a su revisión y sus acertadas orientaciones.

Al **Dr. C. Ramón Rivera** por su confianza depositada en los trabajos que estamos realizando de conjunto en la Empresa.

A los compañeros del departamento de **Matemática Aplicada** y en su nombre al **Dr. C. Alberto Caballero Nuñez** por su ayuda prestada y su sincera amistad.

Al **Dr. C. Walfredo Torres** por haberme brindado sus conocimientos, dedicación y esfuerzo .

A todos los compañeros de la Empresa Agropecuaria Camilo Cienfuegos, en especial a la **Dirección de Producción** por su apoyo y ayuda desinteresada, durante el transcurso de la duración del curso.

Al **Dr. C. Sergio Rodríguez Morales** por su apoyo exitoso en el desarrollo del contrato de colaboración científico técnico del INIVIT con la Empresa Agropecuaria Camilo Cienfuegos

A todos los **Ingenieros, Licenciados, Especialistas y Técnicos** del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal por su ayuda brindada en cada momento del desarrollo del documento de tesis.

A mi **Madre y Hermanos** quiero agradecerle todo el cariño y el ánimo que me han dado y principalmente quiero reconocer el apoyo que siempre me dieron con mis hijos, garantizando la tranquilidad necesaria para la realización de esta tesis.

A mi esposa **Doris Brito Hernández** por su amor, cariño y comprensión, por el apoyo moral e incondicional que siempre he recibido de ella. Por darme tranquilidad y confianza de que siempre podría contar con ella en la atención de mis hijos y mi madre.

SINTESIS

Con el objetivo de demostrar la factibilidad del uso combinado de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA), el fitoestimulador FitoMas E y la fertilización mineral en los cultivos de la yuca y el boniato, se realizó el montaje de un programa de experimentos en condiciones de campo. Las investigaciones se desarrollaron durante los años 2005 y 2006, en áreas de la Empresa Agropecuaria Camilo Cienfuegos, perteneciente al Ministerio del Azúcar (MINAZ), sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de bajo contenido de P y alto de K. Los resultados mostraron que los mejores tratamientos fueron la combinación HMA+FitoMas E+25% NPK para el cultivo de la yuca y HMA + fitomas E + 50% NPK para el boniato, que produjeron los mejores rendimientos y los más altos valores de índice de eficiencia (IE) y colonización de las raíces por HMA, además existió un efecto significativo y positivo del porcentaje de colonización de las raíces por los HMA con la aplicación del FitoMas E y del fertilizante mineral. Se destacó una efectividad económica buena de las nuevas tecnologías o variantes propuestas, para los dos años de estudio. Se recomienda el uso combinado de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) y el FitoMas E, con dosis complementarias de fertilizantes minerales (NPK), correspondiente al 25% para la yuca y el 50% para el boniato, de las dosis que comúnmente se aplican a estos cultivos en el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. La altura de la yuca se comportó en el tratamiento de HMA +Fitomas E +25% NPK sin diferencia significativa con relación al del 100% de fertilizante mineral. El peso del tubérculo del boniato se comportó en el tratamiento de HMA +Fitomas E +50% NPK, sin diferencia significativa con relación al de 100% de NPK. Con relación al efecto económico, se pudo comprobar que una hectárea de yuca con HMA +Fitomas E +25 % NPK, además de tener similar comportamiento en el rendimiento al del 100% de fertilización mineral, mostró ganancias por \$265.29. En el caso del boniato se pudo comprobar que el tratamiento de HMA +Fitomas E +50% NPK, además de tener similar comportamiento en el rendimiento, tuvo ganancias de \$61.56.

1. INTRODUCCION

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el boniato (*Ipomoea batata* Lam.), constituyen cultivos de importancia económica. La producción mundial alcanzó alrededor de 500 millones de toneladas en el año 2006, ubicándose en un lugar relevante para la alimentación de los habitantes del planeta, pues el producto llega a más de 1000 millones de consumidores y dentro del total, 500 millones pertenecen a países en vías de desarrollo (FAO, 2006).

En Cuba estos son cultivos de alta demanda popular y tienen múltiples usos, es por ello que en la actualidad se siembran más de 100 000 ha.año⁻¹; sin embargo la producción en el año 2006 no alcanzó el millón de toneladas, debido a los bajos rendimientos obtenidos, los cuales oscilaron entre 5 y 8 t.ha⁻¹ (MINAGRI, 2006). Son varios los factores que inciden en los bajos rendimientos que se alcanzan y están relacionados fundamentalmente con el mal manejo de la "semilla", deficiente fitotecnia, daños por plagas y enfermedades y bajo aseguramiento de insumos para el riego y la aplicación de fertilizantes minerales.

En los últimos 40 años en Cuba, las recomendaciones de fertilizantes minerales para las raíces y tubérculos han pasado por tres etapas fundamentales: la primera abarcó el período 1960-1980 y se caracterizó por la utilización de sistemas de fertilización ineficientes, que si bien incluían dosis basadas en la experiencia práctica de los productores, los mismos no se encontraban ajustados por tipos de suelos y los niveles de disponibilidad de nutrientes de estos.

Una segunda etapa (1981-1990) donde las investigaciones realizadas por el Servicio de Suelos y Agroquímica, organizado por la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes y el Instituto de Investigaciones Agroquímicas y Mejoramientos de Suelos y otras instituciones, permitieron la aplicación del Servicio Agroquímico, dio la posibilidad de establecer sistemas de recomendaciones de fertilizantes NPK por cultivo, basados en el tipo de suelo y la disponibilidad de los nutrientes.

La tercera etapa, comprendida entre 1991-2006, en la que se produjo una reducción drástica de la adquisición y aplicación de fertilizantes minerales, como consecuencia del Período Especial (MINAGRI, 2006).

Además, hay que considerar tres aspectos que pueden agravar la situación: 1) la erogación en divisas que recaba la adquisición de fertilizantes no puede ser asumida totalmente por el país debido a sus altos precios y a las dificultades económicas (Pagés, 1994); 2) son cultivos que realizan considerables exportaciones de nutrimentos, llegando a agotar las reservas del suelo si no se toman medidas a tiempo (Portieles y col., 1983 y 1986; Ruiz y col., 1987b) y 3) es imprescindible para el país incrementar los rendimientos en estos cultivos hasta niveles económicamente aceptables, por el papel que juegan en la alimentación de la población.

La imperante necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia de utilización de los fertilizantes minerales y el auge adquirido en la implantación de tecnologías cada vez más respetuosas del ecosistema y los recursos naturales, han dado nueva vida e impulso notable a la idea del uso de los biofertilizantes y los fitoestimuladores, como es el caso de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) y el FitoMas E, respectivamente.

La eficiencia de los HMA se encuentra en alto grado condicionada a múltiples factores vinculados al dinamismo del sistema suelo-planta y en los últimos años se ha acumulado una valiosa información sobre el manejo de la simbiosis en diferentes cultivos, incluidos la yuca y el boniato.

Varios autores han hecho énfasis en la importancia, beneficios y ventajas de la simbiosis micorrízica (Ferrer y Herrera, 1991; CIAT, 1991; Thomas y col., 1994; MES, 1995; Martínez Viera y Hernández, 1995; Fernández y col., 1997; INCA, 1998), otros trabajos se han referido al aislamiento y clasificación de las especies y cepas (Tester y col., 1987; Ferrer y Herrera, 1991; Sieverding, 1991; Furrázola y col., 1992; Alarcón y col., 1994), algunos han puesto de relieve el carácter específico selectivo de las especies respecto al cultivo (CIAT, 1984) y al suelo (Sieverding, 1984b; Howeler, 1985; Rivera y col., 1999) aspectos en los cuales no siempre existen criterios coincidentes.

No pocos investigadores han dedicado su atención al papel de los HMA en la nutrición vegetal, con énfasis en lo que respecta al P (Safir, 1980; Ruiz Martínez, 1984; Ahiabor e Hirata, 1994; INCA, 1998; Fernández, 1999; Sánchez y col., 2000a) y también al pH (Howeler, 1985; Primavesi, 1990; De Miranda y De Miranda, 1994).

La importancia de la materia orgánica se refleja de forma más limitada (Gaonker y Sreenivasa, 1994; Ishii y Kandoya, 1994), ocurriendo lo mismo en cuanto a su empleo combinado con fertilizantes minerales (Siqueira y Franco, 1988; García y col., 1993; Milián Morales, 1993, 1994; Gómez y col., 1997; Fernández y col., 1997; INCA, 1998), mientras que muy pocos se han hecho eco de los métodos de inoculación y de la permanencia de las especies eficientes de HMA inoculadas (Sieverding y Laihner, 1984a; Sieverding, 1991; Sivila y Hervé, 1994; Fernández y col; 1977; Riera y col; 2000; Ruiz y col; 2006).

El FitoMas E es un producto derivado de la industria azucarera cubana, es un fitoestimulante en base a sustancias bioquímicas de alta energía propias de los vegetales superiores, principalmente aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos bioactivos, que puede aplicarse, tanto foliarmente como por riego en cualquier fase fenológica de un cultivo independientemente de la parte del vegetal que constituya el interés económico de la cosecha. Se ha reportado el uso de este producto en diversos cultivos con resultados significativos en cuanto a rendimiento, incremento del vigor de las plantas y superación de los eventos estresantes; por ejemplo en caña de azúcar (30% de incremento del rendimiento), tabaco (52%), tomate (49%), pepino (47%), lechuga (37%) y habichuela (50%), entre otros (Montano y col., 2006; López y col., 2006; Montano y col., 2007).

Sin embargo, en Cuba prácticamente no existen antecedentes del efecto producido por el FitoMas E en el cultivo de la yuca y el boniato y mucho menos aplicado combinado con una especie eficiente de HMA. En la agricultura convencional, el FitoMas E puede contribuir considerablemente a la reducción de los agroquímicos, también se pone de manifiesto su acción estimulante cuando se usa asociado a otros productos de acción protectora o estimulante recomendados

en la agricultura sostenible, casos en los que se potencia la acción de manera significativa (Montano y col., 2007).

El trabajo aportó resultados que permiten validar el papel de los hongos micorrizógenos y el FitoMas E en la nutrición de la yuca y el boniato en su aplicación práctica, es decir la necesidad de considerar la biofertilización como un fenómeno importante para el manejo de las dosis óptimas de NPK.

Es necesario señalar que la biofertilización, es una alternativa para la agricultura, su valor está en lograr una inoculación eficiente de los HMA y una aplicación correcta del FitoMas E, ya que cuando esto se logra, aumenta la capacidad de los cultivos para absorber nutrientes, agua y su protección contra organismos fitopatógenos.

Se demostró que la biofertilización no es incompatible con la aplicación de fertilizantes minerales, siendo posible la determinación de las dosis óptimas de fertilizantes, ya que se logra mejorar la eficiencia de estos. En la actualidad la situación que existe con la fertilización mineral de la yuca y el boniato de aplicar una estrategia donde se tengan áreas “protegidas” con fertilizantes minerales, se pueden estos productos tener en cuenta para lograr sistemas agrícolas sostenibles.

Partiendo de lo señalado con relación a esta importante problemática, la tesis se desarrolló basada en la siguiente hipótesis:

Es factible el desarrollo de sistemas agrícolas eficientes basados en el uso combinado de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) y el fitoestimulador Fitomas E para la producción de yuca y boniato, complementando los requerimientos nutricionales de las plantas con dosis reducidas de fertilizantes minerales, todo lo cual permite altos rendimientos agrícolas.

De acuerdo a la hipótesis se desarrolló un programa de investigaciones con los siguientes objetivos

GENERAL:

- Evaluar los cultivares de yuca y boniato con la inoculación de HMA y la aplicación de Fitomas

ESPECIFICOS:

- Definir el efecto simple y combinado de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA), el Fitomas E y la fertilización mineral sobre la altura de la planta, el peso promedio de los tubérculos y los rendimientos de la yuca y el boniato.
- Determinar el índice de eficiencia (IE) de los HMA en la yuca y el boniato.
- Determinar la influencia de la fertilización mineral sobre la efectividad de la inoculación de los HMA y la aplicación del FitoMas E en los rendimientos de la yuca y el boniato.
- Definir las dosis de fertilizantes minerales más eficientes en la yuca y el boniato, cuando se aplican en combinación con los HMA y el FitoMas E.
- Evaluar la factibilidad económica de los mejores tratamientos encontrados.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Requerimientos nutricionales de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y el boniato (*Ipomoea batata Lam.*).

Las investigaciones realizadas en Cuba han demostrado que la yuca y el boniato extraen y exportan grandes cantidades de nutrientes del suelo, como se observa en la Tabla 1 (Portieles y col., 1983 y 1986).

TABLA 1. Extracción y exportación de nutrientes por la yuca y el boniato (modificado de Portieles y col.; 1983,1986)

Cultivo	Rdto. (t.ha ⁻¹)	Extracción (kg.ha ⁻¹)			Exportación (kg.ha ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Yuca	36,7	110	88	177	44	35	113
Boniato	35,7	240	98	470	62	34	114

Una característica común de la yuca y el boniato es el hecho de que sus rizomas presentan, proporcional a su elevada capacidad de rendimiento, demandas altas de nutrientes, lo que provoca que con la cosecha ocurran considerables exportaciones de los mismos del suelo; trayendo como consecuencia una sensible disminución de la fertilidad. De ahí que la fertilización, sobre todo de N, P y K, se haga imprescindible para estos cultivos.

La yuca y el boniato pueden exportar del suelo en un ciclo de cosecha las cantidades de nutrientes por toneladas de productos cosechados de acuerdo al tipo de suelo y los rendimientos que se obtengan; en los experimentos que se realizaron, la exportación fue de : 1,20; 0,95 y 3,08 Kg. de N, P₂O₅ y K₂O en la yuca y 1,74; 0,95 y 3,19 para el boniato. Para estas cantidades se ha publicado que el coeficiente de aprovechamiento de los fertilizantes minerales es bajo, siendo del orden de 30-50 % para el N, del 10-30 % para el P y del 15-45 % para el K (Caballero, 1973; Ruiz Martínez y col., 1987 y 1990).

2.2. Sistemas de fertilización para la yuca y el boniato en suelos Ferralíticos Rojos.

Durante las últimas cuatro décadas, los sistemas de fertilización para la yuca y el boniato han tenido varios cambios motivados por dos razones fundamentales: por el avance de las investigaciones realizadas en el campo de la nutrición vegetal y por el desarrollo económico del país.

Los mayores avances en este sentido se tenían en el cultivo de la papa en suelos Ferralíticos Rojos, debido a las investigaciones realizadas por el Instituto de Suelos (IS); para el resto de las raíces y tubérculos, las recomendaciones se realizaban basadas en dosis de fertilizantes de fórmula completa, que en ocasiones variaban en cuanto a la relación de los nutrientes, trayendo como consecuencias dosis desbalanceadas con excesos o deficiencias de algunos elementos, pues no se tenía en cuenta el tipo de suelo y su nivel de fertilidad (Tabla 2).

TABLA 2. Sistemas de fertilización para las raíces y tubérculos en suelos Ferralíticos Rojos.

Cultivo	Etapa 1960-1980 (kg.ha ⁻¹)			Etapa 1981-1990 (kg.ha ⁻¹)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅		K ₂ O	
					B-M*	A-MA*	B-M	A-MA
Yuca	120	70	221	140	60	48	200	150
Boniato	120	60	180	72	60	48	180	144

* B-M = Fertilidad baja a media.

* A-MA = Fertilidad alta a muy alta.

La tercera etapa, comprendida entre 1991-2006, ha estado matizada e influenciada por las dificultades económicas del país, produciéndose una reducción considerable de la adquisición y aplicación de fertilizantes minerales, que marcó su nivel crítico en el año 1993, con 80 % de disminución con respecto al nivel de aplicación del año 1990.

En la actualidad, aunque existe una tendencia a una recuperación sostenida, sólo se le aplica fertilizantes minerales al 30 % de las áreas que se siembran de yuca y boniato (MINAGRI, 2006).

2.3. Situación actual de los fertilizantes minerales para la yuca y el boniato en Cuba.

En la actualidad existe un amplio rango de opiniones acerca del uso de los fertilizantes minerales o inorgánicos, estas opiniones van desde aquellas personas que piensan que se debe utilizar dosis bajas (ACAO, 1995; Orellana y col., 1995; Paniagua, 1996; Nova, 1997; Conpagnoni, 1997); hasta las que recomiendan o hacen un uso intensivo de los fertilizantes minerales (McMahon, 1993; Portch, 1995; Pineda, 1996; Espinosa, 2000).

La FAO (1984 y 1997a) ha señalado que la solución del problema de la producción de alimentos dependerá del aumento de la productividad de las tierras, considerándose que los fertilizantes juegan un importante papel dentro de la producción de insumos alimenticios. Por tal motivo, la producción mundial de fertilizantes minerales se incrementó sostenidamente entre los años 1985-1989 (de 139 600,0 a 158 300,0 miles de toneladas) observándose cierta disminución entre los años 1990-1994 (de 152 900,0 a 131 500,0 miles de toneladas), debido al elevado consumo de energía fósil para su producción, el aumento de los precios y la toma de conciencia a nivel mundial sobre la necesidad de proteger el medio ambiente; no obstante existió una recuperación de la producción de estos insumos a partir de 1995 motivado fundamentalmente por la reducción de los precios de los fertilizantes (FAO; 1997b).

Cuba no ha estado exenta de estos problemas, teniendo similar comportamiento en los últimos 20 años. En la etapa entre 1985-1990 el país mantuvo un adecuado suministro de fertilizantes minerales para la yuca y el boniato (MINAGRI, 2000b), llegándose a aplicar 92 100 toneladas en 1987 para estos cultivos (Figura 1), con el objetivo fundamental de incrementar los rendimientos y la calidad del producto.

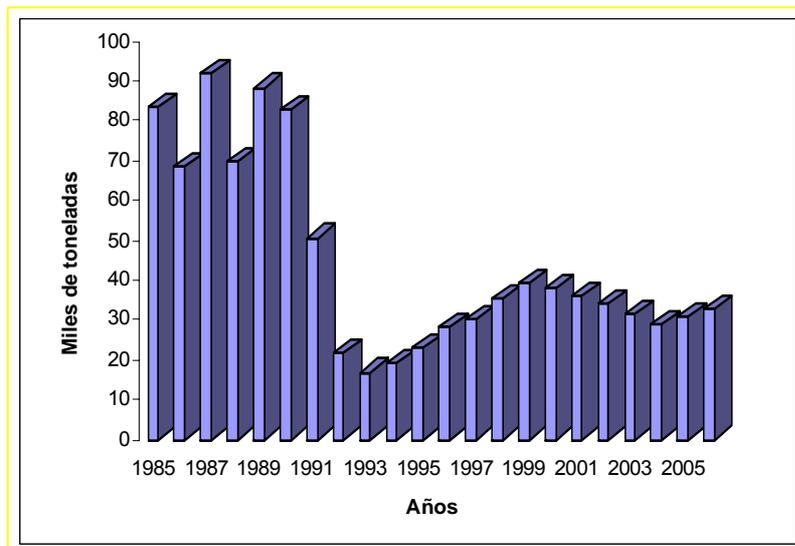


FIGURA 1. Aplicación de fertilizantes minerales para la yuca y el boniato en Cuba (Período de 1985-2006).

Sin embargo, en la última etapa (1991-2006), la situación cambió considerablemente pues entre 1990-1993 la aplicación de fertilizantes minerales para la yuca y el boniato, disminuyó drásticamente de 82 800 toneladas en 1990 a 16 900 en 1993 (MINAGRI, 2000b), lo que contribuyó entre otros factores a una disminución significativa de los rendimientos en ese período.

Si bien a partir de 1994 se ha producido cierta recuperación en las cantidades de fertilizantes minerales que se aplican, debido fundamentalmente a la disminución de los precios que ha permitido discretos incrementos en los rendimientos en la yuca y el boniato, la realidad es que en la actualidad estas cantidades son insuficientes.

También debe tenerse en cuenta que la erogación en divisas que recaba la adquisición de fertilizantes minerales no puede ser asumida totalmente por el país, debido a las dificultades económicas actuales, y que la yuca y el boniato son cultivos que realizan considerables extracciones y exportaciones de nutrientes del suelo, llegando a agotar los mismos si no se toman medidas a tiempo (Nijholt, 1935; Mejía, 1946; Scott, 1950; Scott y Ogle, 1952; Cours, 1953; Portieles y col.,

1982; 1983 y 1986; Ruiz Martínez y col., 1987 y 1990; Milián y col., 1992; Batista y col., 1993).

Por tal motivo, es una necesidad desde el punto de vista económico y ecológico, la búsqueda de alternativas como los HMA y los fitoestimuladores, que permitan mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes minerales para contribuir al desarrollo de una agricultura sostenible y competitiva, basada en principios agroecológicos donde se trabaje por la buena nutrición de plantas (ACAO, 1995).

2.4. Los Hongos Micorrizógenos Arbusculares.

2.4.1. Caracterización, descripción y funcionamiento de los HMA.

Según Siqueira y Franco (1988) la definición más moderna del término Micorrizas es: "Simbiosis endofítica, biotrófica y mutualista prevaleciente en la mayoría de las plantas vasculares nativas y cultivadas; caracterizadas por el contacto íntimo y la perfecta integración morfológica entre el hongo y la planta para la regulación de funciones y el intercambio de metabolitos, con beneficios mutuos".

Las Micorrizas se agrupan sobre la base de la anatomía de las raíces que colonizan en: Ectomicorrizas, Ectendomicorrizas y Endomicorrizas

Ectomicorrizas: Su característica es la penetración de las hifas del hongo entre las células de la corteza radicular formando un manto fúngico o "red de Harting". Provoca cambios anatómicos que producen el crecimiento dicotómico de las raíces, fragmentando las mismas. Se pueden visualizar macroscópicamente.

Ectendomicorrizas: Presentan características intermedias entre las Ectomicorrizas y las Endomicorrizas, su distribución es restringida.

Endomicorrizas: Se caracterizan por penetrar en el interior de las células corticales, pero no atraviesan la membrana protoplasmática; no forman manto ni modificaciones morfológicas evidentes en las raíces y son difícilmente apreciables a simple vista. Este grupo incluye los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) que constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta.

En Cuba las investigaciones comenzaron en 1973 y se han realizado prospecciones y ubicaciones taxonómicas de varias cepas de HMA en diferentes zonas del país, con el objetivo de reproducirlas. Dentro de las principales cepas

aisladas se encuentran IES-3. *Glomus spurcum*, IES-4. *Glomus agregatum*, IES-5. *Glomus mosseae* e IES-7. *Glomus etunicatum*, todas prospectadas en Topes de Collantes; también la IES-6. *Glomus etunicatum* de Pinar del Río. Estas cepas han resultado ser eficientes en varios cultivos y están registradas en el cepario del Instituto de Ecología y Sistemática (Furrazola y col., 1992; Alarcón y col., 1994).

Se han desarrollado diferentes productos comerciales en Cuba y en el extranjero, basados en los HMA (MicoFert[®], EcoMic[®], BIOCAS y MANIHOTINA), utilizándose con éxito en diferentes cultivos como: posturas de cafetos, cítricos y frutales, adaptación de vitroplantas, semilleros de hortalizas, leguminosas, raíces y tubérculos, entre otros (Siqueira y Franco, 1988; IES, 1995; INCA, 1998).

Sánchez y col. (2000a), han señalado que los HMA no se desarrollan en medio de cultivo artificial y que el mismo tiene que ser en presencia de una planta hospedera, debido a la ausencia de síntesis propia de ácido desoxirribonucleico (ADN).

Para el funcionamiento de los HMA, las hifas que recorren el suelo, procedentes de esporas o de otros propágulos, se ponen en contacto con las raicillas y forman la estructura conocida como “apresorio” sobre las células epidérmicas de la región posterior a la meristemática. A partir de este cuerpo las hifas penetran en la epidermis de la raíz, colonizando la región cortical y pasando a las capas más internas de la corteza sin llegar a atravesar la endodermis ni penetrar en el meristemo radical.

El hongo en el interior de la raíz avanza tanto en la dirección del crecimiento de la misma, como hacia las capas más internas de la corteza y cuando se encuentra cerca de la endodermis, comienza la formación de los “arbúsculos” en el interior de las células corticales más internas, pero sin penetrar en la membrana protoplasmática (Siqueira y Franco, 1988).

Los arbúsculos tienen la función fundamental de realizar los intercambios entre la planta y el simbionte; por su parte el micelio externo o extramático del hongo forma una red bien distribuida en el suelo, en busca de nutrimentos y agua, debido a la explotación de sitios inasequibles para las raíces de plantas no micorrizadas;

lo que representa la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor en las plantas micorrizadas.

Finalmente se considera que en el procedimiento seguido en el estudio e investigaciones de los HMA deben tenerse en cuenta cuatro aspectos fundamentales: 1) aislamiento y caracterización de especies, 2) ensayos de efectividad en los cultivos, 3) establecimiento de las técnicas para la reproducción masiva para su introducción en la práctica y 4) desarrollo de tecnologías de aplicación eficientes en los sistemas agrícolas.

Los HMA contribuyen a mejorar la productividad y calidad de los cultivos, por lo que se hace necesario tener en cuenta dos enfoques principales para su utilización: 1) introducción en la rizosfera de la planta, de especies altamente eficientes y 2) realizar prácticas de manejo para optimizar el beneficio de las especies nativas, mediante adecuada fertilización, el empleo de pesticidas y otros biopreparados compatibles y el mejoramiento de los suelos (Ruiz Martínez, 1984; Saif y Sieverding, 1985; Ferrer y Herrera, 1991).

2.4.2. Principales ventajas o beneficios con el uso de los HMA.

Dentro de los principales beneficios que brindan los HMA se encuentran los siguientes (INCA, 1998; Ruiz, 2001; Ruiz y col., 2006):

- Incrementan el crecimiento y rendimiento de las plantas.
- Aumentan el aprovechamiento de los fertilizantes y los nutrientes del suelo.
- Disminuyen el costo por concepto de aplicación de fertilizantes minerales.
- No degradan y mejoran la estructura de los suelos.
- Incrementan los procesos microbianos y las plantas se benefician en breve tiempo.
- Consumen escasa energía no renovable.
- Son productos "limpios" que no contaminan el medio ambiente.

2.4.2.1. Beneficios en la nutrición de la planta.

Kang (1980) y Howeler (1982) informaron que en experimentos de campo e invernadero en Nigeria en el cultivo de la yuca, la inoculación aumentó el

contenido de P en la planta y produjo 35 t.ha⁻¹ de raíces tuberosas con bajos niveles de P en el suelo.

Son varios los autores que han indicado el aporte realizado por los HMA en la nutrición de la planta, cuando se logra una eficiente simbiosis hongo-raíz. Safir (1980) y Primavesi (1990) han señalado que los HMA en condiciones favorables, aumentan la capacidad de la planta de movilizar y absorber fósforo (P), N, K, azufre (S), Ca, hierro (Fe), cobre (Cu) y Zn, además de defender el espacio radical con las excreciones de antibióticos.

Lo anterior permite plantear que una de las vías principales del efecto agrobiológico de la micorrización es el mejoramiento de la absorción de nutrientes y que los HMA disminuyen los índices críticos de los mismos, tanto en el suelo como en la planta (Siqueira y Franco, 1988).

Por su parte Ferrer y Herrera (1991) indicaron que la utilización de los HMA en los cultivos no implica que se deje de fertilizar, sino que la fertilización se hace más eficiente y se puede disminuir la dosis entre el 50 y 80 %.

También se mencionan otros beneficios no menos importantes como el papel de los HMA sobre las poblaciones microbianas del suelo para mejorar el traslado del N entre las plantas micorrizadas, aspecto que fue demostrado mediante el N₁₅ (Hamel y col., 1991). El efecto de los HMA como reguladores de la absorción de metales pesados por la planta tales como Zn, Cu, Mn, Ni y Cd, en dependencia de su concentración y movilidad, lo que implica el enorme potencial que representa la utilización de los hongos micorrizógenos para la inoculación de plantas en suelos degradados y suelos ácidos con altos tenores de metales pesados y otras áreas de estrés (Nogueira y Harris, 1994).

En otro ensayo (Ahiabor e Hirata, 1994) se comprobó que en un suelo con 72 ppm de P en la capa arable y menos 0,1 ppm de P en el subsuelo, el incremento de las raíces debido a la micorrización fue mayor en el subsuelo, además los HMA aumentaron la concentraciones de P, K y Ca en las raíces.

Larez y col. (1992) determinaron el efecto de varios niveles de los HMA contenidos en la rizosfera con dos niveles de P (0 y 50 ppm) sobre la micorrización, el contenido de P, Zn, Cu y algunos componentes del rendimiento de la yuca.

Porcentajes de colonización de raíces de 5 % o más al inicio es suficiente para que la planta alcance al final niveles por encima del 70 %. Con o sin P, la ausencia de los HMA afecta drásticamente el rendimiento.

Sobre las ventajas de los HMA han informado varios autores. En el INCA (1998) se ha señalado que los HMA incrementan el crecimiento de las plantas y los rendimientos agrícolas, los cuales oscilan por lo general entre 20 y 60 %; también aumentan el aprovechamiento de los fertilizantes y de los nutrientes del suelo, y por consiguiente, disminuyen los costos por concepto de aplicación de estos insumos, no degradan los suelos, contribuyendo a la regeneración de los mismos.

Se plantea que de las cantidades de fertilizantes minerales aplicados, sólo se aprovecha alrededor del 50 %, alguna cita sin embargo con la utilización de los HMA puede ser recuperado por la planta un porcentaje mayor. Mientras que un pelo radical puede poner a disposición de las raíces los nutrientes y el agua que se encuentra hasta 2 mm de la epidermis, las hifas del micelio extramático de los HMA pueden hacerlo hasta 80 mm, lo que representa para la misma raicilla la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor.

Sánchez y col. (2000a), en viveros de cafetos, comprobó que cepas eficientes de HMA producen incrementos significativos en las extracciones de N y P por la planta, obteniendo índices de eficiencia (IE) de las extracciones entre 30 y 45 % en dependencia del tipo de suelo y su fertilidad.

Por su parte, Fernández (1999), encontró que los incrementos obtenidos en la absorción fueron similares en los tres macronutrientes (N, P y K), no indicando preferencia de los HMA por un elemento u otro.

En Cuba, Ruiz Martínez (1984) comprobó que con especies efectivas de los HMA como la *Glomus manihotis* se puede incrementar alrededor de 30 veces la producción de materia seca y que 50 kg.ha⁻¹ de P constituyeron un buen nivel para lograr la máxima colonización de las raíces, encontrándose una correlación positiva ($r = 0,87^{**}$) entre el porcentaje de colonización y la producción de materia seca de la yuca. También comprobó que la inoculación incrementó la extracción de P y K por la planta.

2.4.2.2. Beneficios en la protección del sistema radical contra organismos fitopatógenos.

En los últimos años ha ganado interés entre los científicos e investigadores el efecto benéfico de los HMA como biocontrol de organismos fitopatógenos en el sistema suelo-planta.

Por ejemplo, se informa por varios autores el efecto controlador, inhibidor, protector o reductor de las poblaciones de nemátodos parasíticos de varios cultivos por los HMA. Se señala una disminución de los niveles poblacionales de *Meloidogyne incognita*; *Meloidogyne hapla*; *Meloidogyne javanica*; *Pratylenchus brachyurus*; *Glodobera solanacearum* y otros. Se continúan examinando las interacciones nemátodos-HMA y el uso de estos hongos como posibles agentes de biocontrol de importancia económica (Fox y Spasoff, 1972; Sikora, 1979; Atilano y col., 1981; Francl y Dropkin, 1985; Jatala, 1986; Cofcewicz y Medeiros, 1994; Lovato y col., 1994; Baker, 1994).

Por otra parte se estudió la posibilidad de utilizar los HMA en el control biológico del "Damping off" causado por *Fusarium moniliforme*, *Pythium vexans* y *Rhizoctonia spp.*, en la India. Sólo el *F. moniliforme* causó la enfermedad y los resultados demostraron, en una escala de 0 a 3 en orden creciente de la enfermedad, que el control no inoculado mostró cero, las plantas inoculadas con *F. moniliforme* 2 y las que se inocularon con *F. moniliforme* + *Glomus fasciculatum* presentaron un registro de 0,5 (Thomas y col., 1994).

También se han reportado otros efectos de control como es el caso de los resultados obtenidos en el CIAT (1991) en Colombia, donde se encontró que la especie *Glomus manihotis* provee a la planta de cierta barrera mecánica contra el patógeno *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* al incrementar el sistema radical de la yuca, favoreciendo el balance de P y la acumulación de lignina.

Resultados similares fueron encontrados por García y col. (1993) en Cuba donde se utilizaron las especie *Glomus fasciculatum* y *Glomus manihotis* para controlar el mismo patógeno en tabaco. *Glomus fasciculatum* controló al 100 % la infección y en el testigo no micorrizado el 75 % de las plantas murieron por la enfermedad.

Sin embargo, no siempre se tiene total conocimiento entre los productores de las ventajas que ofrece este microorganismo y se le atribuye casi exclusivamente el efecto como aportador de nutrientes, sin considerar el resto de los beneficios que el mismo pueda brindar.

2.5. Algunos factores que influyen en la eficiencia de los HMA.

Son múltiples los factores que influyen o condicionan la eficiencia de este microorganismo dentro del sistema suelo-planta, algunos han sido más estudiados que otros y en muchos casos las investigaciones se han realizado de forma aislada o no enfocadas directamente hacia ese objetivo, no obstante, a continuación se hace referencia a algunos de ellos que están dentro de los más importantes y estudiados.

2.5.1. El suelo.

El efecto del suelo y su fertilidad sobre la eficiencia de los HMA ha sido un aspecto investigado, a nivel mundial, donde se han reportado numerosos criterios: La mayoría de los autores indican que la eficiencia de los HMA está estrechamente vinculada a los suelos pobres de baja fertilidad y que la aplicación de altos niveles de nutrientes sobre todo de P, disminuyen o inhiben su efecto beneficioso (Stille, 1938; Katznelson y col., 1948; CIAT, 1981; Potty, 1984; Burckhardt y Howeler, 1985; Siqueira y Franco, 1988; Sieverding, 1991; Orosco y Gianinazzi-Pearson, 1993); sin embargo, Fernández (1999), encontró respuesta a la inoculación con especies eficientes de HMA en suelos Pardos y Ferralíticos para condiciones de media a alta fertilidad de los mismos.

En Brasil (Ezeta y Carvalho, 1981) señalaron que la capacidad de la yuca para crecer y producir en suelos de baja fertilidad se debió a la eficiencia de los HMA asociados, que le permitieron extraer nutrientes de los suelos pobres.

Aún cuando la información sobre el efecto de la materia orgánica (MO) en los HMA a nivel internacional es limitada, algunos prestigiosos investigadores (Martínez Viera, 1986; Herrera, 1991) han informado que la MO constituye un elemento importante a considerar en la efectividad de los HMA, además de contribuir con la fertilidad de los suelos.

Desde épocas remotas varios autores han señalado que la variación del pH en el suelo tiene un efecto importante sobre el aumento o disminución de la flora fúngica y bacteriana (Timonin, 1940; Winter, 1951; Richards, 1965).

Según Russell y Russell (1959) el efecto de la reacción del suelo puede ser muy marcado bajo condiciones de extrema acidez, aunque el efecto de la concentración del ión hidrógeno (H^+) puede ser de menor importancia que los efectos asociados a la falta de Ca y P o la presencia de compuestos de Mn y Al solubles.

Sin embargo, Gerdeman y Trappe (1974) informaron distribuciones de *Glomus mosseae* en suelos alcalinos y Mosse (1972) refirió que *Glomus fasciculatum* se encontró en suelos ácidos.

Primavesi (1990) indicó que la microbiota de los suelos tropicales está adaptada a pH entre 5,3 y 6,1 y puede decirse que en los suelos con pH 5,6 la mayoría de los microorganismos benéficos se desarrollan y sus enzimas se activan. También señaló que la influencia del pH es clara, observándose que los microorganismos activos en la movilización del P son aerobios y necesitan pH alrededor del neutro para su actividad en la rizosfera. La existencia de determinados microorganismos como los fijadores de N, agregadores del suelo y movilizadores de nutrientes, es también dependiente del pH, señalando que para los primeros un suelo con pH 4,5 permite su presencia y que el óptimo es de 5,6.

Ferrer y Herrera (1991) señalaron que el pH es un factor que puede afectar el desarrollo de la simbiosis de los cultivos con los HMA, que las diferentes especies del hongo tienen distintas preferencias por el pH; por su parte Potty (1984) informó que el pH óptimo para el desarrollo de los HMA es de 5,5-6,0.

De Miranda y De Miranda (1994) determinaron el efecto de la acidez del suelo sobre la eficiencia de los HMA nativos, estudiaron 25 especies y tres niveles de pH: 4,7; 5,3 y 5,8; la especie *Glomus manihotis* fue la más eficiente en el pH más bajo, *Glomus* spp. y *Entrophospora colombiana* lo fueron a los pH más altos.

Cañizares y Azcón-Aguilar (1993) probaron las especies de HMA combinadas procedentes de suelo alcalino con microflora de pH alcalino y ácido en sustratos con pH alcalino y ácido. El mismo procedimiento se utilizó pero empleando

especies aisladas de suelos con pH ácido. Se comprobó la influencia de la microflora del suelo en la adaptabilidad de los HMA a diferentes condiciones de pH hasta el punto que las interacciones de estos pueden amortiguar el efecto del cambio de pH; también se comprobó la existencia de comportamientos individuales de las especies.

Por su parte Maschio y col. (1994a) comprobaron la relación entre los HMA y las características químicas de un suelo ácido degradado.

El resultado mostró que el número de esporas aumentó en los suelos más ácidos con valores de pH 4,2 y contenido de 5,2 ppm de P; la relación entre la cantidad de esporas, los valores de P y pH se debió a la mayor colonización de las raíces por HMA como consecuencia de la absorción de Ca y Mg como sustituto del H y Al en la solución del suelo y a la mayor producción de fosfatos ácidos que facilitan la solubilización del P.

Howeler (1985) encontró que algunas especies de HMA son específicas para ciertas condiciones, pero otras están adaptadas a diversas condiciones edafoclimáticas y toleran variaciones en la acidez, fertilidad, niveles de N y K del suelo.

Según Hall y col. (1977) y Ferrer y Herrera (1991) el contenido alto de P asimilable en el suelo puede provocar tenores altos en el interior de las raíces, lo que baja la permeabilidad de las membranas y disminuye los exudados afectándose la penetración del hongo en la raíz, por lo que es necesario establecer el nivel crítico de P por encima del cual no hay respuesta positiva a la inoculación.

Sobre la influencia de la profundidad del suelo en los HMA se han realizado algunos estudios. Maschio y col. (1994b) determinaron el comportamiento del hongo a dos profundidades del suelo y se constató que entre 0 y 20 cm la producción de esporas tuvo relación directa con los tenores de Al e inversa con el Ca, mientras que el porcentaje de colonización de las raíces se relacionó directamente con el Ca e inversa con el Al.

Para la profundidad de 20-40 cm las esporas y la colonización correlacionaron con los suelos de mayor contenido de arena, Ca y Mg y menor de K. Se obtuvo que el

factor más importante no fue la profundidad, sino la variación del contenido de P con la profundidad.

Junior y col. (1994) informaron sobre la ocurrencia natural de las esporas de HMA a 4 m de profundidad en el suelo para diferentes ecosistemas. Los géneros predominantes en los ecosistemas fueron *Glomus* y *Acaulospora*; las especies *Glomus microcarpum* y *Glomus etunicatum* fueron las únicas existentes a 4 m; *Acaulospora scrobiculata* y *Acaulospora morrowae* predominaron hasta 0,5 m de profundidad.

Se reportó la influencia de los HMA como aglutinadores de microagregados y mejoradores de la estabilidad estructural donde se sugiere que el mecanismo agregador está dado por las hifas del hongo y la producción de polisacáridos extracelulares (Tisdall, 1991).

Según Sieverding (1984a y 1988) en ensayos para determinar el efecto de la temperatura del suelo (20 y 30 °C) sobre la eficiencia de los HMA comprobó que todas las especies de HMA tenían mayor efectividad con la temperatura de 30 °C en el suelo.

Grey (1991) evaluó la influencia de la temperatura del suelo sobre la colonización de las raíces por HMA en dos tipos de suelos. El número de plantas micorrizadas y la proporción e intensidad de las raíces colonizadas aumentó a mayor temperatura del suelo, comprobando que el HMA *Glomus microcarpum* en un suelo de EE UU, apareció a una temperatura de 11°C; mientras que un suelo de Siria contenía *Glomus hoi* y toleró 26 °C.

Se ha demostrado por Herrel y Gerdeman (1980) que los hongos micorrizógenos proveen a la planta de resistencia al daño por sales. Levy y col. (1983) reportaron que existen especies de HMA que fueron más tolerantes a altas concentraciones de sales, mientras otras que se encontraron en suelos de baja salinidad fueron menos tolerantes.

2.5.2. La planta.

Los HMA son encontrados naturalmente en todos los ecosistemas terrestres, reportándose que aproximadamente el 95 % de todas las especies del reino vegetal son micotróficas (Sieverding, 1991). Al respecto, Trappe (1987) después

de haber consultado más de 3000 publicaciones y reportes, consideró que en las especies vegetales tropicales sólo el 13,4 % no forman micorrizas, el 70,9 %, forman micorrizas con HMA y el 15,7 % la forman con otros grupos no arbusculares.

Por su parte Tester y col. (1987) y Primavesi (1990) han señalado que existen unas pocas familias de plantas que no forman usualmente micorrizas, debido a la existencia de posibles compuestos fungitóxicos en los tejidos de sus raíces, entre otras causas.

Mientras que Siqueira y Franco (1988) han informado que los factores relacionados con la planta, especie, variedad, cultivar, estado nutricional, edad y presencia de compuestos fungistáticos o alelopáticos; ejercen gran influencia sobre la micorrización. Los HMA en general son poco específicos, cuando se comparan con otros sistemas biotróficos, o sea que son considerados universales.

La especificidad de los HMA está definida como la capacidad para establecer asociaciones y no debe confundirse con la efectividad o eficiencia simbiótica, que es la capacidad del hongo de producir crecimiento u otro beneficio para la planta, bajo determinadas condiciones. Varias especies de hongos producen elevada infectividad, pero son poco efectivos para incrementar el crecimiento y la absorción de nutrientes por la planta, así como reducir los daños causados por microorganismos fitopatógenos.

Siqueira y Franco (1988) definieron la dependencia micorrízica como: "El grado en que la planta depende del hongo, para su crecimiento o producción máxima, a un nivel de fertilidad determinado"; teniendo en cuenta este concepto agruparon las plantas en:

Micorrízicas obligatorias: Son aquellas que tienen crecimiento extremadamente reducido en ausencia de HMA. Cuando se inoculan, presentan alto grado de colonización y beneficio mutuo con la simbiosis. Incluye plantas con raíces cortas, gruesas y de poco desarrollo de los pelos absorbentes; como por ejemplo la yuca, los cítricos y las leguminosas tropicales entre otras.

Micorrízicas facultativas: Poseen un sistema radical más desarrollado y eficiente para la absorción de agua y nutrientes. Generalmente presentan más bajo grado de colonización que las del grupo anterior, las gramíneas son consideradas en este grupo.

No micorrízicas: Incluye las plantas que no forman micorrizas o poseen colonización pasiva; como ejemplo se pueden citar las crucíferas.

Sieverding (1991) consideró como cultivos altamente micotróficos a la yuca, boniato, malanga, ñame, soya, maíz, sorgo, tabaco y pastos tropicales entre otros. Mientras que el trigo, frijol y tomate pueden colonizarse a un nivel moderado.

Por otra parte Siqueira y Franco (1988) en estudios realizados para determinar la dependencia micorrízica en 20 especies vegetales de interés agronómico, encontraron que la yuca fue el cultivo de la mayor dependencia.

Ambos investigadores consideraron la dependencia micorrízica de la planta un factor importante en los programas para el uso de las micorrizas a gran escala, pues ella determina la magnitud del beneficio de la micorrización. También determinaron que existe una relación directa entre la dependencia micorrízica y el nivel de P disponible en el suelo, existiendo un nivel crítico de P en el suelo por encima del cual la planta no se beneficia.

2.5.3. La especie de HMA.

El tipo de cepa de HMA y la especie a que pertenece es uno de los factores fundamentales que condicionan la eficiencia del hongo, sobre todo en su interacción con el cultivo.

A nivel mundial, bajo diferentes condiciones edafoclimáticas las raíces y tubérculos han tenido distintas respuestas al efecto de una o varias especies de HMA inoculadas.

Aún cuando los reportes de la literatura sobre este aspecto son escasos, el comportamiento por cultivo es el siguiente:

Señaló Howeler (1983), que los géneros de HMA en yuca hallados en Colombia fueron *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora* y *Entrophospora*. Por su parte Potty (1984) reporta que en la India se encontraron los géneros *Glomus* y *Gigaspora*.

Según CIAT (1984) las especies más eficientes colectadas en Quilichao y Carimagua (Colombia) fueron *Glomus manihotis*, *Entrophospora colombiana* y *Acaulospora mellea* y se señala por Sieverding y Howeler (1985b) que estas fueron más eficaces que las nativas.

En Cuba, Ruiz Martínez (1984) logró incrementar el rendimiento de materia seca de la yuca alrededor de 30 veces, utilizando la especie *Glomus manihotis*. Mientras que Lastres Lastres y col. (1993) encontraron que varias especies incrementaron el rendimiento de la yuca significativamente en comparación con los HMA nativos, debido no sólo a la eficiencia del hongo presente en el inóculo, sino también a las mayores concentraciones de propágulos micorrizógenos.

Por su parte Sieverding (1984b) señaló que las especies de mayor respuesta al utilizar roca fosfórica fueron *Glomus manihotis* y *Paraglomus occultum*.

Las especies más eficientes informadas por Sieverding (1984c) fueron *Glomus manihotis*, *Acaulospora* spp. y *Acaulospora appendiculata*, sin embargo *Entrophospora colombiana* no logró competir con la microflora del suelo; efectos similares fueron encontrados por Burckhardt y Howeler (1985).

Potty (1985) señaló que la yuca puede ser un buen cultivo para la multiplicación de los HMA y comprobó que la cáscara de raíces puede ser de gran utilidad, también comprobó que las especies aisladas de boniato y ñame colonizan a la yuca.

Moreno Díaz (1988) estudió la respuesta de la inoculación con HMA en papa (var. 'Dto-33'); las especies estudiadas fueron *Glomus caledonicum*, *Glomus mosseae* y *Glomus fasciculatum* en un suelo con pH 7,8 y 15 ppm de P_2O_5 . Los resultados mostraron que *Glomus fasciculatum* fue capaz de establecer buena asociación con la papa, observándose un notorio crecimiento de la planta y mejora del estado nutrimental.

Hernández y col. (1993) determinaron el efecto de los HMA en combinación con otros microorganismos, sobre la producción de tubérculos de papa a partir de semilla botánica y los mejores resultados en cuanto al número y peso de los tubérculos correspondieron a las especies *Glomus manihotis* y *Glomus* spp.

Por su parte Pérez Martínez (1994) y Milián Morales (1995), en suelos Pardos con carbonatos de la región central de Cuba, determinaron el efecto de los HMA,

otros biofertilizantes y agua tratada magnéticamente sobre la producción de semilla y papa para el consumo. Los más altos rendimientos se lograron cuando se combinó la especie *Glomus mosseae* con otros biofertilizantes.

En Brasil, Matos y col. (1994) evaluaron el efecto de los HMA y otros biofertilizantes sobre la producción de tubérculos en plantas micropropagadas de papa de la var. 'Achat'. Las especies de HMA utilizadas fueron: *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus manihotis* y *Gigaspora margarita*. Los resultados mostraron que el peso total de los tubérculos fue superior con la especie *Glomus clarum*.

Se inocularon clones de yuca con *Glomus manihotis*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus microcarpum*, *Gigaspora margarita*, siendo las más eficientes *Glomus manihotis* y *Glomus microcarpum* y la menos efectiva *Glomus fasciculatum* (Sieverding y Gálvez, 1988a), mientras que en otros experimentos (Kato, 1987; Sieverding y Gálvez, 1988b) encontraron (sin la aplicación de P) que la especie *Gigaspora margarita* fue ineficaz en suelo ácido y *Entrophospora colombiana* resultó efectiva en suelo neutro.

Tatsch y col. (1994) investigaron la multiplicación de los HMA en tres cultivos hospederos, siendo la yuca uno de ellos. Se utilizaron dos especies de HMA, la multiplicación de esporas fue más significativa en la especie *Scutelospora heterogama*, mientras que *Glomus clarum* fue más infectiva.

En el cultivo del boniato, Milián Morales (1994), obtuvo buenos resultados con la especie de HMA *Glomus intraradices* en combinación con Azotobacter y Fosforina, logrando incrementar los rendimientos de 18,75 a 23,69 t.ha⁻¹ cuando aplicaron los biofertilizantes.

Por su parte García y col. (1994b) en Brasil obtuvieron incrementos en la producción de materia seca y de esporas en plantas micropropagadas de boniato cuando utilizaron la especie *Glomus clarum*.

De Souza y col. (1994) ensayaron las especies *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum* y *Entrophospora colombiana* en soluciones nutritivas en boniato, comprobando que *Entrophospora colombiana* alcanzó 72 % de colonización y 5872 esporas por gramo de raíces a los 70 días del trasplante.

En el cultivo de la malanga *Colocasia*, Milián Morales (1993) obtuvo rendimiento de 23,6 t.ha⁻¹ utilizando la especie *Glomus fasciculatum* en combinación con otros biofertilizantes.

En Cuba, Andresson y col. (1994) realizaron estudios para determinar el efecto de dos especies de HMA, sobre vitroplantas del clon de ñame 'Criollo Blanco' en la fase de aclimatización. Los resultados mostraron que las micorrizas favorecieron las variables morfofisiológicas evaluadas, al compararlas con el testigo, comprobándose que la mejor especie fue *Glomus caledonicum*, aplicada a razón de 10 g de inóculo por vitroplanta.

En la India (Potty, 1978) encontró que de ocho cultivos de raíces y tubérculos analizados para examinar su asociación con HMA, el ñame no presentó colonización de hongos nativos; sin embargo en Nigeria el IITA (1976) y Vander Zaag y col. (1982) informaron que en los suelos de ese país las raíces de ñame están fuertemente colonizadas con HMA, y es por ello que el cultivo utiliza el P eficientemente a bajos niveles en el suelo y las investigaciones revelaron que el ñame responde a la inoculación con HMA.

2.5.4. La fertilización mineral.

El uso de inóculos comerciales de HMA de alta calidad en países como Estados Unidos, Brasil, Alemania, Reino Unido, entre otros es una práctica en ascenso dentro de sus paquetes agrícolas, debido a que este tipo de producto, al tener un componente activo biológico, autóctono del suelo, no genera toxicidad y su residualidad redundante en un mejoramiento en la recuperación biológica de la mayoría de los agroecosistemas que han estado expuestos durante mucho tiempo al uso excesivo de fertilizantes minerales y plaguicidas, lo cual ha contribuido al deterioro de los mismos (INCA, 1998).

Fernández y col. (1997) establecieron una tecnología de recubrimiento de semillas con hongos micorrizógenos, cuyos resultados fueron aplicados en Cuba, Colombia y Bolivia en varios cultivos, entre los que se encontraba la yuca. Los principales resultados demostraron la buena efectividad de las dosis bajas del inoculante micorrizógeno en semillas de siembra directa como la yuca, además se

apreciaron incrementos en los rendimientos desde 10 hasta 50% con respecto al testigo y se obtuvo un ahorro de fertilizantes completos (NPK), entre 12 y 50 %.

Sieverding (1984a) planteó que existió gran variabilidad entre la eficiencia de las especies de HMA en dependencia de la fuente de fosfato utilizado, los niveles de P aplicados y el tipo de suelo; mientras que CIAT (1984) señaló que la fuente y el método de aplicar N, P, K, Zn y B no ejerció efectos negativos sobre la colonización de las raíces por los HMA.

García y col. (1994a) investigaron el efecto de los HMA sobre la efectividad de la roca fosfórica acidulada y no acidulada. Los resultados mostraron que los HMA potenciaron la efectividad de la roca fosfórica acidulada al 20 y 30 % con dosis de 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y la especie *Glomus manihotis* fue superior a *Glomus fasciculatum* en suelo Ferralítico Rojo.

Bansal y Mukerji (1994) estudiaron la influencia de los HMA sobre la microflora de la rizosfera y los mecanismos que tienen lugar. Para ello se utilizaron seis especies de HMA y varios tratamientos con fertilizantes fosfóricos a la raíz de *Leucaena*, se realizaron observaciones cualitativas y cuantitativas periódicamente de la microflora y de los constituyentes de los exudados radicales. Los resultados obtenidos indicaron que la presencia de la microflora dependió de los exudados y no de la nutrición mejorada de P.

Con relación al efecto causado por contacto de los HMA con los fertilizantes minerales, Sieverding y Toro (1989) comprobaron que la especie *Glomus manihotis* tolera el contacto directo con los fertilizantes minerales, lo que da la posibilidad de aplicación conjunta.

Borie y Mendoza (1994) determinaron el efecto del encalado sobre la colonización y número de esporas de HMA en un suelo de alto contenido de Al. Se aplicaron 2 t.ha⁻¹ de dolomita y calcita. Los resultados señalaron que ambas fuentes de cal aumentaron la colonización de las raíces en un suelo con riesgo de acidificación.

Por su parte Sieverding (1984b) obtuvo que las especies de mayor respuesta al utilizar fosfatos triples y roca fosfórica fueron *Glomus manihotis* y *Paraglomus occultum* y que cuando el inóculo se colocó debajo de la estaca de yuca, se incrementó el rendimiento 35 % con relación al testigo sin HMA pero con P.

Sieverding y Toro, (1988) encontraron en plantas sometidas a estrés hídrico que sólo las inoculaciones de *Glomus manihotis*, *Paraglomus occultum* y *Entrophospora colombiana* mejoraron el crecimiento de la yuca y fueron más efectivas en la absorción de P.

En otros trabajos, CIAT (1981) reportó que *Glomus* es el género que mejor se adapta a suelos ácidos de baja fertilidad. Howeler (1985) encontró que *Glomus manihotis* es la especie más adaptada a varias condiciones edafoclimáticas y que la colonización por HMA disminuyó a medida que aumentó la fertilización con P. Se demostró que *Entrophospora colombiana* fue más efectiva con 50 kg.ha⁻¹ de P y *Glomus manihotis* con 100 kg.ha⁻¹ de P (Sieverding y Howeler, 1985a).

Por su parte Almendras (1982) comprobó que la fertilización con NPK aumentó significativamente el grado de colonización por HMA, el rendimiento y el contenido de materia seca de la yuca.

Mientras que Sieverding (1991), señaló que en la literatura existe mucha información sobre el efecto de la fertilización mineral en la eficiencia de los HMA, pero que la mayoría estaba disponible a partir de experimentos en invernaderos y no de experimentos en condiciones de campo, especialmente con los cultivos tropicales.

En resumen, se puede señalar que son múltiples los factores que condicionan la eficiencia de los HMA y más aún sus interrelaciones. Es importante el conocimiento de los mismos puesto que muchas veces no se tiene en cuenta el efecto aislado o integrado de estos factores, lo que conduce a criterios erróneos sobre las cualidades y beneficios de los HMA, haciendo que se pierda el interés por su uso como una alternativa para mejorar la eficiencia de la fertilización en los cultivos.

2.6. FitoMas E. Fitoestimulador derivado de la Industria Azucarera.

2.6.1. Antecedentes.

Con los nutrientes del suelo, el aire y el agua y gracias al fenómeno de la fotosíntesis, los vegetales pueden convertir la energía luminosa en química mediante la producción de compuestos carbonados en forma de azúcares simples (fotosintatos), a partir de los cuales fabrican una inmensa cantidad de sustancias orgánicas complejas, una parte de las cuales alimentan y visten a los habitantes del planeta y son la base de la vida animal en la Tierra, mientras que otra se dedica a resolver el problema cardinal de la planta: crecer o defenderse (Montano y col., 2007).

La capacidad fotosintética, medida como la tasa de fijación neta de CO₂ una vez que ha terminado de formarse el dosel foliar, es el factor esencial que determina la cantidad de fotosintatos que la planta puede producir. Aunque se han hecho múltiples intentos para aumentarla, los resultados no han sido los esperados. Los vegetales fijan alrededor de un 20% de la energía solar que incide sobre ellos. La conversión del fotosintato a biomasa raramente excede el 2%, principalmente debido a la respiración interna (la oxidación del fotosintato para el mantenimiento celular) que consume gran parte del fotosintato y porque la fotorespiración limita el rendimiento fotosintético precisamente cuando su potencial es mayor (Gliessman, 2002). Finalmente sólo una pequeña parte de esta biomasa suele convertirse en sustancias útiles para nosotros.

Esta problemática se puede describir en términos económicos. Los fotosintatos representan un ingreso fijo para el vegetal, ingreso con el cual debe atender a sus múltiples “compromisos”. Las variedades de cultivo son vegetales que comprometen una parte sustancial de fotosintatos en la producción de sustancias útiles para el hombre, el llamado metabolismo primario, mientras que las especies silvestres, las “no domesticadas”, transforman en sustancias de defensa y adaptación (el metabolismo secundario), la parte fundamental de su “ingreso”.

La agricultura puede definirse entonces como un “contrato” en virtud del cual se garantizan las condiciones óptimas para la supervivencia y el desarrollo de las plantas de cultivo a cambio de un “desvío máximo” de fotosintatos por parte de

éstas hacia el metabolismo primario. Cuando se produce un acontecimiento desfavorable, tanto por causas abióticas como bióticas, el agricultor debe eliminar el problema so pena de que la planta “rompa” con el contrato y dedique sus fotosintatos a resolver la situación estresante. Cuando esto sucede las consecuencias son perjudiciales por la disminución del rendimiento de las cosechas (Montano y col., 2006 y 2007).

Se puede tener una idea de lo oneroso que resulta para la planta de cultivo la producción de sustancias de defensa, si se sabe, por ejemplo, que la producción de un gramo de terpenoides, taninos, alcaloides o compuestos fenólicos, que son las sustancias químicas más relacionadas con la defensa contra los fitófagos, cuesta alrededor de seis gramos de CO₂ fotosintético (Harborne, 1993).

En un principio se pensó que la garantía fundamental para asegurar una expresión adecuada del metabolismo primario era la nutrición mineral y las bases para el aseguramiento de este factor se convirtieron en ciencia establecida. No se pensó entonces en los riesgos que para el ambiente y la salud del hombre podían representar los fertilizantes convencionales de síntesis química, tanto por sus residuos en los alimentos como por el efecto contaminante en los suelos y las cuencas acuíferas (Smil, 1997).

La creciente preocupación por este problema ha despertado un fuerte interés en la investigación y desarrollo de técnicas de manejo y productos naturales alternativos que puedan ser utilizados en la nutrición de las plantas. En este orden se inscriben tanto los métodos tradicionales de compostaje y aplicación de materia orgánica y/o sus extractos, como los productos estimulantes y/o señalizadores en base a estructuras bioquímicas específicas (Liñán, 2005).

2.6.2. *Biomás en caña de azúcar. Primeros resultados.*

Con el objetivo de evaluar las potencialidades de las materias primas como fuentes de sustancias activas para futuros formulados fitoestimuladores y después de los ensayos preliminares a nivel de laboratorio, se obtuvo por procedimientos químico-físicos, un extracto orgánico natural estable, de nombre provisional Biomás con un 20% p/p de materia orgánica, con 6,94% de aminoácidos totales,

50 % de los cuales son alifáticos y 30% aromáticos y heterocíclicos; 2,5% de sacáridos, 3% de polisacáridos biológicamente activos y 1,5% de lípidos y bases nitrogenadas. Este extracto fue evaluado en el cultivo de la caña de azúcar bajo condiciones bastante drásticas en lo que se refiere a abundancia de nutrientes en el suelo. El área experimental fue seleccionada en un ensayo ya establecido de larga duración en condiciones de secano. En estos ensayos las variantes sin fertilizar se correspondieron con parcelas en las que este tratamiento no se practicaba desde hacía 25 años como mínimo (Montano, 2000). La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) fue plantada en parcelas de 72 m², en seis surcos de 7,5 cm. de largo y con una separación de 1,60 m, se consideró como área de cosecha la correspondiente a los cuatro surcos centrales. Las labores culturales se realizaron según el manual técnico para el cultivo y cosecha de la caña de azúcar (Cuba, 1990), excepto la aplicación de fertilizantes. Se usaron fertilizantes minerales convencionales para las aplicaciones al suelo según cada tratamiento. Para las aplicaciones al follaje se usó un fertilizante foliar comercial con una composición 20-10-10, respectivamente para NPK. La variedad de caña de azúcar fue C 323-68, ciclo 3^{er} retoño con 2,5 meses de edad.

Los resultados obtenidos mostraron que entre los tratamientos que produjeron los rendimientos más altos se encontraban los dos donde se utilizó el Biomás combinado con el fertilizante foliar. Los rendimientos obtenidos con estos tratamientos son superiores al testigo.

El tratamiento en el que se usó Biomás a 2 L.ha⁻¹ más 2 kg.ha⁻¹ del fertilizante foliar produjo el mayor rendimiento absoluto equivalente a 23% de incremento sobre el testigo, se pudo apreciar que la combinación del extracto orgánico con el fertilizante foliar tiene un efecto superior al producido con las dosis más elevadas de fertilizante nitrogenado y supera también la dosis de N más eficiente.

El experimento permitió constatar las posibilidades del extracto orgánico, como materia activa de futuros formulados derivados de la industria azucarera cubana.

2.6.3. Desarrollo de un fitoestimulador comercial.

El siguiente paso fue obtener y ensayar los candidatos a formulados. Para esto se evaluaron los efectos sobre diversas especies sometidas a variadas condiciones ambientales. Se prestó especial atención al impacto en cultivos sobre suelos salinos, condiciones de sequía y encharcamiento por fuertes lluvias, daños por vientos y granizadas, plagas y enfermedades; situaciones estas comunes en la agricultura cubana. Se realizaron evaluaciones de los efectos en diferentes momentos y dosis de aplicación para cada fase fenológica de los cultivos y se estudió el impacto sobre el ambiente y los mamíferos para precisar la seguridad en el manejo. Especial atención mereció la contribución del fitoestimulador a la sostenibilidad agrícola por la vía de la disminución de los costos y de los impactos ambientales negativos gracias a la disminución de los fertilizantes y agroquímicos en general en los sistemas convencionales, así como a la reducción de las labores y los combustibles en los sistemas con manejo agro ecológico. En ese sentido el estudio del potencial fitotóxico permitió seleccionar formulaciones que podían usarse simultáneamente sobre varias especies, con independencia de la fase fenológica de cada una. Esto posibilita el uso del fitoestimulador en explotaciones donde se aplican sistemas de cultivos múltiples como estrategia de control de plagas tales como los policultivos y cultivos asociados (Pérez, 2004). Desde el punto de vista agrotécnico se seleccionaron las alternativas que pudieran aplicarse con las tecnologías y los medios convencionales de amplio uso en Cuba y que exhibieran los mayores efectos a dosis mínimas, mientras que desde el punto de vista tecnológico se privilegiaron las formulaciones más estables en el tiempo bajo condiciones normales de almacenamiento y cuya calidad pudiera garantizarse con procedimientos conocidos.

Un formulado particular, cuya composición mínima aparece en la Tabla 3, alcanzó un comportamiento satisfactorio en el total de las pruebas realizadas por lo que finalmente se validó con análogos comerciales que se utilizan en Cuba. Esta validación permitió asegurar que el fitoestimulador en cuestión brindó a las plantas el más eficiente conjunto de intermediarios bioquímicos de alta energía disponible

hasta el presente. Este producto, que constituye un nuevo derivado de la industria azucarera cubana, se ha registrado con la marca FitoMas E.

TABLA 3. Composición del formulado FitoMas E

Componente	g.L⁻¹	Peso (%)
Extracto orgánico	150	13,0
N total	55	4,8
K ₂ O	60	5,2
P ₂ O ₅	31	2,7

2.6.4. Efectos y propiedades del FitoMas E.

Los estudios y evaluaciones realizados a diferentes niveles permiten afirmar que FitoMas E propicia un conjunto de efectos determinados en gran medida por el incremento del vigor y la resistencia de los cultivos tratados. Los efectos se pueden detectar de manera aislada si se hacen las mediciones pertinentes, aunque lo más notable para los productores son los resultados finales traducidos en los incrementos en el rendimiento y calidad de las cosechas.

Los efectos se pueden enumerar como sigue:

- Aumenta y acelera la germinación de las semillas, ya sean botánicas o agámicas.
- Estimula el desarrollo de las raíces, tallos y hojas.
- Mejora la nutrición, la floración y cuajado de los frutos.
- Reduce la duración de las fases de semillero, vivero y en general, el ciclo del cultivo.
- Potencia la acción de los agroquímicos en general, incluyendo los fertilizantes, lo que permite reducir entre el 30% y el 50% de las dosis recomendadas.
- Acelera el compostaje y la degradación de los residuos de cosecha disminuyendo el tiempo necesario para su incorporación al suelo.

- Ayuda a superar los efectos negativos del estrés por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, daños mecánicos, enfermedades y plagas.

Por el conjunto de las propiedades que exhibe en su comportamiento este fitoestimulador contribuye decisivamente con una agricultura más sana, segura y ambientalmente compatible. Entre estas propiedades vale la pena destacar las siguientes:

- FitoMas E puede mezclarse y aún aplicarse simultáneamente no sólo con la mayoría de los productos fitosanitarios (cuyas dosis se pueden reducir), sino también y especialmente, con los preparados biológicos de uso en la agricultura sostenible en Cuba.
- Potencia la acción de los preparados biológicos y las tecnologías agroecológicas para el manejo de los cultivos.
- No es fitotóxico.
- No es dañino a la microflora, mesofauna y entomofauna beneficiosa ni a los mamíferos.
- Incrementa la microflora en las inmediaciones de las raíces.
- No contamina las aguas.
- No requiere equipamiento especial para su empleo.

Una característica particularmente atractiva del producto, lo constituye su actividad en una gama muy extendida de cultivos y especies botánicas, tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas, con independencia de que el interés económico sean las hojas, los tallos, las raíces, las flores, la madera, sustancias metabólicas o los frutos, pues las propiedades del vegetal que propiciaron su especialización se ven potenciadas por el fitoestimulador. Por esto los frutales, granos, cereales, tubérculos y raíces; plantas medicinales y cultivos industriales, caña de azúcar, tabaco, remolacha; hortícolas de fruto como: tomate, pimiento, pepino, melón, sandía; hortícolas de hoja como: col, lechuga, brócoli, apio; frutales

tropicales como: banano, papayo, piña; oleaginosas y leguminosas en general; forestales; pastos, ornamentales, césped de campos de golf y áreas deportivas, resultan en general beneficiadas.

FitoMas E actúa en cualquier fase fenológica del cultivo por lo que puede aplicarse más de una vez, aunque un solo tratamiento suele ser decisivo. Por ejemplo, se puede remojar la semilla, tanto botánica como agámica durante dos o tres horas antes de llevarla al semillero, se puede realizar una aplicación después del trasplante y durante la etapa de crecimiento vegetativo. También puede aplicarse antes de la floración y después de esta.

Dada su acción protectora ante situaciones estresantes se recomienda aplicar especialmente cuando la plantación ha sufrido ataques de plagas o enfermedades o atraviesa una etapa de sequía o sufre por exceso de humedad o daño mecánico por tormentas, granizadas o ciclones. También si las temperaturas han sido muy altas o bajas, cuando existen problemas de salinidad o el cultivo ha sido afectado por sustancias químicas (por ejemplo, herbicidas); aunque esos eventos hacen mucho menos daño si la plantación ha sido previamente tratada en cualquiera de las fases ya mencionadas, pues son más resistentes. FitoMas E tiene un importante efecto preventivo.

FitoMas es activo a dosis que van desde 0,1 L.ha⁻¹ hasta 2 L.ha⁻¹ según el cultivo. Aunque el mayor efecto se obtiene cuando se aplica foliarmente, este producto puede aplicarse por riego mediante el empleo de cualquier sistema convencional. En ese caso las dosis pueden ser de alrededor de 5 L.ha⁻¹. Cuando se remojan semillas la solución puede ser al 1% ó 2%. 2 ó 3 horas de inmersión suelen ser suficientes para lograr resultados efectivos en la cantidad de semillas germinadas y en el vigor de las plántulas.

También cuando el agricultor prepara su propio abono puede aplicarse sobre la materia orgánica para acelerar el proceso de compostaje. En este caso se humedece la pila con una proporción de 0,05 L de FitoMas E en la cantidad de agua necesaria para humedecer cada tonelada de materia orgánica a descomponer (2 m³ aproximadamente).

2.6.5. Algunos resultados notables con el uso del FitoMas E.

Según Zuaznabar y col., (2003); Zuaznabar y col., (2005); Montano y col., (2006); López y col., (2006); Montano y col., (2007), los resultados más notables obtenidos en las investigaciones son:

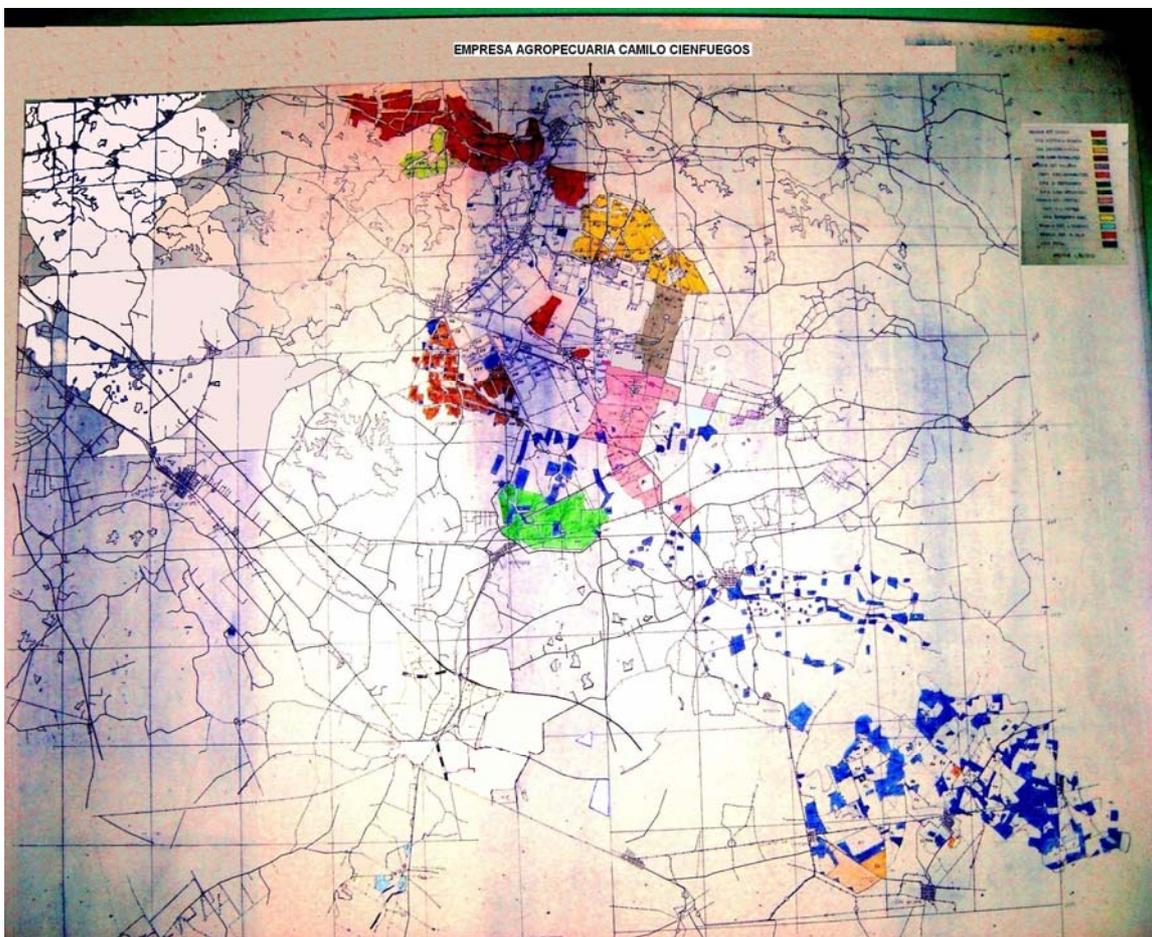
- Incremento en 12 toneladas de caña por hectárea como promedio nacional, a dosis de 2 L.ha⁻¹, aplicado una sola vez durante el ciclo, con reducción del 50% de los fertilizantes convencionales.
- Reducción de entre el 30% y el 50% de herbicidas en el cultivo de la caña.
- Incremento entre 30% y 200% en el rendimiento de tomate y pimiento, con dosis de 0.7 L.ha⁻¹.
- Reducción del ciclo del tomate en 13%.
- Incremento del rendimiento entre 30% y 50% en boniato y calabaza, con dosis de 1 L.ha⁻¹.
- Incremento del rendimiento en 30% y 50% en acelga, arroz, maíz, cebolla y ajo, a dosis de 1 L.ha⁻¹.
- Duplicación de los rendimientos en col, lechuga y habichuela, con dosis de 1 L.ha⁻¹.
- Incremento en 52% el rendimiento del tabaco tapado y mejoran la calidad de la capa de exportación.
- Incremento en 46% del rendimiento de frijoles bajo condiciones de salinidad y sequía.
- Incremento en dos veces del rendimiento en papayo.
- Incremento notable en tamaño, número y calidad en frutales.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Aspectos generales.

Teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo, se optó por el montaje de un programa de experimentos, los que se desarrollaron en condiciones de campo.

El programa desarrollado estuvo formado por 2 experimentos, los que se ejecutaron durante 2 años en áreas de la Empresa Agropecuaria Camilo Cienfuegos (EACC), ubicado a $83^{\circ} 10' N$, $23^{\circ} 10' W$ y 103 msnm, en el municipio de Santa Cruz del Norte, provincia La Habana (MAPA 1).



MAPA 1.

Ubicación geográfica de la Empresa Agropecuaria Camilo Cienfuegos, Santa Cruz del Norte, la Habana.

3.2. Condiciones climáticas.

Algunos datos climáticos prevaecientes durante el período experimental aparecen en las Tablas 4, 5 y 6; en las mismas se puede observar que existió una diferencia notable entre los dos períodos experimentales (2005 y 2006) para ambos cultivos en el caso de las precipitaciones, con diferencias de 17,8 mm para el boniato y de 251,6 mm en el cultivo de yuca; en el caso de la humedad relativa y las temperaturas, las variaciones encontradas fueron ligeras.

TABLA 4. Precipitaciones (mm) registradas en la Estación Agrometeorológica de la Empresa Agropecuaria Camilo Cienfuegos en el período experimental 2005-2006.

Meses	Años	Boniato		Yuca	
		2005	2006	2005	2006
Enero				20,7	14,5
Febrero				38,6	31,3
Marzo				52,0	7,5
Abril				10,8	105,3
Mayo		36,5	207,9	36,5	207,9
Junio		318,0	198,6	318,0	198,6
Julio		204,3	195,4	204,3	195,4
Agosto		206,9	107,4	206,9	107,4
Septiembre		217,6	291,8	217,6	291,8
Octubre				179,8	234,9
Noviembre				5,5	121,8
Diciembre				24,1	50,1
Acumulado anual		983,3	1001,1	1314,8	1566,4

TABLA 5. Temperaturas (°C) registradas en la Estación Agrometeorológica de la Empresa Agropecuaria Camilo Cienfuegos en el período experimental 2005-2006.

Años Meses	Boniato						Yuca					
	2005			2006			2005			2006		
	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.
Enero							12,8	19,1	25,7	14,1	20,1	26,7
Febrero							12,9	19,6	27,2	12,8	19,5	26,7
Marzo							15,7	21,9	28,6	13,9	21	28,9
Abril							16,3	22,6	29,3	16,3	23,3	30,9
Mayo	19,4	24,8	31,7	18,7	24,6	31,5	19,4	24,8	31,7	18,7	24,6	31,5
Junio	22,1	25,6	30,6	21,4	25,8	30,9	22,1	25,6	30,6	21,4	25,8	30,9
Julio	22,1	26,2	31,9	21,7	26,1	31,9	22,1	26,2	31,9	21,7	26,1	31,9
Agosto	22,3	26,5	32,4	21,7	26,1	32,3	22,3	26,5	32,4	21,7	26,1	32,3
Septiembre	21,5	25,4	31,6	21,2	25,9	32,7	21,5	25,4	31,6	21,2	25,9	32,7
Octubre							20,9	24,4	29,1	20,5	24,9	30,5
Noviembre							17,7	22,4	28,8	17	21,7	27,5
Diciembre							13,8	19,9	26,9	19,4	22,9	27,6
X anual	21,5	25,7	31,6	21,0	25,7	31,9	18,1	23,2	29,5	18,2	23,5	29,8

TABLA 6. Humedad relativa (%) registrada en la Estación Agrometeorológica de la Empresa Agropecuaria Camilo Cienfuegos en el período experimental 2005-2006.

Meses	Años		Yuca	
	Boniato			
	2005	2006	2005	2006
Enero			79	81
Febrero			77	78
Marzo			88	80
Abril			76	77
Mayo	76	78	76	78
Junio	86	88	86	88
Julio	85	87	85	87
Agosto	84	86	84	86
Septiembre	87	89	87	89
Octubre			86	88
Noviembre			83	85
Diciembre			81	83
\bar{X} anual	84	86	82	83

3.3. Características generales del suelo estudiado.

Las investigaciones se realizaron sobre suelo Ferralítico Rojo Lixiviado según la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández et al., 1999), siendo suelos representativos de las condiciones edáficas en que se desarrollan estos cultivos en Cuba.

Se tomó un perfil para su caracterización, cuya descripción se hizo según Hernández et al., (1995) y se presenta a continuación.

Datos tomados en la Empresa Agropecuaria “Camilo Cienfuegos”

Clima: precipitaciones	2005	1252 mm
	2006	1304 mm
Temperatura media en °C	2005	24.4
	2006	24.6

Material de origen: roca caliza dura

Relieve: Llano < 2% de pendiente

Vegetación: durante muchos años caña de azúcar.

De 5 años hasta la fecha, cultivos varios

Clasificación del suelo:

Clasificación Nacional (1999)

Tipo: Ferralítico Rojo Lixiviado

Sub-tipo: Ferralítico Rojo Lixiviado típico

Soil Taxonomy (2006)

Orden: Alfisol

Suborden: Ustalf

Grupo: Rhodustalf

Subgrupo: Typic Rhodustalf

World Reference Base (2006)

Grupo: Nitisol

Unidad del suelo: Ferralit Nitisol (rhodic, eutric, gleyic)

Descripción del perfil de suelo:

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0 - 28	Color rojo 2.5 YR 4/8, arcilloso, estructura bloques subangulares medianos, ligeramente compactados, con nódulos ferruginosos pequeños, redondeados y de color oscuros, con muchas raíces finas, sin reacción al HCL, transición gradual.
B ₁	28-70	Color rojo claro 2.5 YR 6/8, arcilloso, igual estructura y consistencia, nódulos ferruginosos redondeados y duros, con menos raíces, sin reacción al HCL, transición gradual.
B _{2t}	70-95	Color rojo 2.5 YR 6/8 un poco mas arcilloso, estructura poco definida, compactado y algo plástico, poco desarrollo de raíces, sin reacción al HCL, transición algo notable
B ₃	95-126	Color rojo 2.5 YR 6/8, arcilloso bloques angulares y subangulares de 4-6 cm, friables, con pequeños nódulos de raicillas endurecidas, muy pocas raíces finas sin reacción al HCL.

Las características químicas y físico-químicas del suelo se muestran en la Tabla 7.

TABLA 7. Constantes físicas y químicas fundamentales.

Profundidad (cm)	Hy (%)	L.S.P. (%)	E.C. (mm)	pH		MO (%)	P (ppm)	K	Na	Ca	Mg	CCB
				H ₂ O	KCl							
0-28	5,6	61	249	6,3	5,5	1,62	8,00	0,63	0,4	7,62	5,18	13.85
28-70	5,1	68	293	6,2	5,1			0,15		6,66	4,14	11.35
70-95	4,5	61	345	6,1	5,2			0,02		3,81	3,79	7.82
95-126	4,2	71	379	6,5	5,6			0,02	0,1	4,36	3,44	7.92

Hy: Humedad higroscópica (muestra seca al aire).

E.C: Elevación capilar (la altura que asciende el agua en una columna de suelo en 5 horas).

L.S.P: Limite superior de plasticidad.

- Drenaje externo e interno: bueno.
- Profundidad efectiva: 0-90 cm.

- La higroscopicidad y el límite superior de plasticidad muestran valores bajos para un suelo arcilloso, al igual que la elevación capilar, esto indica que a pesar de ser un suelo arcilloso, estas características se deben a su contenido de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio que dan al suelo dichas propiedades, predominio de arcilla 1:1.
- Respecto al equilibrio ácido-base, este suelo se presenta ligeramente ácido, una gran cantidad de especies vegetales pueden desarrollarse.
- La suma de bases cambiante indica que se trata de un suelo de baja a media fertilidad natural, encontrándose insaturado, además su complejo cambiante se encuentra dominado por el Ca.
- Los valores medios de nutrientes esenciales en $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, así como la materia orgánica son bajos, excepto el K.

A partir de los criterios de interpretación nacionales (MINAG, 1984) utilizados para los diferentes métodos, se pueden caracterizar los mismos de la siguiente forma:

En lo que respecta al pH hay que señalar que el suelo Ferralítico Rojo lixiviado presentó una reacción ligeramente ácida, siendo valores típicos y representativos de este suelo. La materia orgánica (MO), el P, el Na, el Ca y el Mg se pueden caracterizar de contenidos bajos; sin embargo en el caso del K los valores son altos.

Para los análisis de suelo de las parcelas experimentales, se utilizaron muestras compuestas por 20 submuestras tomadas en forma de zigzag en cada una y a una profundidad de 0-20 cm al inicio de cada ciclo experimental.

Los métodos analíticos utilizados fueron: el pH se midió en KCl y H_2O por el método potenciométrico, con una relación suelo - solución de 1:2,5; la materia orgánica (MO) por el método de Walkley-Black, el P por el método de Arnold y Kurtz; el K, el Ca, el Mg y el sodio (Na,) por Maslova: solución Ac NH_4 1N a pH 7 y dilución 1:5 agitación 5 minutos.

Las características evaluadas se presentan en la Tabla 8.

TABLA 8. Características químicas del suelo de las parcelas experimentales (profundidad: 0-20 cm).

Año	pH		MO	P	Na	K	Ca	Mg	C.C.B.
	H ₂ O	KCl	(%)	(ppm)	(cmol.kg ⁻¹)				
1	6,4	5,9	1,13	10,00	0,7	0,7	10,5	4,1	16,0
2	6,5	5,9	1,20	15,02	0,9	0,8	11,0	4,9	17,6

3.4. Experimentos realizados y características principales de los mismos.

Para dar repuesta a los objetivos se trabajó con los cultivos de yuca y boniato, en condiciones de campo, realizándose dos ciclos de cosecha en cada cultivo. Los tratamientos evaluados se muestran en la Tabla 9.

TABLA 9. Tratamientos evaluados en cada experimento durante los años 2005 y 2006.

<i>Tratamientos</i>	
Yuca	Boniato
1. Testigo	1. Testigo
2. 25 % NPK	2. 50 % NPK
3. FitoMas E + 25 % NPK	3. FitoMas E + 50 % NPK
4. HMA + 25 % NPK	4. HMA + 50 % NPK
5. HMA + FitoMas E + 25 % NPK	5. HMA + FitoMas E + 50 % NPK
6. 100 % NPK	6. 100 % NPK

El 100 % de NPK correspondió a las dosis óptimas obtenidas para cada uno de estos cultivos en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado para un nivel de fertilidad de

bajo para el P y alto para el K; tanto las dosis como la forma y momento de aplicación del fertilizante mineral, aparecen en el Instructivo Técnico de estos cultivos (MINAG, 1984, 1988, 1990 y 2004). Sobre la base de lo anteriormente señalado las dosis correspondientes al 100 % de los requerimientos de fertilizante mineral NPK de cada cultivo en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado, se muestran en la Tabla 10.

TABLA 10. Dosis óptimas correspondientes al tratamiento 100 % de NPK.

Cultivo	N	P₂O₅	K₂O
Yuca	140	60	150
Boniato	72	60	144

Para la selección del 25 % de NPK para la yuca y el 50 % en el cultivo del boniato se tuvieron en cuenta los antecedentes que se tienen de los resultados informados por Ruiz (2001) y Ruiz y col. (2006).

Los clones, marcos de plantación, fechas de siembra y cosecha y ciclos de los cultivos aparecen en la Tabla 11.

TABLA 11. Clon, marco de plantación, fecha de siembra y cosecha y ciclo del cultivo de los experimentos.

Cultivo	Clon	Marco de plantación (m)	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Ciclo del cultivo (meses)
Yuca	'Señorita'	0,90 x 0,90	Enero	Diciembre	12
Boniato	'INIVIT B 98-2'	0,90 x 0,30	Mayo	Septiembre	4

3.5. Diseño experimental.

Se utilizaron diseños experimentales de bloques al azar con cuatro réplicas. El número de plantas que se evaluaron por tratamiento de cada cultivo y el área de cálculo de cada parcela aparecen en la Tabla 12.

TABLA 12. Número de plantas evaluadas por tratamiento y área de las parcelas experimentales en cada experimento.

Cultivo	Número de plantas por tratamiento	Área de cálculo por parcela (m ²)	Área de la parcela experimental (m ²)
Yuca	108	21,9	36,4
Boniato	216	14,5	24,3

3.6. Inoculación con HMA y aplicación del FitoMas E.

Se utilizó la especie de HMA *Glomus hoi like*, procedente del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA); el inóculo tenía categoría de comercial con 20 esporas por gramo de inóculo. Los HMA se aplicaron por el método de recubrimiento de semilla, en el caso de la yuca se recubrieron las puntas de la “semilla” con una mezcla que contenía 0,5 kg inóculo en 600ml H₂O (13 kg.ha⁻¹) y para el boniato se recubrieron los esquejes con una mezcla que contenía 0,125 kg inóculo en 600ml H₂O (35 kg.ha⁻¹), la inoculación se realizó 24 horas antes de la plantación.

El FitoMas E procedió del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) y sus principales características son: 150; 55; 60 y 31 g.L⁻¹ de extracto orgánico, N total, K₂O y P₂O₅, respectivamente. Se aplicó de forma foliar, a razón de 2 L.ha⁻¹ fraccionado a partes iguales a los 30 y 45 días de la plantación para el cultivo del boniato y a los 30 y 90 días de la plantación en la yuca.

3.7. Evaluaciones realizadas.

Durante el período experimental se realizaron las siguientes evaluaciones en cada tratamiento:

1. Colonización de raíces con HMA, expresada en %: se realizó a los 90 días de la plantación para la yuca y a los 60 de la plantación para el boniato, tomando una muestra de raíces finas por planta y utilizando la técnica de tinción según Phillips y Hayman (1970).
2. Altura de la planta, expresada en cm: se realizó al cultivo de la yuca en el momento de la cosecha, midiendo la altura desde la base del tallo hasta el último brote foliar,
3. Peso promedio de los tubérculos por planta, expresado en gramos: se evaluó el peso promedio de los tubérculos comerciales por planta, tomando una muestra de 4 plantas por parcela en todos los tratamientos.
4. Rendimiento comercial, expresado en t.ha⁻¹: se obtuvo a través de la cosecha, la que se realizó a los 12 meses para la yuca y a 4 meses para el boniato, Se evaluó el peso de las raíces o tubérculos por unidad de área, según el cultivo.
5. Índice de eficiencia micorrizica (IE), expresado en %: se utilizó para determinar la efectividad de la micorrización de todos los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos, modificando la definición dada por Siqueira y Franco (1988), aunque empleando la misma fórmula propuesta por los autores:

$$IE = (\text{Rdto. Tratamiento} - \text{Rdto. T} / \text{Rdto. T}) \times 100.$$

T = Testigo sin inóculo y sin fertilizante.

6. Eficiencia Agronómica (EA), se utilizó para determinar la efectividad de los distintos tratamientos de los cultivos, desde el punto agronómico, teniendo en cuenta cada año.

EA = Rendimiento Tratamiento Fertilizado - Rendimiento Testigo/ Dosis de Fertilización.

La dosis de Fertilizantes es la suma de Nitrógeno, Fósforo y Potasio dada en kilogramos.

7. Factor Parcial de Productividad (FPP), se utilizó para determinar los parciales de la productividad de cada tratamiento.

FPP = Rendimiento de cada Tratamiento/ dosis de fertilizantes

3.8. Métodos estadísticos empleados en el procesamiento de los resultados.

Los datos fueron procesados estadísticamente de acuerdo al diseño experimental empleado, por lo que los mismos fueron procesados a través del análisis de varianza de clasificación doble, del análisis de prueba de hipótesis de muestras independientes y del modelo de análisis de regresión (Caballero, 1999; Díaz, 1999). En todos los casos se realizaron comparaciones de medias, según la Dócima de Rangos Múltiples de Tukey. Se realizaron análisis de regresión entre peso del tubérculo y el rendimiento del boniato y entre altura de la planta y el rendimiento de la yuca. El paquete estadístico utilizado, fue SPSS ver.11 para Windows.

3.9. Evaluación económica.

Se utilizó la Metodología para la Evaluación de la Efectividad Económica de los Resultados de la Investigación (Unidad de Pronóstico Económico, MINAGRI, 1984).

La evaluación económica emplea métodos cuantitativos para estimar los costos y los beneficios de las actividades de investigación agropecuaria. Puede hacerse en términos de los precios del mercado o de los costos y los beneficios reales que reciben los productores o la sociedad (Falcony, 1994).

Para el caso de los resultados obtenidos en la presente investigación, y considerando que el cambio propuesto en la tecnología de producción de yuca y boniato, solo se refiere a la sustitución de una parte de la dosis de fertilizante mineral por la aplicación HMA y FitoMas E; mientras que el resto del paquete tecnológico se mantiene sin variaciones, entonces el análisis estará dirigido sólo a considerar la efectividad económica a partir de la disminución de los costos de la

nueva tecnología propuesta, por concepto de la disminución de la dosis de fertilizante mineral.

Se utilizó la Metodología para la Evaluación de la Efectividad Económica de los resultados de la Investigación (Unidad de Pronóstico Económico, MINAGRI, 1984), basada en la siguiente ecuación:

$$Ec = (Vpn - Cpn) - (Vpb - Cpb)$$

donde:

Ec = Efecto económico (se expresa en pesos.ha⁻¹).

Vpn = Valor de la producción de la nueva tecnología.

Cpn = Costo de producción de la nueva tecnología.

Vpb = Valor de la producción de la tecnología actual.

Cpb = Costo de producción de la tecnología actual.

La evaluación económica se realizó teniendo en cuenta la siguiente base de datos:

◆ **Base de datos:**

- ✓ Para la evaluación económica se tomó como área 1 ha y como período 2 años.
- ✓ Para la evaluación se utilizaron los tratamientos más significativos:
 - Mejor combinación HMA + FitoMas E + fertilizantes minerales (HMA + FitoMas E + 25 % NPK en yuca, HMA + FitoMas E + 50 % NPK en boniato) (nueva tecnología).
 - 100 % NPK (dosis óptimas para cada cultivo en suelo Ferralítico Rojo lixiviado) (tecnología actual).
- ✓ Los precios de los fertilizantes minerales (Cuba, MINAGRI, 2007) del EcoMic (INCA, 1998) y del FitoMas E (Montano y col., 2006), fueron:
 - Urea al 46 % = 300 \$.t⁻¹
 - Superfosfato sencillo al 20 % (SFS) = 236 \$.t⁻¹
 - Cloruro de K al 60 % (KCl) = 280 \$.t⁻¹
 - EcoMic = 2,50 \$.kg⁻¹
 - FitoMas E = 1,37 \$.L⁻¹

- ✓ Las dosis de N, P₂O₅ y K₂O para el 100 % NPK son las siguientes:
 - Yuca:
 - N (kg.ha⁻¹) = 140
 - P₂O₅ (kg.ha⁻¹) = 60
 - K₂O (kg.ha⁻¹) = 150
 - Boniato:
 - N (kg.ha⁻¹) = 72
 - P₂O₅ (kg.ha⁻¹) = 60
 - K₂O (kg.ha⁻¹) = 144
- ✓ El costo de los fertilizantes minerales se calculó multiplicando el precio por la dosis de cada portador y sumando el costo de los tres portadores por cultivo.
- ✓ Las dosis de EcoMic por cultivo fueron:
 - Yuca = 13,0 kg.ha⁻¹
 - Boniato = 35,0 kg.ha⁻¹
- ✓ Las dosis de FitoMas E por cultivo fueron:
 - Yuca = 2,0 L.ha⁻¹
 - Boniato = 2,0 L.ha⁻¹
- ✓ Los costos del EcoMic y del FitoMas E se calcularon multiplicando el precio por la dosis en cada cultivo.
- ✓ Para el costo de la aplicación de los fertilizantes minerales, del EcoMic, del FitoMas E y del resto de las actividades se utilizaron las Cartas Tecnológicas de los cultivos (MINAGRI, 2005).
- ✓ El precio promedio de los productos cosechados a que el productor vende al estado (Oficina Nacional de Estadística, 2007) es el siguiente:
 - Yuca = 160 \$.t⁻¹
 - Boniato = 240 \$.t⁻¹
- ✓ Los rendimientos promedios obtenidos en los experimentos de campo para los tratamientos que se evaluaron por cultivo fueron:
 - ✓ Yuca (t.ha⁻¹):
 - ✓ Primer año:
 - HMA + FitoMas E + 25 % NPK = 33,15

- 100 % NPK = 33,20
- ✓ Segundo año:
- HMA + FitoMas E + 25 % NPK = 37,35
- 100 % NPK = 37,34
- ✓ Boniato (t.ha⁻¹):
- ✓ Primer año:
- HMA + FitoMas E + 50 % NPK = 33,10
- 100 % NPK = 33,00
- ✓ Segundo año:
- HMA + FitoMas E + 50 % NPK = 35,94
- 100 % NPK = 35,83
- ✓ El ingreso por la venta de los productos cosechados se calculó multiplicando el precio a que el productor vende al estado por el rendimiento o producción por cultivo en las condiciones de campo.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Efecto simple y combinado de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA), FitoMas E y dosis de fertilizantes minerales sobre los cultivos de la yuca y el boniato.

4.1.1. Efecto sobre el cultivo de la yuca.

En la Tabla 13 se presentan los resultados del efecto simple y combinado de los HMA, el FitoMas E y dosis de fertilizantes minerales (NPK) sobre el rendimiento comercial, el por ciento de colonización de las raíces por las HMA, la eficiencia agronómica y el factor parcial de productividad en el cultivo de la yuca, en el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado.

Se observa que para los dos años de estudio y a pesar de las diferencias que existen entre un año y el otro con relación a las precipitaciones (Tablas 4) y también entre las características químicas del suelo (Tabla 8), el mejor tratamiento fue HMA+FitoMas E+25% NPK, significativamente superior al testigo, el 25% de NPK, FitoMas E+25 % NPK y HMA+25% NPK, pero sin diferencia significativa con el de 100% de NPK. También se observa que en la eficiencia agronómica (EA) el incremento del rendimiento está en ascenso a medida que el rendimiento es mayor, hasta el tratamiento cinco y seis que son similares, el factor parcial de productividad (FPP) aumenta a medida que el rendimiento es mayor, hasta llegar al punto que en el cual no tienen diferencia significativa entre el tratamiento cinco y seis, demostrando esto la eficacia de los productos aplicados con relación al fertilizante mineral. En el caso del tratamiento uno (testigo) que no se le aplicó ningún tipo de producto, ni fertilizante mineral, así como tampoco los productos orgánicos se puede observar que tanto el rendimiento como las demás variables, los valores son los mas bajos. Estos datos corroboran el carácter repetitivo de los resultados en el tiempo y bajo diferentes condiciones, ya que existió un efecto completamente reproducible de los mismos en los diferentes años en que se repitieron los experimentos.

TABLA 13. Efecto de los HMA y el FitoMas E sobre el clon de yuca 'Señorita' en suelo Ferralítico Rojo lixiviado de la EACC.

Tratamiento	Año 2005					Año 2006				
	Rdto.	IE	Col.	EA(tm)	FPP(tm)	Rdto.	IE	Col.	EA(tm)	FPP(tm)
	(t.ha ⁻¹)	(%)	(%)	.kg)	.kg)	(t.ha ⁻¹)	(%)	(%)	.kg)	.kg)
1. Testigo	14,21 d		4,90 f			18,43 d		6,60 e		
2. 25 % NPK	21,00 c	47.78	7,17 ef	.019	.060	25,04 c	35.86	9,35 de	.019	.071
3. FitoMas E + 25 % NPK	24,84 b	74.8	14,00 c	.030	.070	28,00 c	51.92	16,00 c	.027	.080
4. HMA + 25 % NPK	26,40 b	86.0	60,50 b	.030	.075	31,44 b	70.59	63,00 b	.037	.089
5. HMA + FitoMas E + 25 % NPK	33,15 a	133.2	66,15 a	.054	.094	37,35 a	102.65	67,85 a	.054	.106
6. 100 % NPK	33,20 a	133.6	9,00 de	.054	.094	37,34 a	102.6	12, 50 cd	.054	.106
ES ±	0,96*		0,77*			1.08*		0,82*		
CV (%)	5,95		5,71			5,30		5,65		

* Medias con letras en común no difieren significativamente según Dócima de Tukey para p<0,05.

Para el mejor tratamiento en el primer año de estudio, el rendimiento, el índice de eficiencia (IE), la colonización de las raíces por la especie *Glomus hoi like* de HMA, fueron superiores al del segundo año.

En el caso de la eficiencia agronómica (EA), los tratamientos cinco y seis no tienen diferencia significativa el primer año con relación al segundo.

Con relación al factor parcial de productividad (FPP) el segundo año estuvo ligeramente superior al primer año, pudiendo esto estar influenciado por las condiciones climáticas.

Los resultados indican que con la aplicación combinada de una especie de HMA y el FitoMas E, para un nivel de fertilidad del suelo bajo en P y alto para el K, se puede sustituir el 75% de la dosis óptima de NPK (140, 60 Y 150 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente), obtenida y recomendada para este cultivo, tipo de suelo y nivel de fertilidad, pero en ausencia de la aplicación de micorrizas y FitoMas E, lo que permite establecer una nueva dosis óptima, equivalente al 25% de las dosis recomendadas por los Instructivos Técnicos del cultivo para las plantas donde no se aplique micorrizas y FitoMas E, pero garantizando los mismos niveles de rendimientos (MINAGRI, 1984, 1988, 1990 y 2004).

Bajo condiciones edafoclimáticas diferentes, varios autores han informado que para el cultivo de la yuca, inoculado con especies eficientes de HMA, se puede sustituir entre 12 y 100 % del fertilizante mineral (Ruiz Martínez,1984; Howeler,1985; Howeler y col., 1987; Ferrer y Herrera,1991; Sierverding,1991; Gómez y col., 1997; Fernández y col., 1997; Ruiz, 2001; Ruiz y col., 2006); sin embargo prácticamente no existen antecedentes en Cuba del efecto producido por el FitoMas E en el cultivo de la yuca y mucho menos aplicado combinado con una especie eficiente de HMA, aunque si existen numerosos reportes sobre el efecto beneficioso de FitoMas E en el crecimiento y rendimiento comercial de varios cultivos como son: caña de azúcar (30% de incremento del rendimiento), tabaco (52%), tomate (49%), pepino (47%), lechuga (37%) y habichuela (50%) (Montano y col., 2006; López y col., 2006; Montano y col., 2007)

Otros resultados interesantes que se observan en la Tabla 13 son la obtención de mayor IE de los HMA en los tratamientos cinco y seis con relación al testigo en el primer año que se evaluó, con relación al segundo , a pesar que en el primer año las condiciones climáticas fueron menos favorables que en el segundo año, aspecto que demuestra una vez mas el aumento de la eficiencia de los HMA bajo condiciones menos favorables. Estos resultados coinciden en gran medida con los obtenidos por Ruiz, (2001) y Sánchez, (2001); que lograron mayor IE de micorrización con de las condiciones climáticas menos favorables.

También otro resultado importante fue que en ambos años se logró un efecto significativo del por ciento de colonización de las raíces por los HMA con la

aplicación del FitoMas E , siendo muy superior en todos los que se aplicó ,no siendo así en el que se aplicó fertilizante mineral al 100% ,el cual es considerablemente inferior; lo que está en correspondencia con lo informado por algunos autores cuando señalan que el FitoMas E potencia la acción de los preparados biológicos, no es dañino para la microbiota del suelo e incrementa la misma en la rizosfera; también se ha señalado que la fertilidad del suelo constituye un factor importante en el funcionamiento de las micorrizas nativas del suelo (Ruiz, 2001 y Montano y col., 2007).

En la Figura 2 se muestra el efecto de los diferentes tratamientos sobre la altura de planta en el momento de la cosecha, para los dos años de estudio.

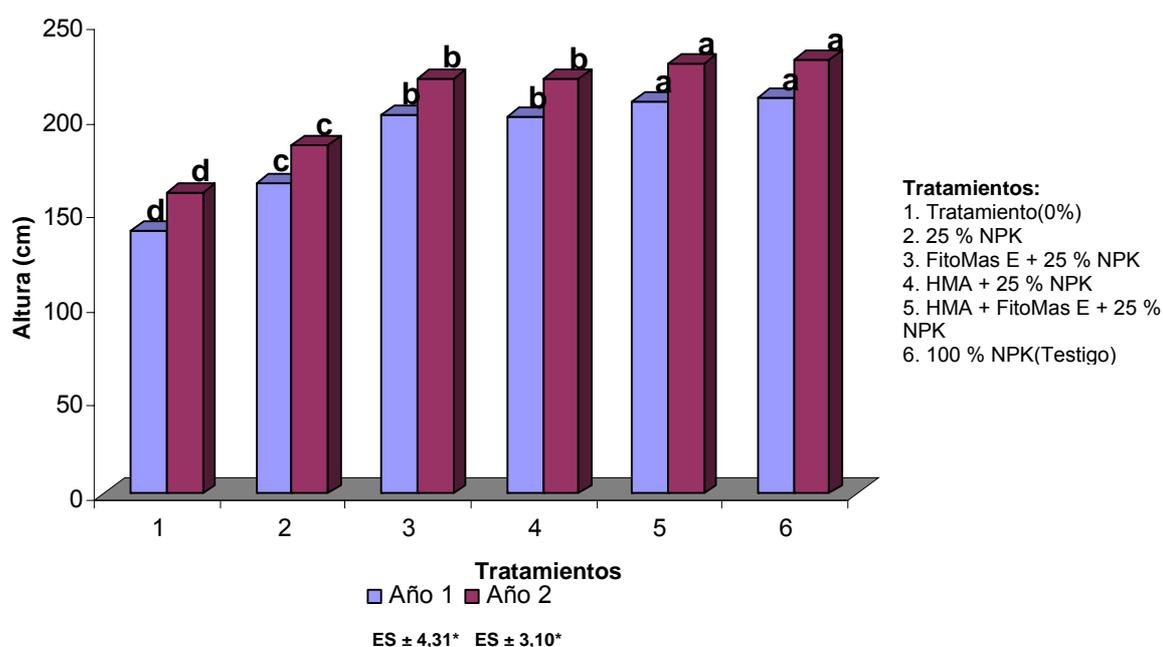


FIGURA 2. Efecto del HMA y el Fitomas E y los fertilizantes minerales sobre la altura del clon de yuca 'Señorita' en suelo Ferralítico Rojo lixiviado de la EACC.

En todos los tratamientos, las mayores alturas de la planta se logran en el segundo año, debido a que fue este precisamente el que mantuvo las mejores condiciones climáticas.

Se observa que existe una correspondencia entre esta variable y los rendimientos alcanzados (Figura 2), debido precisamente a que el tratamiento HMA+FitoMás-E+25% NPK produce uno de los más altos rendimientos y también fue de los que

posibilitó las mayores alturas promedio, sin diferencias significativas con el tratamiento 100 % NPK que también logró los mayores rendimientos; pero si fue significativamente superior al de, 25% NPK, FitoMas E+25% NPK y HMA+25% NPK, que produjeron los más bajos rendimientos comerciales.

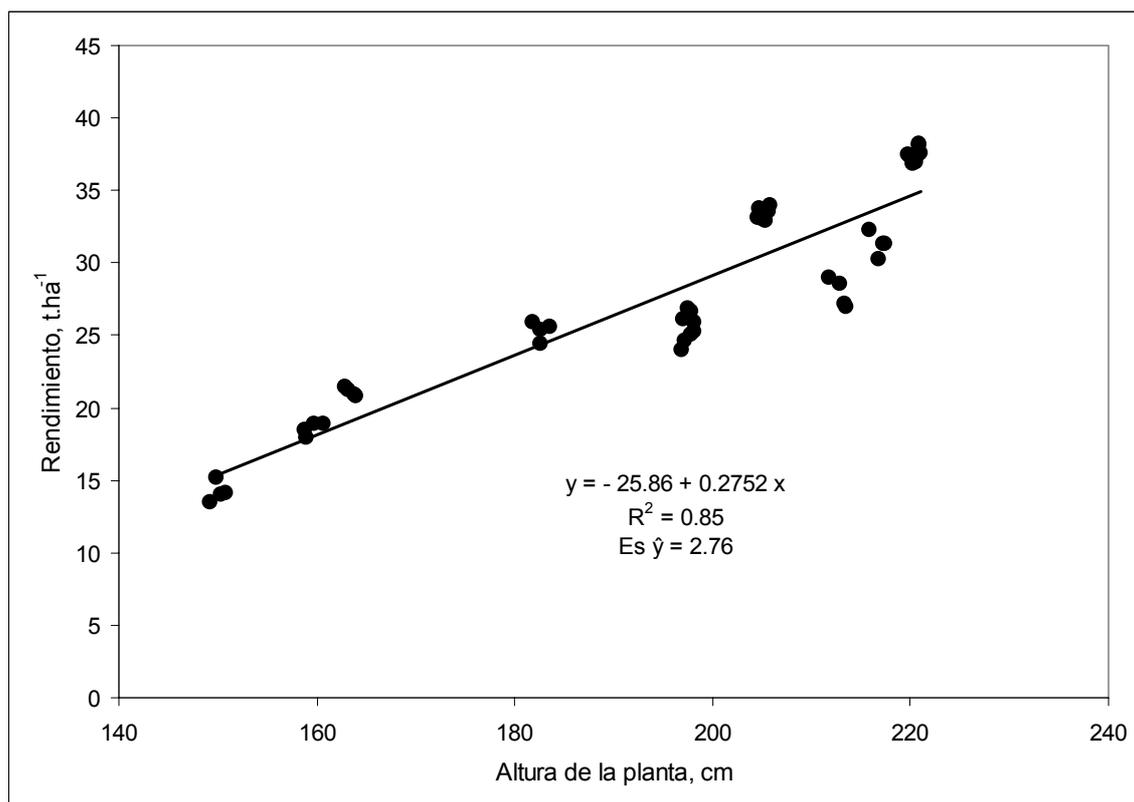


Figura 3. Modelación del rendimiento de la yuca en función de la altura de la planta.

El efecto encontrado entre las variables altura de la planta y los rendimientos, se debe fundamentalmente a la contribución que tiene la altura de la planta sobre el índice de área foliar (IAF) y este a su vez con el proceso fotosintético que juega un importante papel en el aumento de las reservas en las raíces de la planta y por tanto en los rendimientos (Domínguez, 1982 y Ruiz, 2001).

4.1.2. Efecto sobre el cultivo del boniato.

En la Tabla 14 aparecen los resultados del efecto simple y combinado de una especie eficiente de HMA, FitoMas E y las dosis de fertilizantes minerales (NPK) sobre el rendimiento y el por ciento de colonización de las raíces por el hongo HMA en el cultivo del boniato.

Se observa que para los dos años de estudio y a pesar de las diferencias que existen entre un año y el otro con relación a las precipitaciones (Tablas 4) y también en cierta medida entre las características químicas del suelo (Tabla 8), el mejor tratamiento fue HMA+FitoMas E+50% NPK, significativamente superior al testigo, 50% NPK, FitoMas E+50% NPK y HMA+50% NPK, pero sin diferencias significativas en el tratamiento donde se aplicó el 100% de NPK. Se observa un efecto completamente reproducible de los resultados en los diferentes años en que se repitieron los experimentos.

Para el mejor tratamiento en el primer año de estudio, el rendimiento, el índice de eficiencia (IE) y la colonización de las raíces por la especie *Glomus hoi like* de HMA son superiores al del segundo año.

Como se observa en esta tabla la eficiencia agronómica (EA), aumenta paulatinamente a medida que aumenta el rendimiento, hasta llegar al tratamiento cinco y seis que no tienen diferencia significativa en el mismo año, el factor parcial de productividad (FPP), aumenta a medida que aumentan los rendimientos en el mismo año, no siendo así en el tratamiento cinco con relación al seis, los cuales se comportan sin diferencia significativa, demostrando esto que el HMA+FitoMas E+50% NPK a esta dosis tiene una eficacia agrícola muy buena con ahorro de moneda libremente convertible para el país.

Con relación del primer año y el segundo, la eficiencia agronómica (EA) y el factor parcial de productividad (FPP), en el segundo año son ligeramente superiores, debido al mejor rendimiento, provocado esto por las mejores condiciones climáticas

Los resultados indican que con la aplicación combinada del una especie eficiente de HMA y el FitoMas E, para un nivel de fertilidad del suelo bajo para el P y alto para el K, se puede sustituir el 50% de la dosis óptima de NPK (72, 60 y 144

kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente), obtenida y recomendada para este cultivo, tipo de suelo y nivel de fertilidad, pero en ausencia de la aplicación de micorrizas y FitoMas E, lo que permite establecer una nueva dosis óptima.

TABLA 14. Efecto del HMA y el Fitomas E sobre el clon de boniato 'INIVIT B 98-2' en suelo Ferralítico Rojo lixiviado de la EACC.

Tratamiento	Año 2005					Año 2006				
	Rdto.	IE	Col.	EA(tm. .kg)	FPP(tm. kg)	Rdto.	IE	Col.	EA(tm. kg)	FPP(tm. kg)
	(t.ha ⁻¹)	(%)				(t.ha ⁻¹)	(%)			
1. Testigo	16,54 d	-	5,00 e			19,00 d	-	6,50 e		
2. 50 % NPK	22,20 c	34.22	6,30 d	.020	.080	24,44 c	27.98	8,20 d	.019	.088
3. FitoMas E + 50 % NPK	26,33 b	59.18	12,02 c	.035	.095	29,01 b	52.68	13,98 c	.036	.105
4. HMA + 50 % NPK	27,60 b	66.86	58,50 b	.040	.100	30,24 b	59.15	61,00 b	.040	.109
5. HMA + FitoMas E + 50 % NPK	33,10 a	100.1	64,20 a	.060	.119	35,94 a	89.15	65,80 a	.061	.130
6. 100 % NPK	33,00 a	99.51	8,20 cd	.060	.119	35,83 a	89.05	9,30 cd	.061	.130
ES ±	1,38*		1,31*			1,51*		1,28*		
CV (%)	9,50		9,24			9,43		8,35		

Medias con letras en común no difieren significativamente según Dócima de Tukey para P<0,05.

La información sobre el efecto de los HMA en este cultivo es más abundante, sobre todo para los estudios de especies de HMA bajo diferentes condiciones edafoclimáticas (IITA, 1976; Milián Morales, 1994; Matos y col., 1994; García y col., 1994; Gómez y col., 1997; Ruiz, 2001 y Ruiz y col., 2006).

El boniato, en los informes de la literatura sobre el efecto del FitoMas E son muy escasos y prácticamente nulos en combinación con micorrizas, aunque si se realizan varios reportes con un importante efecto de este producto sobre diversos cultivos (Montano y col., 2007).

En el cultivo del boniato se observa la misma tendencia que en la yuca con relación a la obtención de mayor IE de los HMA en los tratamientos 5 y 6 en el primer año que se evaluó, con relación al segundo (Tabla 14), a pesar de lograrse

mayores rendimientos y mejores por cientos de colonización, aspecto que corrobora el aumento de la eficiencia de los HMA bajo condiciones climáticas menos favorables. Estos resultados coinciden en gran medida con los obtenidos por Ruiz (2001) y Sánchez (2001); que lograron mayor IE de micorrización con la disminución del nivel de fertilidad de los suelos y de las condiciones climáticas.

Otro resultado que tuvo similar comportamiento que la yuca fue que en ambos años se logró un efecto significativo del porcentaje de colonización de las raíces por los HMA con la aplicación del FitoMas E y del fertilizante mineral.

Los resultados que aparecen en la Figura 4, sobre el efecto de los tratamientos en el peso promedio de los tubérculos por planta, para los dos años de estudio, demuestran que el mejor tratamiento fue HMA+FitoMas E+50% NPK que produce tubérculos, sin diferencias significativas con el tratamiento 100% NPK testigo, pero sí con el resto. Resultados similares han sido informados por Ruiz y col. (2006).

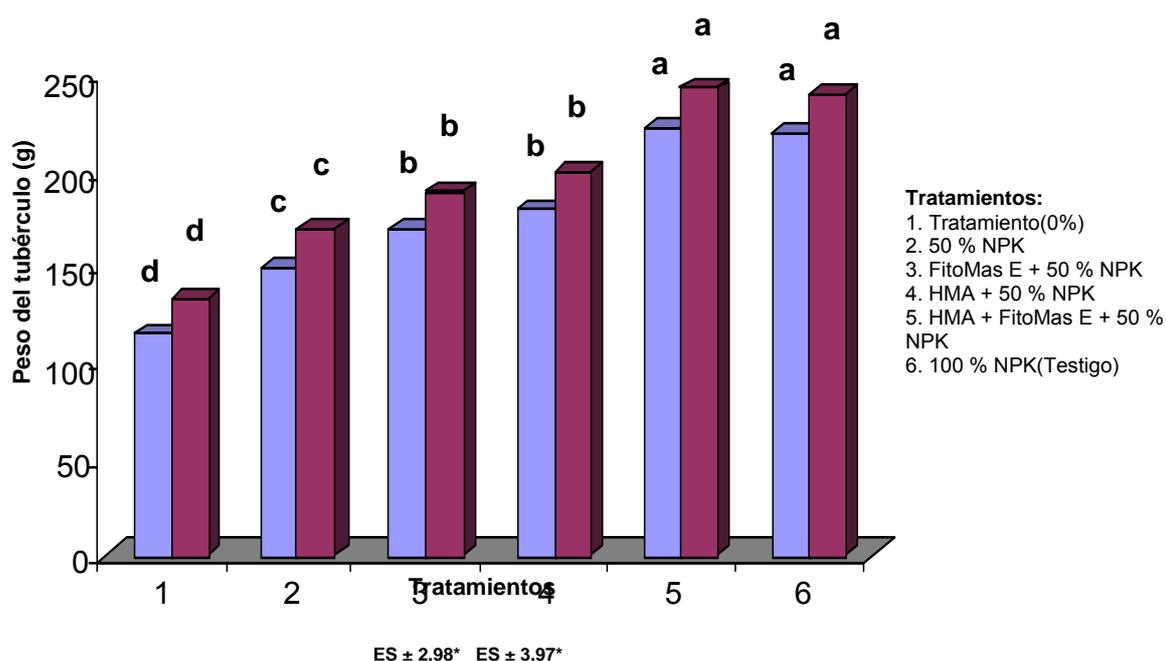


FIGURA 4. Efecto del HMA y el Fitomas E sobre el peso promedio de los tubérculos del clon de boniato 'INIVIT B 98-2' en suelo Ferralítico Rojo lixiviado de la EACC.

El peso del tubérculo guardó estrecha relación con el rendimiento del boniato, pudiéndose establecer una regresión lineal entre ambos indicadores (Figura 5).

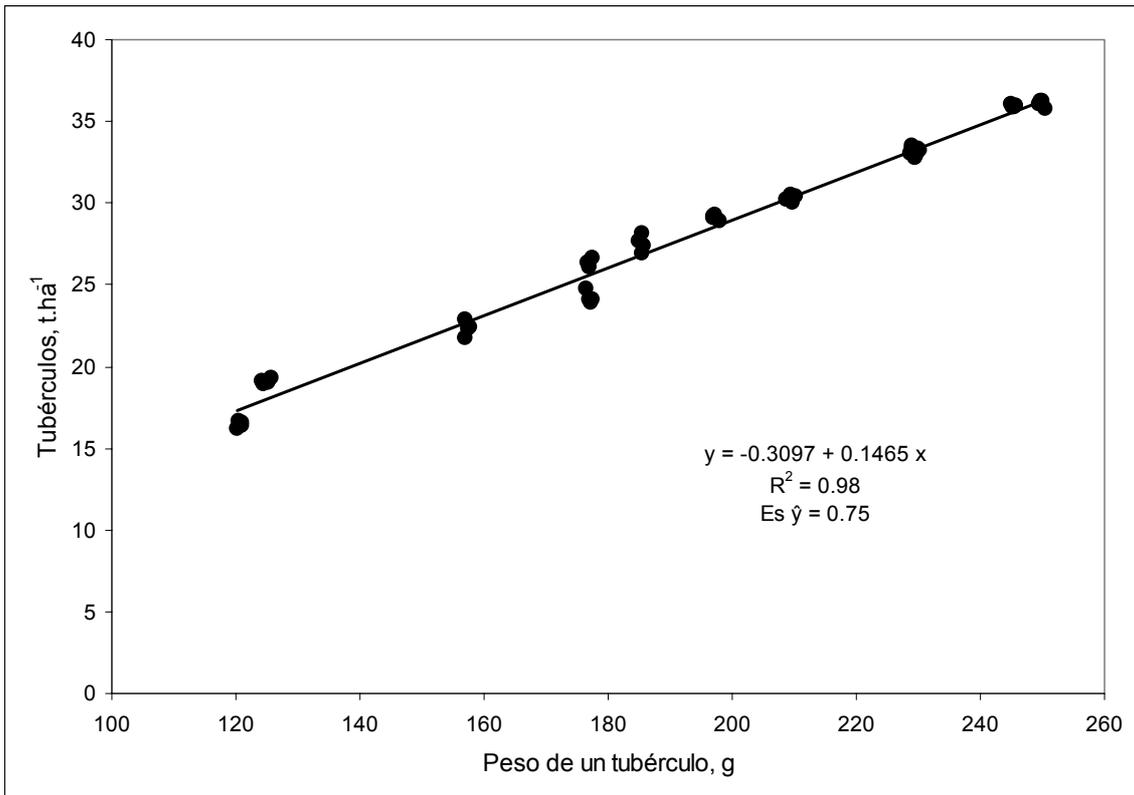


Figura 5. Modelación del rendimiento del boniato en función del peso del tubérculo.

4.2. Consideraciones generales.

Los resultados obtenidos a través del programa de investigaciones desarrollado, permiten validar el papel de los hongos micorrizógenos y el FitoMas E en la nutrición de la yuca y el boniato y su implicación práctica; o sea, la necesidad de considerar la biofertilización como un fenómeno importante para el manejo de las dosis óptimas de NPK.

Es importante señalar que la biofertilización, más que una alternativa, es un modelo para hacer agricultura, su justo valor está en lograr que se exprese la inoculación eficiente de los HMA y la fitoestimulación del FitoMas E en la potenciación de la nutrición de las plantas, ya que cuando esto se logra, aumenta su capacidad para absorber nutrientes, agua y su protección contra organismos fitopatógenos.

La aplicación de los HMA y el FitoMas E puede constituir para la yuca y el boniato lo que el *Rhizobium* para la soya, el frijol y otras leguminosas.

La biofertilización no es incompatible con la aplicación de fertilizantes minerales, pero si determina las dosis óptimas de fertilizantes, puesto que con la misma se logra mejorar la eficiencia de la fertilización. Hoy día con la situación que existe con la fertilización mineral de la yuca y el boniato y la estrategia que sigue el país de áreas “protegidas” con fertilizantes, estos productos pueden ser manejados como parte integrante de los sistemas agrícolas sostenibles.

4.3. Evaluación económica.

La evaluación económica emplea métodos cuantitativos para estimar los costos y los beneficios de las actividades de investigación agropecuaria. Puede hacerse en términos de los precios del mercado o de los costos y los beneficios reales que reciben los productores o la sociedad (Falcony, 1994).

Para el caso de los resultados obtenidos en la presente investigación, y considerando que el cambio propuesto en la tecnología de producción de yuca y boniato, solo se refiere a la sustitución de una parte de la dosis de fertilizante mineral por la aplicación HMA y FitoMas E; mientras que el resto del paquete tecnológico se mantiene sin variaciones, entonces el análisis estará dirigido sólo a considerar la efectividad económica a partir de la disminución de los costos de la nueva tecnología propuesta, por concepto de la disminución de la dosis de fertilizante mineral.

Considerando que diferentes métodos económicos pueden emplearse para hacer una evaluación económica, y que no hay un enfoque único que sirva perfectamente a cualquier situación, pues todos se basan en un cuerpo integral de la teoría económica, se estructura la evaluación económica de la siguiente forma:

En las Tablas 15 y 16 se presentan los costos e ingresos por actividad para la yuca y el boniato en los dos años evaluados, calculados teniendo en cuenta la base de datos anterior.

TABLA 15. Costos e ingresos por actividad en el cultivo de la yuca

Actividad	Primer año		Segundo año	
	HMA+FitoMas E+25% NPK	100% NPK	HMA+FitoMas E+25% NPK	100% NPK
-----Peso.ha ⁻¹ , MN-----				
Fertilizantes minerales	93,75	375,00	93,75	375,00
Aplic fertil. miner.	42,56	85,13	42,56	85,13
FitoMas E	2,74		2,74	
EcoMic	32,50		32,50	
Aplic.FitoMas E y EcoMic	20,30		20,30	
Otras actividades	1102,45	1102,45	1102,45	1102,45
Total costos	1294,30	1562,58	1294,30	1562,58
Ingresos:				
Venta de cosecha	5304,00	5312,00	5976,00	5974,00

TABLA 16. Costos e ingresos por actividad en el cultivo del boniato.

Actividad	Primer año		Segundo año	
	HMA+FitoMas E+50% NPK	100% NPK	HMA+FitoMas E+50% NPK	100% NPK
-----Peso.ha ⁻¹ , MN-----				
Fertilizantes minerales	112,50	225,00	112,50	225,00
Aplic. fertil. miner.	34,40	68,80	34,40	68,80
FitoMas E	2,74		2,74	
EcoMic	87,50		87,50	
Aplic.FitoMas E y EcoMic	20,30		20,30	
Otras actividades	1016,92	1016,92	1016,92	1016,92
Total costos	1274,36	1310,72	1274,36	1310,72
Ingresos:				
Venta de cosecha	7944,00	7920,00	8625,60	8599,20

Con los datos de las Tablas 15 y 16 y utilizando la ecuación $E_c = (V_{pn} - C_{pn}) - (V_{pb} - C_{pb})$, para el cálculo del efecto económico (E_c), se obtuvieron los resultados de la Tabla 17.

TABLA 17. Efecto económico de la nueva tecnología propuesta para la yuca y el boniato.

Cultivo	Ec (pesos.ha ⁻¹)	
	Primer año	Segundo año
Yuca	260,28	270,29
Boniato	60,36	62,76

En la Tabla 17 se muestra la buena efectividad económica de las nuevas tecnologías o variantes propuestas, a sea HMA+FitoMas E+25% NPK para la yuca y HMA+FitoMas E+50% NPK en el boniato, para los dos años de estudio, también se observa que el efecto económico de la yuca es superior al del boniato, debido a que en la yuca con la variante propuesta se puede ahorrar el 25 % más que en el boniato, del fertilizante que se aplica y además las dosis de N y K son superiores en el primer cultivo, sobre todo la de N. En ambos cultivos el mayor efecto económico se logra en el segundo año, porque es donde se obtienen los más altos rendimientos.

5. CONCLUSIONES

1. Existe respuesta de la yuca y el boniato a la aplicación de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) y FitoMas E.
2. En el cultivo de la yuca el tratamiento HMA+FitoMas E+25% NPK produce los mejores rendimientos y los más altos valores de índice de eficiencia (IE), colonización de las raíces por HMA y altura de la planta.
3. En el cultivo del boniato, con la combinación HMA+FitoMas E+50% NPK, se obtienen los mejores rendimientos, índice de eficiencia (IE), porcentaje de colonización de las raíces por los HMA y peso promedio de los tubérculos por planta.
4. Existe un efecto significativo y positivo del porcentaje de colonización de las raíces por los HMA con la aplicación del FitoMas E y del fertilizante mineral.
5. Existe buena efectividad económica de las nuevas tecnologías o variantes propuestas, a sea HMA+FitoMas E+25% NPK para la yuca y HMA+FitoMas E+50% NPK en el boniato, para los dos años de estudio.
6. Se puede predecir el rendimiento de la yuca a partir de la altura de la planta.
7. Se observa en la Eficiencia Agronómica (EA) y el Factor Parcial de Productividad (FPP) que a medida que aumenta el rendimiento su comportamiento es mucho mejor.

6. RECOMENDACIONES

1. Generalizar el uso combinado de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) y el FitoMas E, con dosis complementarias de fertilizantes minerales (NPK), correspondientes al 25 % para la yuca y el 50 % para el boniato, de las dosis que comúnmente se aplican a estos cultivos en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado.
2. Extender los resultados en las distintas formas de producción de la agricultura cubana y elevar el grado de concientización de la importancia de los HMA y el FitoMas E entre los productores y técnicos, a través de la divulgación de los resultados por diferentes vías.
3. Utilizar los resultados obtenidos con fines docentes por lo que representa en el enriquecimiento de la información científico-teórica existente en el campo de la nutrición y la biología con relación a los HMA y el FitoMas E para las condiciones de Cuba.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ACAO (ASOCIACION CUBANA DE AGRICULTURA ORGANICA). Reflexiones acerca de la Agricultura .**Rev. Agricultura Orgánica** 1(1): 3-4, 1995.
2. AHIABOR, B. D. and H. HIRATA. Characteristic responses of VAM fungi in Andosol soil with different fertilities. **Mycorrhiza** 5(1): 63-70, 1994.
3. ALMENDRAS, A. S. Effect of liming, fertilization and mycorrhizal inoculation of NPK uptake and growth of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz).-- Philipines:University of Philipines, 1982.-- p. 92.
4. ANDRESSON, A. J.; P. RODRIGUEZ Y E. GUEDES. Efectos de la inoculación con *Azotobacter* y hongos MVA en vitroplantas de ñame. **Cultivos Tropicales** 15(3): 66, 1994.
5. ATILANO, R. A.; J. A. MENGE and S. D. VAN GUNDY. Interaction between *Meloidogyne arenaria* and *Glomus fasciculatum* in grape. **J. Nematol.** 13: 52-57, 1981.
6. BAKER, T. Musanews. **Rev. Infomusa** 3(2): 28, 1994.
7. BANSAL, M. and K. G. MUKERJI. Positive correlation between VAM-induced changes in root exudation and mycorrhizosphere mycoflora. **Mycorrhiza** 5(1): 39-44, 1994.
8. BATISTA, M. ILEANA TORRES Y KATIA RODRIGUEZ. La fertilización de la papa en los suelos Pardos con carbonatos.-- Santo Domingo: INIVIT. VIII Forum de Ciencia y Técnica, 1993.--31p.
9. BORIE, F. y J. MENDOZA. Efecto del encalado sobre la colonización y el número de esporas de hongos MA en un suelo con alto contenido de aluminio.-
- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 39.
10. BURCKHARDT, E. A. and R. H. HOWELER. Efectos de la inoculación de cepas de micorrizas sobre el crecimiento de la yuca en varios suelos naturales en el invernadero.-- Cali: CIAT, 1985.-- p. 140-153.

11. CABALLERO, D. El cultivo del boniato. -- Las Villas: UCLV, 1973.-- 47 p.
12. CABALLERO, A. Folleto de diseño experimental.—La Habana: INCA 1999.---- p 6.
13. CAÑIZARES, E. G. y R. AZCON-AGUIAR. Efectos de diferentes condiciones de pH y microelementos sobre el comportamiento de hongos MA. Resúmenes de BIOFERTRO'93.-- Ciudad de la Habana: IES-EEZ (España), 1993.-- p. 227.
14. CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL). Cassava program. Soils and plant nutrition.-- Cali: CIAT, 1984.-- p. 25-57.
15. CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL). Programa de yuca. Proyecto Micorrizas. Informe anual.-- Cali: CIAT, 1981.-- p. 57-87.
16. CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL). Pudriciones radiculares de la yuca. Progresos de su control. **Actualidades de la Sanidad Vegetal** 1(3): 21-23, 1991.
17. COFCEWICZ, E. T. e C. A. B. MEDEIROS. Interacao entre fungos micorrízicos-VA e *Meloidogyne javanica*: efecto sobre alface cultivada en sucessao ao tomateiros.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 16.
18. CONPAGNONI, A. El mercado europeo de productos orgánicos, potencialidades y oportunidades. Conferencias del III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica.-- Villa Clara: Asociación Italiana de Agricultura Biológica, 1997.-- p. 96.
19. COURTS, G. Le manioc. Recherche Agronomique de Madagascar. **Compte_Rendu** 2:78-88, 1953.
20. CUBA. Manual técnico para el cultivo y cosecha de la caña de azúcar. Ministerio del Azúcar (MINAZ), Ciudad de La Habana. 1990.
21. DE MIRANDA, J. C. C. e L. N. DE MIRANDA. Efeito da acidez do solo na eficiencia de fungos micorrízicos vesículo- arbusculares nativos de solo de cerrado.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 13.

22. DE SOUZA, E. S.; H. A. BURITY; L. C. MAIA e A. C. DO ESPIRITO SANTO. Producao de inóculo de fungos micorrízicos-VA em aeroponia.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Sta Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 123.
23. DIAZ, A. Diseño estadístico de experimentos.-- Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia, 1999.-- 347 p.
24. DOMÍNGUEZ, C. F. Yuca: Investigación, producción y utilización.-- Cali, Colombia: CIAT, 1982. -- p. 51-72.
25. ESPINOSA, J. Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico en cultivos tropicales. **Informaciones Agronómicas** 39: 9-13, 2000.
26. EZETA, F. N. e P. C. L. CARVALHO. Micorrizas, una simbiosis indispensable para el crecimiento de mandioca. **Pesquisa em Andamento** 5:2, 1981.
27. FALCONY, C. A. Evaluación Económica. En: Seguimiento y evaluación de la investigación Agropecuaria. Manual de referencia. -- . Bogotá: Tercer Mundo, 1994. – 46 p.
28. FAO. Fertilizantes. **Anuario**. 47:3-16, 1997b.
29. FAO. Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizantes. **Boletín FAO. Fertilizantes y Nutrición Vegetal** 2:2-7, 1984.
30. FAO. Producción. **Anuario** 51: 81-91, 1997a.
31. FAO. Producción. **Anuario** 51: 81-91, 2006.
32. FERNÁNDEZ, F. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares (MA) sobre la producción de posturas de cafetos (*C. arabica* L.) en algunos tipos de suelos. (Tesis de Doctorado).-- La Habana: INCA, 1999.-- 118 p.
33. FERNANDEZ, F.; R. GOMEZ; M. MARTINEZ y L. PIJEIRA. Tecnología de recubrimiento de semillas con biofertilizantes micorrizógenos, alternativa sostenible de bajo costo. Resúmenes de III Encuentro Nacional Agricultura Orgánica. --Villa Clara: INCA, 1997. -- p. 76-77.
34. FERRER, R. Y R. HERRERA. Breve reseña sobre los biofertilizantes.-- Ciudad de la Habana: IES-CITMA, 1991.-- 50 p.

35. FOX, J. A. and L. SPASOFF. Interaction of *Heterodera solanacearum* and *Endogone gigantia* on tabaco. **J. Nematol.** 4:224-225, 1972.
36. FRANCL, L. J. and V. H. DROPKIN. *Glomus fasciculatum* a weak pathogen of *Heterodera glycines*. **J. Nematol.** 17: 470-475, 1985.
37. FURRAZOLA, E.; R. HERRERA Y R. L. FERRER. Ubicación taxonómica de cinco cepas de hongos micorrizógenos vesículo- arbusculares cultivados en el cepario del IES-ACC. Resúmenes de BIOFERTRO'92.-- Ciudad de la Habana: IES, 1992.-- p. 37.
38. GAONKER, S. B. N. and M. N. SREENIVASA. Effects of inoculation with *Glomus fasciculatum* in conjunction with different organic amendments on growth and yield of wheat. **Microbiological Research** 149(4): 419-423, 1994.
39. GARCIA MARGARITA; A. FERNANDEZ; R. HERRERA; A. HERNANDEZ; E. POUYU y E. FURRAZOLA. Influencia de las MA sobre la resistencia del tabaco ante el ataque de la "Pata Prieta" (*Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*). Resúmenes de BIOFERTRO'93.-- Ciudad de la Habana: IES-INISAV-MINAGRI, 1993.-- p. 230.
40. GARCIA, A.; R. RIVERA; BLANCA DE LA NOVAL y A. NUVIOLA. Efecto de la MA sobre la efectividad de roca fosfórica y roca fosfórica parcialmente acidulada. **Cultivos Tropicales** 15(3): 68, 1994a.
41. GARCIA, J. C.; M. A. DE PAULA; E. M. R. DA SILVA; D. L. DE ALMEIDA e A. C. P. P. DE CARVALHO. Fungos micorrízicos -VA e bacterias diazotróficas em plantas micropropagadas de batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.)-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Sta Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994b.-- p. 92.
42. GERDEMANN, J. W. and J. M. TRAPPE. Endogonaceae in the Pacific Northwest. **Mycología Memoir.** 5:1-76, 1974.
43. GLIESSMAN, STEPHEN R. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Costa Rica p .65, 2002

44. GOMEZ, R.; F. FERNANDEZ; ANA N. HERNANDEZ; M. A. MARTINEZ; R. CASTRO Y D. SUAREZ. La biofertilización de los cultivos de importancia económica como parte integral de la agricultura sostenible en las condiciones tropicales de Cuba. Resúmenes de III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica.-- Villa Clara: INCA, 1997. --. 75.
45. GREY, W. E. Influence of temperature on colonization of spring barleys by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, rhizosphere organisms and plants. In: Microbiol mediation of plant-herbivore interactions.-- USA: Ed. by P. Barbosa, Vera A. Krischik and C. G. Jones, 1991.-- p. 169-197.
46. HALL, I. R.; R. S. SCOTT and P. D. JOHNSTONE. Effect of grassland "Muia and Taimor" white clavers to phosphorus New Zealand. **J. Agric. Research** 20: 349-355, 1977.
47. HAMEL, C.; C. NESSER; U. BARRANTES-CARTIN and D. L. SMITH. Endomycorrhizal fungal species mediate N transfer from soybean to maize in non-fumigated soil. **Plant and Soil** 138:41-47, 1991.
48. HARBORNE, J.B. Introduction to Ecological Biochemistry. Forth Edition. Academic Press Inc. Ca., 1993.
49. HERNANDEZ, A. IRENE MORENO; R. ESPINOSA; MARIA DE LOS A. PINO Y J. CABRERA. Influencia de los biofertilizantes en la producción de tubérculos de papa a partir de semilla botánica. Resúmenes del I Taller Nacional de Producción de Papa en los Trópicos.-- La Habana: INCA, 1993.-- p. 23.
50. Hernández, A. V. Paneque, J, V.M Pérez, A. Mesa. Manual para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. Instituto de suelo y Dirección Nacional de suelos y Fertilizantes, 1995.—p. 47
51. HERNANDEZ, A.; J. M. PEREZ JIMENEZ Y D. BOSCH INFANTE. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. --AGRINFOR La Habana , 1999.—64 p.

52. HERREL, M. C. and J. W. GERDEMANN. Improved growth of union and bell pepper in saline soils by two vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi. **J. Sol Sci. Soc. Am.** 44: 654-655, 1980.
53. HERRERA, R. H. Comunicación personal. Instituto de Ecología y Sistemática del CITMA (IES-CITMA).-- Ciudad de la Habana, 1991.
54. HOWELER, R. H. Aspectos prácticos de la investigación de micorrizas vesículo-arbusculares demostrados en el cultivo de la yuca.-- Cali: CIAT, 1985.-- p. 44-61.
55. HOWELER, R. H. La función de micorrizas vesículo arbusculares en la en la nutrición fosfórica de la yuca.-- Cali: CIAT, 1983.-- 30 p.
56. HOWELER, R. H. Mycorrhizae associations. Important for cassava grown on soils low in P. **Cassava Newsletter** 11: 10-11, 1982.
57. HOWELER, R. H.; E. SIEVERDING and S. SAIF. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and postures. **Plant Soil** 100: 249-283, 1987.
58. IES (INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA). MicoFert[®]. Biofertilizante micorrizógeno.-- Ciudad de La Habana: IES, 1995.-- 8 p.
59. IITA (INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE). Annual Report for 1976.-- Ibadan: IITA, 1976.-- p. 80-81.
60. INCA (INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS). Dossier del producto EcoMic[®]. Resultados de las campañas de validación.-- La Habana: INCA, 1998.-- 45 p.
61. ISHII, T. and K. KANDOYA. Effects of charcoal as a soil conditioner on citrus growth and vesicular-arbuscular mycorrhizal development. **J. Jap. Soc. Hort. Sci.** 63(3): 529-535, 1994.
62. IUSS Working group WRB. World Reference Base for the soil resources. 2006. World Soil Resources, Reports No. 103. FAO, Plome, p – 19 a 128. 2006.

63. JATALA, P. Biological control of plant-parasitic nemátodes. **Ann. Rev. Phytopathol.** 24:453-489, 1986.
64. JUNIOR, V. M. O.; D. C. NEPSTAD; E. Y. CHUE e S. TRUFEM. Ocurrencia natural de esporas de F.M.VA até 4 m de profundidade em épocas diferentes de tres ecosistemas do municipio Deparagominas-PA.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 18.
65. KANG, B. T. Effect of phophate fertilization and inoculation with VA-micorrhizal fungi on performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Field Crops Research** 3(1): 83-94, 1980.
66. KATO, O. R. Efeito de MA no crescimento e nutricao da mandioca em solo adubacao com doses crescente de superfosfato triple.-- Brasil: Escola Superior de Agricultura Larvas, 1987.-- p. 197.
67. KATZNELSON, H. A.; A. G. LOCHHEAD and M. J. TIMONIN. Soil microorganisms in the rhizosphere. **Bot. Rev. Lancaster** 14:1179-1183, 1948.
68. LAREZ, C. R.; A. SOTILLO e ISABEL MIMBELA. Respuesta de la yuca (*Manihot esculenta* C.) a la aplicación de micorrizas, P y K en condiciones de invernadero. Resúmenes de BIOFERTRO'92.-- Ciudad de la Habana: Univ. Oriente, Venezuela, 1992.-- p. 46.
69. LASTRES LASTRES, L.; ESTHER COLLAZO; MARITZA PORTIER y E. FURRAZOLA. Influencia de varios tipos de MICOFERT sobre la producción de yuca cultivada en campos con micorrizas nativas de alta eficiencia. Resúmenes de BIOFERTRO'93.-- Ciudad de la Habana, 1993.-- p. 233.
70. LEVY, Y.; J. DODD and J. KRIKUN. Effect of irrigation water salinity and roots tock on the vertical distribution of vesicular arbuscular mycorrhiza in. Citrus. **New Phytol.** 95:397-403, 1983.
71. LIÑÁN, C. ECOVAD. Vademécum para la producción ecológica. 1^{era} Edición Aerotécnica S sl. 2005.

72. LÓPEZ, R.; R. MONTANO y R. CAMINERO. Aplicación de diferentes dosis de FitoMas en el cultivo del tomate (*Lycopersicon sculentus*) variedad Aro 8484 en condiciones de organopónico en la provincia de Santiago de Cuba. Informe final de investigación. -- Guantánamo: Universidad de Guantánamo, 2006. -- 10 p.
73. LOVATO, P. E.; J. P. GUILLEMIN; A. TROUVELOT; V. GIANINAZZI-PEAERSON e S. GIANIANAZZI. Micorizcao de plantas micropropagadas.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 97.
74. MARTINEZ VIERA, R. Ciclo biológico del N en el suelo.-- Ciudad de la Habana: Ed. Científico Técnica, 1986.-- p. 22-70.
75. MARTINEZ VIERA, R. Y G. HERNANDEZ. Los biofertilizantes en la agricultura cubana. II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica.-- La Habana: ACAO, 17-19 de mayo de 1995.-- p. 43.
76. MASCHIO, L. M. A.; D. G. AUER e S. GAIAD. Comportamento de fungos MA em duas profundidades de um solo degradado.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994b.-- p. 85.
77. MASCHIO, L. M. A.; D. G. AUER e S. GAIAD. Relacao entre fungos MA e características químicas de um solo degradado sob recuperacao florestal.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994a.-- p. 79.
78. MATOS, R. M. B.; E. M. R. SILVA e A. C. P. CARVALHO. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e bactérias diazotróficas em plantas micropropagadas de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) variedad "Achat".-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 109.
79. MCMAHON, M. A. El uso de fertilizantes y los rendimientos altos son compatibles con la calidad del medio ambiente. **Informaciones Agronómicas** 11: 1-6, 1993.

80. MEHROTRA, V. S. and U. BARJAL. *Glomus sterilum* a new species of VA-mycorrhiza isolated from potato roots. **Philippine Journal of Science** 121(3): 305-316, 1993.
81. MEJIA, F. R. El cultivo de la yuca y su explotación industrial. **Agric. Trop.** 2(1): 9-13, 1946.
82. MES (MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR). Programa de biofertilizantes y bioestimuladores de uso agrícola.-- Ciudad de la Habana: MES, 1995.-- 8 p.
83. MILIAN MORALES, O. Efecto de algunos biofertilizantes en la malanga isleña (*Colocasia esculenta* Schott) irrigada con agua tratada magnéticamente. Resúmenes de BIOFERTRO'93.-- Ciudad de la Habana: INIVIT, 1993.-- p. 242.
84. MILIAN MORALES, O. Empleo del agua magnetizada en la producción de semilla de papa con diferentes formas nutrimentales.-- Santo Domingo: INIVIT, 1995.-- 10 p. (Fondo Nacional de Manuscritos).
85. MILIAN MORALES, O. Empleo del agua tratada magnéticamente en el cultivo del boniato con diferentes tipos de fertilizantes.-- Santo Domingo: INIVIT, 1994.-- 8 p. (Fondo Nacional de Manuscritos).
86. MILIAN MORALES, O.; L. RUIZ MARTINEZ Y M. PORTIELES RODRIGUEZ. Y A. DE LA NUEZ. Consumo y coeficientes de aprovechamiento de los fertilizantes y el suelo en el cultivo de la malanga (*Xanthosoma violaceum*).-- **Agrotecnia de Cuba** 1992 p. 2-24.
87. MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). Cartas tecnológicas de las raíces y tubérculos tropicales.-- Ciudad de la Habana: MINAGRI, 2005.--50 p.
88. MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). Lista de precios de los fertilizantes.-- Ciudad de la Habana: Empresa de Suministro Agropecuarios, 2007.--10 p.
89. MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). Estadísticas sobre la aplicación de fertilizantes a la agricultura no cañera.-- Ciudad de la Habana: CNSF, 2000b.

90. MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). Instructivo técnico para las raíces y tubérculos tropicales.-- Ciudad de la Habana: CIDA, 1984.--135 p.
91. MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). Instructivo técnico para las viandas.-- Ciudad de la Habana: CIDA, 1990.-- 56 p.
92. MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). Instructivo técnico para las raíces y tubérculos tropicales.-- Ciudad de la Habana: AGRINFOR, 2004. – 96p.
93. MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). Dictamen para las viandas.-- Ciudad de la Habana: MINAGRI, 2006.-- 6p.
94. MINAGRI (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). Instructivo técnico para las raíces y tubérculos tropicales.-- Ciudad de la Habana: CIDA, 1988 (Plegable).
95. MONTANO, R. Tesis en opción por el título Académico de Master en “Agroecología y Agricultura Sostenible”. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez, 2000.
96. MONTANO, R.; PILAR VILLA, R. LOPEZ Y E. MOREJON. FitoMas E. Estimulante de estimulantes .--Ciudad de la Habana: ICIDCA, 2006. – 4p.
97. MONTANO, R.; R. ZUARNABAR, A. GARCIA, MABEL VIÑALS Y J. VILLAR. FitoMas E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera.--Ciudad de la Habana: ICIDCA, 2007. -- 10p.
98. MORENO DIAZ, PATRICIA. Micorrizas VA en papa (*Solanum tuberosum*). Respuesta en el crecimiento y nutrición de plantas inoculadas en invernadero y campo. **Revista Latinoamericana de la Papa** 1(1): 84-103, 1988.
99. NIJHOLT, J. A. Opname van voedingsstoffen uit den bodem bij cassave. **Mededeelingen** 15:1-25, 1935.
100. NOGUEIRA, A. V. e P. J. HARRIS. Micorrizas e metais pesados.- Florianópolis, SC, Brazil: Unv. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 80.
101. NOVA, A. Hacia una agricultura sostenible. Conferencias del III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica.-- Villa Clara: INIE, 1997.-- p. 4-8.

102. OFICINA NACIONAL DE ESTADISTICA. Informe sobre las ventas en los mercados agropecuarios.--Ciudad de la Habana: ONE, 2007.-- 40 p.
103. ORELLANA, ROSA; MAGALY VALDEZ; ONEYDA HERNANDEZ Y P. L. QUINTERO. Consecuencias de la aplicación excesiva de fertilizantes minerales en el estado físico de los suelos. Resúmenes del II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica.-- La Habana: ACAO, 17-19 de mayo de 1995.-- p. 13.
104. OROZCO, M. O. y V. GIANINAZZI-PEARSON. Estudio sobre la actividad fisiológica fosfatasa alcalina y succinato deshidrogenasa de las MA en términos de nutrición fosfatada en plantas de soya. Resúmenes de BIOFERTRO'93.-- Ciudad de la Habana: IES-INRA-SGAP, 1993.-- p. 226.
105. PAGES, RAISA. Potenciar al máximo los biofertilizantes.-- Ciudad de la Habana: Granma, 17 de febrero de 1994.-- p. 2.
106. PANIAGUA, F. Agricultura orgánica: un concepto vigente. **Rev. Anao** 3 (4): 4-5, 1996.
107. PEREZ MARTINEZ, J. E. Efecto del agua magnetizada en el cultivo de la papa con diferentes formas de fertilizantes. Tesis de Ing. Agrom. universidad Central de Las Villas, Cuba, 1994.-- 45 p.
108. PÉREZ, NILDA. Manejo Ecológico de Plagas. Universidad Agraria de La Habana; La Habana: 296 p. 2004
109. PHILLIPS, J. M.; and D .S. HAYMAN. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection **Trans. Brit. Mycol. Soc.** 55, 1970.
110. PINEDA, R. A propósito de ecología, agricultura y fertilizantes. **Informaciones Agronómicas** 22: 9-3, 1996.
111. PORTCH, S. Los agricultores y las recomendaciones de fertilización. **Informaciones Agronómicas** 18:1-3, 1995.

112. PORTIELES, J. M.; L. RUIZ Y EDY SANCHEZ. Estudio del consumo y coeficientes de aprovechamiento de los fertilizantes y el suelo en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*) **Cienc. Téc. Agric. V. Trop.** 6(1-2): 85-100, 1983.
113. PORTIELES, J. M.; L. RUIZ; A. de la NUEZ Y VALENTINA GUTIERREZ. Estudio del consumo y los coeficientes de aprovechamiento de los fertilizantes y el suelo en el cultivo de la malanga isleña (*Colocasia esculenta*). **Cienc. Téc. Agric. V. Trop. Suplemento** 33-44, 1982.
114. PORTIELES, J. M.; L. RUIZ; ADALIA BERENQUER Y VALENTINA GUTIERREZ. Estudio del consumo y los coeficientes de aprovechamiento de los nutrientes de los fertilizantes y del suelo y en el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas*). **Cienc. Téc. Agric. V. Trop.** 9(1), 1986.
115. POTTY, V. P. Cassava as an alternate host for multiplication of VAM fungi. **Plant and Soil** 88(1): 135-137, 1985.
116. POTTY, V. P. Occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in certain tuber crops. **J. Root Crops** 4(1): 49-50, 1978.
117. POTTY, V. P. Plant microbe inter-relationship in tuber crops. **Indian Farming** 33(12): 41-42, 1984.
118. PRIMAVESI, ANA. Manejo ecológico do solo. A. agricultura em regioes tropicais.-- Sao Paulo: Livraria Novel S.A., 1990.- - p. 164-197.
119. RICHARDS, B. N. Mycorrhiza development of loblolly pine seedling in relation to soil reaction and the supply of nitrate. **Plant and Soil** 22:187-199, 1965.
120. RIERA, M. C.; MAYELIN MENDEZ; N. MEDINA y M. BERTOLI. Impacto de la biofertilización en el sistema suelo en diferentes secuencias de cultivos. Resúmenes del XII Seminario Científico. Simposio Internacional sobre caracterización y manejo de microorganismo rizoféricos como biofertilizantes y V Taller de Biofertilización en los Trópicos.--La Habana: INCA, 14-17 de Noviembre del 2000.-- 115 p.

121. RIVERA, R.; F. FERNANDEZ y C. SANCHEZ. Manejo de las asociaciones micorrízicas en la producción de posturas de cafeto.--La Habana: INCA, 1999.-
- 40 p.
122. RUIZ MARTINEZ, L. A.; J. M. PORTIELES RODRIGUEZ y J. O. MILIAN MORALES. Nutrición mineral y fertilización en el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas*). **Boletín de Reseñas Viandas Tropicales** 5:21, 1987.
123. RUIZ MARTINEZ, L. A.; J. O. MILIAN MORALES Y J. M. PORTIELES RODRIGUEZ. Clima, suelo y fertilización en el cultivo del ñame (*Dioscorea* spp.).p.2-22 ,2004
124. RUIZ MARTINEZ, L. Efecto de la inoculación con micorrizas sobre la respuesta de la yuca (*Manihot esculenta*) a la fertilización fosfórica. **Cienc. Téc. Agric. V. Trop.** 7(2): 39-52, 1984.
125. RUIZ, L. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos con carbonatos y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas.-- La Habana: INCA.-- 100p., 2001.
126. RUIZ, L.; R. RIVERA, J. SIMO Y DINORAH CARVAJAL. Nuevo método de inoculación con micorrizas en las raíces y tubérculos tropicales. XV Congreso del INCA. -- La Habana: INCA, 2006. – 4p.
127. RUSSELL, E. J. Y E. W. RUSSELL. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas.-- Madrid: Ed. Aguiar, 1959.-- p. 228-227.
128. SAFIR, G. R. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and crop productivity.-- New York: Academic Press, 1980. p.51-57
129. SAIF, S. R. Y E. SIERVERDING. Tecnología de micorrizas mejorando los rendimientos de posturas en suelos ácidos. **CIAT Internacional** 4(1): 6-7, 1985.

130. SÁNCHEZ, C. Manejo de las asociaciones micorrizicas arbusculares en la producción de posturas de cafetos (*C. arabica* L.) en algunos suelos del Escambray).-- La Habana: INCA, 2001.-- 103 p.
131. SANCHEZ, C.; R. RIVERA; C. GONZALEZ; R. CUPULL; R. HERRERA Y M. VARELA. Efecto de la inoculación de HMA sobre la producción de posturas de cafetos en tres tipos de suelos del macizo montañoso de Guamuaya. **Cultivos Tropicales** 21 (3): 5-13, 2000a.
132. SCOTT, E. L. and W. L. OGLE. The mineral uptake by the sweet potato. **Better Crops with Plant Food** 36 (8): 12-16, 1952.
133. SCOTT, E. L. Potassium uptake by the sweet potato plants. **Proces. Emp. Soc. Hort. Sci.** 56: 248-252, 1950.
134. SIEVERDING, E. Mycorrhiza forschung an CIAT. **Entwicklung and Licher Raum** 18(6): 30-32, 1984c.
135. SIEVERDING, E. and A. L. GALVEZ. Performance of different cassava clones with various mycorrhizal fungi. **Angewandte Botanik** 62(5-6): 273-282, 1988a.
136. SIEVERDING, E. and A. L. GALVEZ. Soils and phosphate sources affect performance of VA-mycorrhizal fungi with cassava. **Angewandte Botanik** 62(5-6): 283-293, 1988b.
137. SIEVERDING, E. and D. E. LEIHNER. Influence of crop rotation and intercropping of cassava with legumes on VA mycorrhizal symbiosis of cassava. **Plant and Soil** 80(1): 143-146, 1984a.
138. SIEVERDING, E. and R. H. HOWELER. Function of VAM for cassava growth. Cali: CIAT, 1985a.-- p. 321-339.
139. SIEVERDING, E. and R. H. HOWELER. Influence of species of VA-mycorrhizal fungi on cassava yields response to phosphorus fertilization. **Plant and Soil** 18(2): 213-221, 1985b.

140. SIEVERDING, E. and T. S. TORO. Effect of mixing VAM inoculum with fertilizer on cassava nutrition and VAM fungal association. **Agriculture Ecosystems and Environment** 29(1-4): 397-401, 1989.
141. SIEVERDING, E. and T. S. TORO. Influence of soil water regimens on VA-mycorrhiza. Performance of different VAM fungal species with cassava. **Journal of Agronomy and Crop Science** 161(5): 322-332, 1988.
142. SIEVERDING, E. Effect of soil temperature on performance of different VA mycorrhizal isolates with cassava. **Angewandte Botanik** 62(5-6): 295-300, 1988.
143. SIEVERDING, E. Posibilidades de aumentar la producción de yuca en suelos ácidos de regiones montañosas con el uso de hongos micorrízicos. **Suelos Ecuatoriales** 14(1): 190-198, 1984a.
144. SIEVERDING, E. Vesicular-Arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems.--Federal Republic of Germany: Ed. GTZ, 1991.-- 267 p.
145. SIEVERDING, E. Yield response of cassava to field inoculation with VA-mycorrhiza in acidic soils.-- USA: North American Conference on Mycorrhizae, 1984b.-- p. 241.
146. SIKORA, R. A. Predisposition to *Meloidogyne* infection by the endotrophic mycorrhizae fungus *Glomus mosseae*.-- New York: Ed. F. Lamberti and C. E. Taylor, 1979.-- p. 399-404.
147. SIQUEIRA, J. O. e A. A. FRANCO. Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas.--Brasília: Ed. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, 1988.-- p.125-177.
148. SIVILA, R. C. y D. HERVE. Comportamiento microbiológico del suelo en terrenos agrícolas en descanso.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 12.
149. SMIL, V. Abonos nitrogenados. Investigación y Ciencia, Prensa Científica, Barcelona. 1997
150. SMIRNOV, P. Y E. MURAVIN. Agroquímica.-- Moscú: Ed: Kolos, 1981.

151. Soil Suvery Staff Keys of Soil Taxonomy. USDA, 2006. – p. 330.
152. STILLE, B. Untersuchungen über die Bedeutung der Rhizosphäre. **Arch Mikrobiol** 9: 477-485, 1938.
153. TATSCH, R.; O. RANDING e Z. I. ANTONIOLLI. Multiplicacao de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em milho, mandiaca, cornichao e brachiaria.-- Florianópolis, SC, Brazil: Univ. Federal Sta. Catarina. Resúmenes V REBRAM, 1994.-- p. 7.
154. TESTER, M.; S.E. SMITH and F. A. SMITH. The phenomenon of nonmycorrhizal plants. **Ca. J. Bot.** 65: 419-431, 1987.
155. THOMAS, L.; B. C. MALLESHA and D. J. BAGYARAT. Biological control of Damping off of Cardamon by the VA mycorrhizal fungus *G. fasciculatum*. **Microbial. Reseach** 149(4): 413-417, 1994.
156. TIMONIN, M. J. The interaction of higher plants and soil microorganisms. I. Microbial population of rhizosphere of seedling of certain cultivated plants. **Canad J. Res.** 18:307-317, 1940.
157. TISDALL, J. M. Fungal hyphae and structural stability of soil. **Aust. J. Soil Res.** 29:729-743, 1991.
158. TRAPPE, J. M. Phylogenetic and ecologic aspect of mycotrophy in the Angiosperms from an evolutionary standpont.-- Boca Ratón: CRC Press, 1987.- - p. 5-25.
159. UNIDAD DE PRONÓSTICO ECONÓMICO, MINAGRI. Metodología para la evaluación de la efectividad económica de los resultados de la investigación. -- Ciudad de la Habana: MINAGRI, 1984. -- 35 p.
160. VANDER ZAAG, P.; R. L. FOX; P. K. KWAKEY y G. O. OBIGBESAN. Necesidades de P de los ñames (*Dioscorea* spp.). **Información Express, Viandas, Hortalizas y Granos** 6(3): 21-22, 1982.
161. WINTER, A. G. Untersuchungen über die O kologie and Massenwechsel bodenbewohnender mikroskopicher pilze. **Arch. Mikrobiol** 16:136-142, 1951

162. ZUAZNÁBAR, R; DÍAZ, J. C; CÓRDOBA, R; MONTANO, R; HERNÁNDEZ, I; HERNÁNDEZ, F; CORTEGAZA, P. L; JIMÉNEZ, F; OLIVERA, E; GARCÍA, E; FERNÁNDEZ, C; MARTÍNEZ, R; MORALES, M;. ANGARICA, E Y PINO, S. Validación del bioestimulante FitoMas E en el cultivo de la caña de azúcar. Informe al MINAZ. La Habana, Agosto, p.13-19, 2005.
163. ZUAZNÁBAR, R; MONTANO, R; Y RODRÍGUEZ, H. BIOMASS Is 20 del ICIDCA como potenciado herbicida de glifosato. Congreso de Malezología, La Habana, p.12-18 ,2003.