

Título: Evaluación de especies de leguminosas micorrizadas para aumentar la producción de granos asociadas al cultivo de Yuca (*Manihot esculenta* Grantz).

Autores: Ing. Israel Alcántara¹, Dr. C Manuel Riera Nelson²

Organismo: Geca, MINAZ¹, Guantánamo, Cuba.

Universidad de Guantánamo, Facultad agroforestal de montaña². Guantánamo, Cuba.

E-mail: mriera@fam.cug.co.cu

Resumen.

Con el objetivo de evaluar especies de leguminosas eficientemente micorrizadas para lograr el aumento la diversificación de granos y el uso eficiente del suelo mediante cultivos asociados en la especie *Manihot esculenta* Grantz, se ejecutó un experimento con un diseño experimental de bloques al azar en la Finca 1, perteneciente a la Granja Agropecuaria, se utilizó la variedad de yuca Señorita y dos especies de leguminosas asociadas al cultivo principal: *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*. En el experimento se utilizó la cepa *Glomus intrarradices* y las bacterias del género *Rhizobium*. Los resultados demostraron que las especies de leguminosas empleadas producen granos adicionales sin afectar al cultivo principal, además la especie HMA favoreció el desarrollo las leguminosas y se encontraron Índice de Eficiencia de la Tierra (IET) muy favorables para la asociaciones yuca-Frijol y Yuca- Caupí con valores de 1,67- 2,12, lo que ratificó la eficiencia del diseño empleado para el uso de policultivos.

Palabras claves: yuca, leguminosas, cultivos asociados, Micorriza, *Rhizobium*,

Abstract.

With the objective of evaluating species of leguminous with mycorrhizal to achieve the increase the diversification of grains and the efficient use of the soil by means of associate cultivations in the species *Manihot esculenta* Grantz, an experiment was executed at random with an experimental design of blocks in the Property 1, belonging to the Agricultural Farm, the yucca variety Señorita and two species of leguminous associated to the main cultivation were used: *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata*. In the experiment was used a stump of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF): (*Glomus intrarradices*) and the bacterias of the gender *Rhizobium* for the leguminous ones. The results demonstrated that the species of leguminous employees produce additional grains without affecting to the main cultivation, also the species AMF favored the development the leguminous ones and they were Index of Efficiency of the Earth (IET) very favorable for the associations yucca-bean and Yucca - Caupí with values of 1, 67 - 2, 12, what ratified the efficiency of the design used for the policultivos.

Keywords: cassava, leguminous, associate crop, Mycorrhizal, *Rhizobium*.

Introducción.

La provincia de Guantánamo es una de la más afectada por la sequía lo que impide altos rendimientos en la producción agrícola y así el agotamiento de los embalses que son utilizados para el sustento de los cultivos agrícolas (Anuario estadístico Guantánamo, 2003), en tal sentido se han trazado varias medidas con el objetivo de incrementar los alimentos de origen agrícola, el uso de nuevas alternativas ecológicas para contrarrestar la sequía, la siembra de cultivos que se adapten a las condiciones de estrés hídrico en el suelo entre otras. El desarrollo de la agricultura en condiciones de bajos insumos, presupone el estudio de diferentes alternativas de producción. Núñez, (2002) señala que las asociaciones de cultivos presentan ventajas desde el punto de vista agrícola y medio ambiental, ya que reducen las necesidades de labranzas y uso de maquinarias, evita compactación y erosión de los suelos, ayuda a interceptar las gotas de agua, es más lenta, por los distintos niveles de follaje de los cultivos.

Además, la asociación de cultivos diferentes en un mismo cultivo contribuye a mantener el equilibrio de los nutrientes del suelo y aumenta la fertilidad, se plantea que la economía general de la explotación agrícola se beneficia como consecuencia de la diversificación de los cultivos y de las posibilidades de salida de los distintos productos. Estos contribuyen a una mejor y más racional utilización de los medios de producción. (Hernández, 1999).

El Frijol común es la leguminosa más consumida en el mundo donde se producen en la actualidad alrededor de 18 millones de toneladas anualmente, en ambientes tan diversos como América Latina, norte y centro de África, China, EUA, Europa y Canadá. (FAO, 2005). Las leguminosas de grano que son cultivadas en todo el mundo por su importancia como fuente de proteína en la dieta humana y animal; constituye un componente esencial en los sistemas de cultivo, ya que aporta nitrógeno de la atmósfera a partir de la fijación biológica con las bacterias de género *Rhizobium*, mejora las propiedades físicas y químicas de los suelos, al interrumpir los ciclos de incidencia de las enfermedades (Cordobilla [et. al.], (1995) citado por González [et. al.], 2000).

Los HMA son microorganismos considerados como insumos biológicos de enorme potencial en la agricultura, gracias a sus efectos positivos sobre la adaptación y crecimiento de una gran variedad de cultivos. Por lo que podemos decir que los hongos micorrízicos son componentes clave para el desarrollo de la biota del suelo, por su gran capacidad de interacción con diferentes especies microbianas, a la vez que pueden modificar muchos aspectos de las propiedades físicas en la zona rizosférica. (Dumas [et. al.], 2000). Por el

Insuficiente aprovechamiento del suelo y baja diversificación a través de asocio en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta Grantz*) zonas productoras de viandas, se ejecutó un experimento con el objetivo de evaluar especies de leguminosas eficientemente micorrizadas para lograr incrementos el uso eficiente del suelo, los rendimientos y la diversificación mediante cultivos asociados en la especie *Manihot esculenta Grantz*

Desarrollo.

Materiales y Métodos. Condiciones locales

El experimento se montó en los meses comprendidos entre Diciembre del 2007 y Septiembre del 2008 sobre un suelo Pardo mullido carbonatado. Hernández [et. al.], (1999). Para el sitio experimental se seleccionó la Finca 1 perteneciente a la Granja Agropecuaria del “Consejo Popular Honduras “en el Municipio Guantánamo.

Tabla 1 Características químicas del suelo.

Sitio experimental	pH KCL	M.O. %	P ₂ O (ppm)	K ₂ O cmol. Kg.
G. Honduras	7, 0	3, 68	15,6	0,78

Condiciones Climáticas.

Se recopilaron datos primarios de las precipitaciones durante el establecimiento y desarrollo del experimento a partir del registro de lluvia de la UBPC Honduras, y los datos de humedad relativa y temperatura suministrados por el Centro de Meteorología de la provincia de Guantánamo, que se muestran en la Tabla 2.

Tabla. 2 Comportamiento de las variables meteorológica (2007- 2008).

Meses	Temperatura °C	H. Relativa	Precipitaciones (mm)
Diciembre/07	24,3	72	134
Enero/08	24,9	71	135
Febrero/08	25,9	70	148,4
Marzo/08	26,8	74	140,7
Abril/08	27,7	78	146,7
Mayo/08	26,8	74	180,6
Junio/08	27,7	75	154
Julio/08	26,8	69	197,4
Agosto/08	26,8	73	191,9
Septiembre/08	27,8	74	148,8

Descripción de los experimentos.

En este trabajo se utilizaron semillas de tres especies de granos de frijol negro (*Phaseollus vulgaris*), Variedad Cueto-9 Caupi (*Vigna unguiculata*), variedad Titán Crema y la Yuca variedad “Señorita” como cultivo principal, se utilizó el diseño de bloque al azar con cuatro réplicas y el marco de siembra empleado, para el frijol 0,10 x 1,0 m, Caupi 0,15 x 1,0 m, y la yuca se plantó a 0,90 x1,20 m.

Aplicación de biofertilizantes.

La inoculación de los biofertilizantes se realizó mediante la pelitización de las semillas mediante una pasta realizada con el agua y los biofertilizantes donde se aplicó el 10% del peso de las semillas en los HMA (Hongos micorrízicos Arbusculares) y 2% Rhizobium de forma espolvoreada y con movimiento giratorio hasta lograr que las semillas queden recubiertas completamente. Como inóculo de HMA se utilizó la cepa *Glomus intrarradices*, con más de 20 esporas por gramos de suelos y libre de patógeno producido por el Instituto Nacional de Ciencia Agrícolas (INCA) (Fernández [et. al.], 2001).

VARIABLES EVALUADAS PARA EL FRIJOL COMÚN, CAUPÍ Y YUCA

Altura del tallo a los 45 días, números de nódulos, cantidad de vainas por planta, peso de 100 granos y rendimiento en toneladas por hectárea fueron evaluadas a las leguminosas, mientras a la yuca se evaluaron el número de raíces, su longitud y el rendimiento (t.ha⁻¹)

Tabla 3. Descripción de los tratamientos empleados en el experimento.

Tratamientos	Cultivo	Leguminosas	HMA
T1	Yuca	Frijol doble hilera	Con <i>G. intrarradices</i>
T2	Yuca	Frijol doble hilera	Sin <i>G. Intrarradices</i>
T3	Yuca	Caupí doble hilera	Con <i>G. Intrarradices</i>
T4	Yuca	Caupí doble hilera	Sin <i>G. Intrarradices</i>
T5	Yuca	Frijol una hilera	Con <i>G intrarradices</i>
T6	Yuca	Frijol una hilera	Sin <i>G. intrarradices</i>
T7	Yuca	Caupí una hilera	Con <i>G. intrarradices</i>
T8	Yuca	Caupí una hilera	Sin <i>G. intrarradices</i>
T9	Yuca	-	Con. <i>G. intrarradices</i>
T10	Yuca	-	Sin. <i>G. intrarradices</i>

El Índice Equivalente de la Tierra (IET) se determinó por la siguiente expresión:

$$IET = I_x + I_y = R_{xa} / R_{xu} + R_{ya} / R_{yu}$$

Donde: $I_x + I_y$ son el IET individual de los cultivos (x) yuca y (y) leguminosa.

Los R_{xa} y R_{ya} son los rendimientos de los cultivos asociados y los R_{xu} y R_{yu} son los rendimientos de los cultivos no asociados. Como rendimiento en monocultivo de las especies

de leguminosas se tomaron los rendimientos históricos para la zona que se especifican a continuación. (Frijol **0,80 t.ha⁻¹** y Caupí **1,10 t. ha⁻¹**)

Si IET > 1, El cálculo sería ventajoso para diseñar policultivos.

Resultados.

En la Tabla 4, se puede observar que el Frijol coinoculado con Rhizobium y Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), alcanzó los mayores valores independientemente del número de hileras empleadas, sin embargo se debe destacar que las variables altura y número de hojas, fueron similares en ambas densidades de plantación, lo que demuestra que si esta especie es sembrada a doble hilera, se elimina la competencia por la luz, nutrientes y otros elementos. El número de nódulo fue superior en los tratamientos inoculados, lo que demuestra la efectividad de la cepa de rhizobium empleada. No obstante se observa la existencia de cepas nativas, pero con baja eficiencia y competitividad. Estos resultados pudieron estar influidos porque al inocular HMA y Rhizobium al suelo, aumenta la absorción de nutrientes minerales, aumenta el desarrollo radicular, mejora las propiedades del suelo y por consiguiente el crecimiento de las plantas. Fitter y Garbaye (1994) refieren que las micorrizas facilitan la nutrición, crecimiento y desarrollo a las plantas, mejoran su tolerancia frente al estrés hídrico y a los agentes patógenos, lo que facilitan su adaptación a suelo.

Tabla 4. Comportamientos del Frijol coinoculados con HMA +Rhizobium a los 45 días en ambos experimentos

Tratamientos	Altura de la planta	No. de hojas	No. de Nódulos
T1- Y-F/2h + coinoculado	36,6 a	27 a	132 a
T2 – Y-F/2h - coinoculado	23 b	21,6 b	19 b
T5- Y-F/1h + coinoculado	38,3 a	29 a	94 a
T6- Y-F/1h - coinoculado	23 b	23 b	20,3 b
Esx	0,799*	1,142*	16,084*

Y: Yuca; F: Frijol; H: hileras

La Tabla 5 muestra que el Caupi coinoculado con HMA y Rhizobium, siguió la misma tendencia que el frijol común en la variable altura de las plantas, sin embargo en el número de hoja los valores superiores se alcanzaron cuando la densidad de siembra fue menor (una hilera). Esto puede tener sus bases en la posible competencia que se creó por la mayor densidad de población en esos tratamientos.

Con relación al número de nódulos la disminución encontrada en esta especie, pero su tamaño fue muy superior, pero la cantidad favoreció a los tratamientos inoculados sembrados a una sola hilera. Sieverding. (1991), refiere que al incorporar micorrizas a las leguminosas aumenta el enraizamiento, por lo que mejora la tolerancia a la sequía, incrementa la actividad microbiológica del suelo, donde se aprovechan de forma eficiente otras interacciones biológicas. Martínez (1994) planteó que los biofertilizantes incluyen todos los recursos biológicos que estimulan el desarrollo de los cultivos agrícolas, mediante transformaciones de elementos o compuestos, que se encuentran en formas no aprovechables, de manera que se conviertan en formas que puedan ser utilizadas, mediante la acción de los microorganismos o de asociaciones microorganismos - plantas.

Tabla 5. Comportamiento del Caupi coinoculados con HMA + Rhizobium asociado al cultivo de la yuca.

Tratamientos	Altura de la planta	No. de hojas	No. de Nódulos
T3 - Y-C/2h + coinoculado	42 a	21,6 bc	52,3 b
T4 - Y-C/2h - coinoculado	34 b	19,3 c	12,0 c
T7- Y-C/1h + coinoculado	40,3 a	24,3 a	78,3 a
T8- Y-C/1h - coinoculado	36,3 b	22,0 b	15,3 c
Esx	0,630*	0,886*	0,866*

Y: Yuca; C: Caupi; H: hileras

En la Tabla 6 se presentan los datos correspondiente al rendimiento y sus componentes evaluados en el cultivo del frijol, se observa que en toda las variables los valores superiores se obtuvieron en los tratamientos coinoculados con los biofertilizantes, independientemente de la especies de HMA utilizados. Además, se aprecia que las mayores variaciones se encontraron en el número de vainas por plantas, variable que determinó el rendimiento alcanzado. Por otra parte el peso de 100 granos, aunque demostró una tendencia a la poca variación, los valores superiores fueron logrados por los tratamientos inoculados pero con menores densidades de siembra.

Los resultados pudieran estar dados por los efectos favorables de la coinoculación, que permite eficientemente aumentos en la fijación y utilización del nitrógeno atmosférico por parte del Rhizobium y una mayor extracción de otros nutrientes y el agua, que son mejores absorbidos por los hongos micorrizógenos arbusculares, lo que coincide con Santillana [et. al.] (2005), al referirse que plantas coinoculados con HMA incrementan la absorción por el sistema radical del cultivo permitiendo un mejor uso de los nutrientes.

Diversos estudios han comprobado la efectividad de los biofertilizantes, cuya Aplicación en forma de biopreparados, mejoran significativamente la producción de cultivos, tales como la Papa, Trigo, Ajo, Maíz, Frijol, Cebolla y las hortalizas, entre otros. Las pruebas de campos han determinados incrementos en el rendimiento, lo que permite el ahorro de fertilizantes nitrogenados y fosforados, disminuyendo también la contaminación del medio ambiente. (Gomero [et. al.], 2001).

Tabla. 6 Comportamiento de los componentes del rendimiento en el cultivo del frijol asociado a la yuca.

Tratamientos	Vainas por plantas	Peso de 100 granos(g)	Rend. (t.ha ⁻¹)
T1- Y-F/2h + coinoculado	88 a	20,9 b	0,34a
T2 – Y-F/2h - coinoculado	54 c	20,9 b	0,30b
T5- Y-F/1h + coinoculado	86 a	25,7 a	0,38a
T6 - Y-F/1h - coinoculado	69 b	20,3 b	0,31b
Esx	7,520*	1,262*	0,042*

Y-yuca F- Frijol h-hilera

En la Tabla 7, el rendimiento y sus componentes en el cultivo de caupí también mostraron el efecto de la inoculación con HMA y *Rhizobium*, pero se evidenció un efecto desfavorable en las diferentes variables en los tratamientos donde se sembró el caupí a doble hilera dentro del cultivo de la yuca. El número de vainas resultó ser el componente del rendimiento de mayor variabilidad, que a diferencia del peso de los granos depende más de la eficiencia fotosintética del cultivo. Los resultados demuestran que el exuberante crecimiento alcanzado por esta especie insidió en los resultados productivos, provocados por la competencia generada por la alta densidad de siembra.

La asociación de hongos MA y *Rhizobium* en plantas leguminosas hace posible que estas puedan crecer bajo limitados regímenes de N y P en los suelos no fertilizados, pues los tres simbioses garantizan las fuentes de C, N, P para la simbiosis y también el mejor almacén para los productos obtenidos resultado de su asociación (Barea [et. al.], 1992)

En las condiciones actuales del la economía mundial y en particular nuestro país, se debe enfatizar en trabajos que garanticen un eficiente uso de la tierra, para lograr producciones adicionales, elevar la diversificación de productos, sustituir importaciones.

Tabla 7. Comportamiento del rendimiento y sus componentes en el cultivo del Caupí asociado a la yuca.

Tratamientos	Vainas por Plantas	Peso100 Granos(g)	Rend. (t.ha ⁻¹)
T3 - Y-C/2h + coinoculado	75,3 b	20,6 b	0,76 b
T4 - Y-C/2h - coinoculado	66 c	20,0 b	0,57 c
T7- Y-C/1h + coinoculado	86 a	22,0 a	0,91 a
T8-Y-C/1h - coinoculado	70 b	20,0 b	0,86 a
Esx	2,273*	0,387*	0,087*

Y-yuca C-caupi h- hilera

El comportamiento del rendimiento y sus componentes en el cultivo de la yuca (Tabla 8) asociado con el del Frijol, indica la efectividad de la asociación, cuando el cultivo del frijol es inoculado, este comportamiento fue similar en todas las variables, pero se debe destacar que los mejores resultados se alcanzaron cuando la densidad de siembra fue mayor, lo que indica que el frijol no compitió con el cultivo principal

Por otra parte, los posibles efectos favorables de la doble inoculación con HMA y Rhizobium, pudieron ayudar al cultivo a mejorar su nutrición a través de la transferencia de nitrógeno al cultivo de la yuca, los beneficios provocados por las hifas del hongo por el entrecruzamiento de las raíces de ambas especies que propicia que sus hifas se conecten e intercambien diferentes sustancias entre las plantas. Está demostrado que ocurren transferencias de nutrientes a través de los micelios conectados entre plantas de diferentes especies, lo que reduce la competencia entre ellas y contribuye a la estabilidad y diversidad del ecosistema.

Tabla 8. Comportamiento del rendimiento y sus componentes del cultivo de yuca asociado al frijol.

Tratamientos	No, de Raíces	Largo de la Raíz	Rend. (t.ha ⁻¹)
T1- Y-F/2h + coinoculado	12 a	51 a	34,3 ba
T2 – Y-F/2h - coinoculado	7 b	34 b	25 b
T5- Y-F/1h + coinoculado	10 a	48 a	33,3 a
T6 - Y-F/1h - coinoculado	8 b	30 b	26,3 b
Esx	1,276*	1,894 *	1,105*

Y-yuca F- Frijol h- hilera

En la Tabla 9 se muestra que en todas las variables evaluadas al cultivo de la yuca asociada con el Caupí los valores más altos fueron alcanzados por los tratamientos coinoculados con HMA y Rhizobium independientemente al número de hileras, éstos resultados pueden estar influenciada, porque al aplicar micorrizas al suelo aumentan los efectos favorables de otros microorganismos del suelo, así como, su resistencia frente al estrés hídrico (Parker y

Kaeppler, 2000), con la influencia de los Hongos micorrízicos arbusculares sobre las propiedades físicas de los suelo

Tabla 9. Comportamiento de los componentes del rendimiento en Yuca asociada con el Caupí.

Tratamientos	No, de Raíces	Largo de Raíz	Rend. (t.ha ⁻¹)
T3 - Y-C/2h + coinoculado	10 b	44,3 b	29 b
T4 - Y-C/2h - coinoculado	6,3 c	38 c	26 c
T7- Y-C/1h + coinoculado	12,5 a	49 a	32 a
T8- Y-C/1h - coinoculado	10 b	36 c	28 b
Esx	1,024*	1,894*	1,164*

Y-yuca C- Caupi h- hilera

Evaluación del índice de eficiencia de la tierra en asocio Yuca-frijol y Yuca - caupí.

La Tabla 10 muestra los índices de eficiencia de la tierra (IET) determinados en los diferentes tratamientos, en la que se observan los valores más altos en los tratamientos relacionados con el cultivo de caupí cuando se sembró a una sola hilera. Aunque el precio del frijol es más alto, esto es compensado por los más altos rendimientos alcanzados por el caupí. Los IET encontrados son muy favorables para la asociaciones yuca-Frijol y Yuca- Caupí con valores que fluctúan entre 1,67 – 2,12 para los tratamientos coinoculados, mientras los tratamientos no inoculados fluctuaron entre 1,22 y 1,93. Lo que ratificó la eficiencia del diseño empleado para el uso de los policultivos.

Tabla 10. Comportamiento del índice de eficiencia de la tierra (IET) en las asociaciones Yuca – Frijol y Yuca- caupí.

Tratamientos	Yuca (t.ha ⁻¹)	Frijol (t.ha ⁻¹)	IET
T1- Y-F/2h + coinoculado	36,34	0,34	1,67
T2 – Y-F/2h - coinoculado	29,26	0,26	1,39
T5- Y-F/1h + coinoculado	35,38	0,38	1,76
T6 - Y-F/1h - coinoculado	29,35	0,35	1,50
T3 - Y-C/2h + coinoculado	33,86	0,86	1,69
T4 - Y-C/2h - coinoculado	28,57	0,57	1,58
T7- Y-C/1h + coinoculado	34,91	0,91	2,12
T8- Y-C/1h - coinoculado	30,86	0,86	1,93

Y- Yuca, F-Frijol: H-hilera

Conclusiones.

1. Los cultivos del frijol común y Caupí micorrizados demostraron condiciones adecuadas para garantizar producciones de granos como cultivos asociados a la yuca.

2. Las leguminosas micorrizadas asociadas al cultivo de la yuca estimularon el desarrollo del cultivo principal, aunque *Vigna unguiculata* obtuvo mejores resultados cuando se sembró una sola hilera dentro de los surcos del cultivo de la Yuca.
3. La determinación del IET permitió validar el principio de producciones en policultivos como base del nuevo paradigma del desarrollo sostenible en la agricultura cubana.

Bibliografía.

1. (2003). Anuario estadístico Guantánamo. Guantánamo: [s.n.].
H. Fitter, J. G. (1994). Interactions betinicer mycorrhiza fungi and other soil organisms. Plant and soil. [s. l.]: [s. n.]. **154**: 123-133.
2. Hernández, A. [et. al.] (1999). Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana, Instituto de los Suelos de Cuba.
3. Santanilla, N. [et. al.] (2005). Capacidad del HMA de promover el crecimiento en planta de tomate. Ecología Aplicada. [s. l.]: [s. n.]. **4 1**.
4. Barea, A., Aguilar (1992). Vesicular Arbuscular Mycorrhizal fungi in nitrogen fixing systems. Methods in microbiology. New York, Academia New York.
5. Dumas-Gaudot, E. (2000). Modulation of host defence systems. [s. l.]: Kluwer Academic Publishers.
6. J.L. Parke, S. W. K. (2000). Effects of genetic differences among crop species and cultivars upon the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Dordrecht, Kapulnick and Douds.
7. L. Gomero, H. V. (2001) Bases conceptuales y programáticas para el manejo ecológico de suelos. Disponible en: <http://www.adas.co.uk>. Accedido el 15 de octubre del 2002.
8. Martínez, R. (1994). El uso de biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica. La Habana, ICA.
9. Santanilla, N. [et. al.] (2005). Capacidad del HMA de promover el crecimiento en planta de tomate. Ecología Aplicada. [s. l.]: [s. n.]. **4 1**: 47-51.
10. Nuñez (2002). Propuesta de Desarrollo Rural Sustentable. Mérida: [s. n.].

Fecha de recepción: 27 nov. 2009

Fecha de aprobado: 19 mar. 2010