Siembra de soya inoculada con EcoMic® y rizobios en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (2005).

Los hongos micorrízicos son tan antiguos como las propias plantas y han evolucionado de forma conjunta, originando y perfeccionando la simbiosis micorrízica. De lo que se trata es de garantizar que este "ingenio" de la naturaleza se pueda utilizar de forma consciente en los agrosistemas, como un elemento constitutivo de estos y continuar brindándole a las plantas y al suelo los beneficios derivados del funcionamiento micorrízico eficiente.

Proyecto MICORRIZAS - INCA

MANEJO, INTEGRACIÓN y BENEFICIOS del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Editor
Ramón Rivera Espinosa

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
Red "Manejo de la simbiosis micorrízica
arbuscular en agrosistemas"

MANEJO, INTEGRACIÓN Y BENEFICIOS DEL BIOFERTILIZANTE MICORRÍZICO EcoMic® EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Editor
Ramón Rivera Espinosa

Mayabeque, 2020

Identificación de las fotos empleadas en la cubierta.

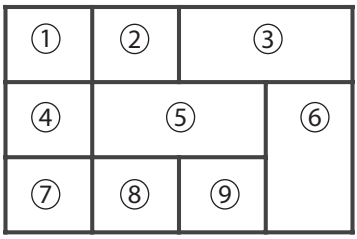

Foto 1 Aplicación manual de EcoMic®.

Foto 2 Aplicación vía máquina para tratar semillas.

Foto 3 Plantación de banano con canavalia inoculada e intercalada.

Foto 4 Campo de frijol inoculado con EcoMic®, Azofert-f® y Quitomax®.

Foto 5 Vista de semillas de soya inoculadas con EcoMic® y no inoculadas.

Foto 6 Respuesta de la yuca a la inoculación con EcoMic®.

Foto 7 Plantación de *Pennisetum purpureum* `Morado´ micorrizado, vía precedente de canavalia inoculada con EcoMic®.

Foto 8 Respuesta del arroz a la inoculación con EcoMic®.

Foto 9 Respuesta del cafeto a la inoculación con EcoMic®.

Este material se ha reproducido con fondos de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a través del proyecto 2016/ ACDE/ 2152 y título "Extensión a los campesinos de los beneficios de la inoculación de micorrizas en cultivos estratégicos."

Rivera, R.; Fernández, F.; Ruiz, L.; González, P.J.; Rodríguez, Y.; Pérez, E. *et al*. 2020. Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la producción agrícola. R. Rivera (Ed) 151 p., Ediciones INCA, San José de las Lajas, Cuba. ISBN: 978-959-7258-05-6

Edición y revisión técnica:
Ramón Rivera Espinosa
Fotografías:
Autores y archivos de las instituciones participantes
Diseño, diagramación y arte final:
Eduardo Martínez Oliva

© Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
© Editor: Ramón Rivera Espinosa

Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic®
en la producción agrícola
Primera edición: 2020
ISBN: 978–959–7258–05–6

Ediciones INCA
Dirección: km 3 ½ Carretera San José de las Lajas a Tapaste – Mayabeque. Cuba
CP 32700, gaveta postal # 1.
Teléfono: (+53) 47848921

SOBRE EL EDITOR

Ramón Antonio Rivera Espinosa. Químico de profesión. Dr. en Ciencias Agrícolas. Investigador Titular del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y Director de Ciencia e Innovación Tecnológica en el periodo 1995–2017. Su temática inicial de investigación se vinculó a los sistemas de suministro de nutrientes y condiciones edafoclimáticas para el cafeto. A partir de 1990 incorpora el manejo de microorganismos benéficos y fundamentalmente los inoculantes basados en hongos micorrízicos arbusculares (HMA) a estos sistemas y comienza a trabajar en diferentes cultivos y tipos de suelos. Sus principales resultados han estado relacionados con la importancia del ambiente edáfico en la eficiencia y recomendación de cepas de HMA; la integración de los inoculantes micorrízicos en los sistemas de fertilización mineral de los cultivos; el manejo conjunto de los HMA, los abonos verdes, otros bioproductos y bajas dosis de fertilizantes minerales y orgánicos en los sistemas de suministro de nutrientes y tecnologías de producción de diferentes cultivos tropicales y subtropicales; campañas de validación de los inoculantes micorrízicos arbusculares y su manejo a escala productiva. Fundador y Coordinador de la Red de "Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular en agrosistemas". Coordinador de proyectos nacionales e internacionales, forma parte de los colectivos de autores de 135 artículos publicados en revistas científicas, de 7 capítulos de libros y 4 libros, así como editor de otros dos. Ha sido tutor de 9 tesis de doctorado en ciencias agrícolas y 11 tesis de maestría, la gran mayoría relacionados con manejo e integración de los inoculantes micorrízicos arbusculares en agrosistemas subtropicales. Miembro titular de la Academia de Ciencias de Cuba.

AUTORES

Ramón A. Rivera Espinosa, Félix Fernández Martín, Luis Ruiz Martínez, Pedro José González Cañizares, Yakelín Rodríguez Yon, Eduardo Pérez Ortega, Kalyanne Fernández Suarez, Gloria Martín Alonso, Jaime Simó González, Ciro Sánchez Esmoris, Manuel Riera Nelson, Blanca de la Noval Pons, Michel Ruiz Sánchez, Alejandro Hernández Zardón, Alberto Hernández Jiménez, Rodolfo Plana Llerena, Juan Ramírez Pedroso, Carlos Bustamante González, Alberto Espinosa Cuellar, Milagros García Rubido, Ellein Terry Alfonso, José Pedro Joao, Gertrudis Pentón Fernández, Lázaro Ojeda Quintana, Adriano Cabrera Rodríguez, José dell Amico Rodríguez, Alberto Pérez Dacal, Alfredo Calderón Puig, Luis Roberto Fundora Sánchez, Jorge Corbera Gorotiza, José V Martin Cárdenas, Juan de Dios Mederos, David Lara Franqui.

COLABORADORES

Ricardo Herrera Peraza†, Rafael Martínez Viera†, Luis Pijeira González, Lorelí Mirabal Alonso, Aida Medina Carmona, Aracely Mena Echevarría, Gustavo Crespo Flores, Laura Medina García, José Luis Alfonso Marrero, Nicolás Medina Basso, Jorge González Acosta, Lázaro Pulido Delgado, Danneys Armario Aragón, Martin Bertolí Herrera, Juan Miguel Calaña Naranjo, José Alfredo Herrera Altuve, Bernardo Dibut Álvarez, María Caridad Nápoles García, Alejandro Falcón Rodríguez, Juan Miguel Ávila Concepción, Raquel Ruz Reyes, Joan Arzola Batista, Ismael Hernández Venéreo, José Roberto Martin Triana, María del Carmen Pérez Hernández, Antonio Casanova Morales, José Francisco Medina Cruz, Yoel Hernández Gallardo, Reinerio Reyes Rosseaux, Pedro Rosales Jenqui, Joaquín Curiel Fleites, Thaylin Riopedre Galán, Anicel Delgado Álvarez, Gerardo Montero Limonta, Maida D. Peña Borrego y otros.

EDITOR

Ramón A. Rivera Espinosa.

PRÓLOGO

A partir de 1989, comenzaron en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) las investigaciones relacionadas con la simbiosis micorrízica arbuscular, inicialmente en coordinación con el Dr. C. Ricardo Herrera Peraza, investigador del Instituto de Ecología y Sistemática y pionero de esta temática en Cuba. En aquel entonces se inició el trabajo asociado a la red "Nutrición y fertilización del cafeto" y se vincularon las Estaciones de Café y Cacao pertenecientes al Ministerio de Agricultura (MINAG).

Posteriormente, comenzaron los trabajos experimentales para disminuir las altas dosis de inoculante que se recomendaban para la mayoría de los cultivos y surgió un nuevo producto, EcoMic® (Fernández *et al*., 2000). En paralelo, se intensificaron las investigaciones conducentes a establecer las bases para el manejo de la simbiosis, vía inoculación de cepas eficientes, en la producción agrícola y con estas, comenzaron a desarrollarse numerosas Tesis de Doctorado, de las cuales ya se han presentado 21 y se han llevado a feliz término más de 60 Tesis de Maestría en diversas temáticas. En el 2003 se oficializó la red "Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular en agrosistemas", en la cual han participado investigadores y especialistas de 15 Centros de Investigación y 8 Universidades del país.

En ese mismo año, también se publicó el libro "*El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible: Estudio de caso El Caribe*", en el cual se resumieron los resultados obtenidos en el periodo 1989–2002. Con este libro se facilitó la divulgación del nuevo enfoque de trabajo y de los resultados iniciales, resaltando la influencia del suelo en la eficiencia de las cepas utilizadas y la posibilidad de emplear los inoculantes micorrízicos en los sistemas de producción para obtener altos rendimientos. Con posterioridad se profundizó en estos principios ampliando la diversidad de cultivos, suelos, sistemas productivos, temáticas y herramientas de investigación, así como la integración de los inoculantes micorrízicos con las prácticas culturales que conforman las diferentes tecnologías de producción.

Las acciones de producción y validación de este inoculante en el extranjero, han resultado decisivas para la evaluación del producto en diferentes modos de producción, cultivos y condiciones edáficas y en las mismas han participado un grupo amplio de investigadores y especialistas del INCA. No menos importante han sido las campañas de validación

en condiciones de producción realizadas en Cuba, tanto las ejecutadas por el INCA como por el INIVIT, las estaciones de Café y Cacao (actual INAF), la Estación de Pastos y Forrajes de Villa Clara, entre otras instituciones cubanas.

Por tanto, los conceptos y la información que aquí se presentan sobre el manejo y la integración de EcoMic® en las tecnologías de los cultivos, han sido los resultados de 30 años de investigación, posgrado e innovación de un gran colectivo de trabajo, que si bien ha sido coordinado y dirigido por el INCA, en el mismo han participado o participan prácticamente todas las instituciones y universidades agrícolas del país, así como productores agrícolas vinculados.

Aunque desde hace años se entiende en Cuba la importancia de potenciar el uso de los biofertilizantes y bioproductos en la producción agrícola, coincidente en estos momentos con una fuerte disminución de la capacidad adquisitiva e importadora del país, no abundan los documentos que aborden el manejo e integración de un biofertilizante en las tecnologías de los cultivos, que pueda por tanto apoyar su uso y asimismo contribuir a la necesaria articulación ciencia–economía.

La casi universalidad de la simbiosis micorrízica conlleva a lo amplio de su campo de acción y este documento persigue que los ingenieros y técnicos de la producción, los estudiantes, los productores y todos aquellos interesados, no solo conozcan y constaten los beneficios de su uso, sino los principios de su manejo, vinculados tanto a la especificidad propia de los cultivos, las condiciones edáficas, como a las diversas prácticas culturales que forman parte de las tecnologías.

Es de señalar que el libro no pretende mostrar la amplia cantidad de resultados obtenidos en experimentos de campo, sino solo algunas tablas resumidas para fundamentar los principios del manejo y ya en la parte de los cultivos los datos que se presentan solo corresponden a información obtenida en áreas demostrativas y extensiones siempre a escala productiva, tanto en condiciones de pequeños productores como de grandes empresas.

Sirva el documento para agradecer a la Dirección del INCA y todos aquellos que desde diversas funciones y responsabilidades en el país han impulsado el uso de estos productos en la agricultura y sobre todo para agradecer y reconocer a todos los que le han dedicado una parte importante de su vida a este empeño, el de demostrar que la simbiosis micorrízica arbuscular puede ser un elemento constitutivo de los sistemas de producción agrícola.

Dr. C. Ramón A. Rivera Espinosa
Coordinador de la Red "Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular en agrosistemas"

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
   1.1. ¿Qué son las micorrizas? 2
   1.2. ¿Que es el EcoMic®? 3
   1.3. Criterios para la selección de cepas eficientes HMA a utilizar 4
   1.4. Vías y formas de aplicación 10
      1.4.1. Aplicación vía recubrimiento de semillas gámicas 10
      1.4.2. Aplicación vía recubrimiento de semillas vegetativas. 12
      1.4.3. Aplicación vía efecto de permanencia en secuencias de cultivos 13
      1.4.4. Aplicación vía abonos verdes 13
      1.4.5. Aplicación directa al suelo 15
   1.5. Efectividad y suministro de nutrientes 16
   1.6. Manejo conjunto con abonos verdes, rizobios y fertilizantes 24
   1.7. Manejo conjunto con otros bioproductos 25
   1.8. Micorrizas es más que nutrición 29
2. CULTIVOS
   2.1. Frijol 35
   2.2. Soya 39
   2.3. Maní 43
   2.4. Arroz 45
   2.5. Maíz 51
   2.6. Sorgo y girasol 57
   2.7. Yuca 61
   2.8. Boniato 69

2.9. Papa 73
2.10. Malanga 75
2.11. Bananos y plátanos 77
2.12. Tomate, pimiento, ajo y otras hortalizas 83
2.13. Tabaco 91
2.14. Cafetos 95
2.15. Frutales (aguacate, mango, mamey, fruta bomba y guayaba) 101
2.16. Gramíneas pratenses y forrajeras 109
2.17. Morera, moringa, titonia y leucaena 117
2.18. Dosis de EcoMic® para diferentes especies vegetales y modos de cultivo 123

3. Referencias bibliográficas 129
4. Relación de instituciones científicas y universidades que participan en la red "Manejo Efectivo de la Simbiosis Micorrízica Arbuscular en Agroecosistemas" 143
5. Relación de cooperativas y entidades productivas en Cuba en las que se ha validado el biofertilizante EcoMic®(periodo 2007 en adelante) 145

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha quedado clara la necesidad de desarrollar tecnologías sostenibles para la producción de alimentos, que potencien la actividad de la microbiota del suelo y el uso de microorganismos, disminuyendo insumos externos y consumo de energía (Arora *et al*., 2016; Schütz *et al*., 2018), entre otros aspectos que integran el concepto de sostenibilidad.

El incremento sostenido de la población mundial y la disminución de las tierras agrícolas han conducido al principio de intensificación sostenible (Royal Society, 2009), en que a partir de los principios de la sostenibilidad se desarrollan nuevos modelos de producción, en los cuales potenciar la actividad biológica del suelo y el uso de microorganismos, garantizar el funcionamiento satisfactorio del recurso suelo e integrar resultados de la ciencia derivados de diferentes disciplinas, serán imprescindibles para producir altos rendimientos de forma sostenible.

Otro componente del escenario mundial son los precios crecientes del petróleo y por tanto del grueso de los insumos químicos que se utilizan comúnmente en la agricultura. Esta situación gravita con fuerza en los países en desarrollo, en los cuales muchos agricultores carecen del financiamiento necesario y en una parte importante de las áreas cultivadas no se reponen las cantidades necesarias de nutrientes que se exportan con las cosechas, ocasionando bajos rendimientos y disminución significativa de la fertilidad del suelo y por tanto del recurso suelo.

En el caso específico de Cuba la situación de la economía se agrava por el bloqueo, originando que solo se apliquen fertilizantes químicos en un bajo porcentaje de las áreas cultivadas, pero además la producción de abonos orgánicos es insuficiente y se indica la producción y utilización a gran escala de biofertilizantes y bioproductos (PCC, 2016). Por tanto se vuelve imprescindible establecer cómo se deben integrar estos dentro de los esquemas de suministro de nutrientes y tecnologías de los cultivos.

Persigue dar a conocer los principios que rigen el uso de este producto, las formas de aplicarlo, su manejo conjunto con otros bioproductos e integración dentro de los esquemas de suministro de nutrientes y tecnologías de los cultivos en diversas condiciones edáficas. Es de señalar que, aunque se dispone de una amplia información experimental, la cual ha sido validada a escala productiva en diversos cultivos y condiciones edáficas,

se continúa trabajando con vistas a poder utilizar plenamente y de forma sostenible los diferentes ecoservicios asociados al funcionamiento micorrízico efectivo.

1.1. ¿ QUE SON LAS MICORRIZAS?

La simbiosis micorrízica es una asociación mutuamente beneficiosa que se establece entre las plantas y ciertos hongos del suelo. Es la asociación más antigua del planeta y se plantea que ya estaba presente hace 400 millones de años y las plantas como hoy las conocemos han sido resultante de esta simbiosis (Hamel y Plenchette, 2017). A manera de ejemplo las briofitas antecesoras de las plantas vasculares no tenían raíces y fue el establecimiento de la simbiosis lo que permitió evolucionar hasta las plantas actuales.

Esta simbiosis está ampliamente extendida y cerca del 95 % de las especies vegetales la establecen. Existen varios tipos de micorrizas, pero nos ocuparemos de la simbiosis micorrízica arbuscular la cual se encuentra presente entre el 75 y 80 % de las especies vegetales y dentro de las cuales se encuentran prácticamente todos los cultivos económicos.

El termino micorrizas (del griego mico: hongo; riza: raíz) señala que esta asociación se establece en las raíces de las plantas. En el caso de la micorriza arbuscular no se detecta a simple vista. Es de destacar que un cm de raíz puede tener asociadas hasta 100 cm de hifas extraradicales de mucho menor diámetro que el de la raíz, por tanto, alcanzan sitios a los cuales no pueden llegar las raíces y además en mucha mayor cantidad, lo cual conlleva a un incremento de la capacidad absorción de la planta micorrizada.

La simbiosis micorrízica como asociación mutuamente beneficiosa, le permite a las plantas recibir nutrientes que se encuentran en el suelo en condiciones subóptimas para las mismas y a la vez la planta entrega productos de C. En el caso específico de la simbiosis micorrízica arbuscular este intercambio se da en unas estructuras denominadas arbúsculos que se encuentran en las células corticales.

Las micorrizas son un resultado de la evolución que ha permitido a las plantas adaptarse a condiciones de estrés tanto abióticos como bióticos, a través de una mayor capacidad de absorción de nutrientes y agua, tolerar mejor condiciones de salinidad y de concentraciones altas de metales pesados, mejorar la estructura del suelo, incrementar la actividad biológica en la rizosfera de las plantas y participar en los ciclos del N, C y de otros elementos, así como disminuir los daños ocasionados por diferentes fitopatógenos, entre otros ecoservicios. Por tanto las micorrizas incrementan la resiliencia del sistema.

A partir de los años 50 del pasado siglo con los trabajos iniciales, en que quedaron establecidos tanto la factibilidad de la inoculación de pro-

págulos micorrízicos como vía para obtener la micorrización en las plantas (Mosse, 1956), asi como para potenciar el crecimiento de estas (Mosse, 1957), y más intensamente con el surgimiento y mejoramiento de equipos y metódicas de trabajo que han permitido implementar nuevas y precisas herramientas bioquímicas, moleculares y genómicas se han incrementado vertiginosamente las investigaciones sobre las micorrizas arbusculares y por tanto no es de extrañar que en la medida que se van estableciendo los diferentes mecanismos y funciones que las micorrizas pueden realizar, se acreciente el ya existente consenso mundial de su importancia y se traten de potenciar su funcionamiento y beneficios para los agrosistemas.

Uno de los enfoques considerados a tales efectos es el de manejar la simbiosis micorrízica arbuscular a través de la inoculación de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), lo cual requiere la existencia de inoculantes que se apliquen en bajas cantidades, con una calidad certificada, resultados reproducibles y que se integren exitosamente con las diferentes prácticas culturales que conforman las tecnologías de los cultivos; no obstante internacionalmente son escasos los trabajos encaminados a establecer las bases para el manejo de estos inoculantes y demostrar en la práctica agrícola la importancia de la simbiosis micorrízica (Rillig *et al*, 2018; Ryan *et al*., 2018) y precisamente en esto radica la pertinencia del trabajo realizado en el país a tales efectos.

1.2. ¿QUÉ ES EL EcoMic®?

El EcoMic® es un inoculante simple a base de cepas eficientes de HMA que además son generalistas con las especies vegetales. Se presenta en formulación sólida, con una textura de polvo fino y el 90 % del mismo pasa por un tamiz de 0,84 mm y el 69 % por tamiz de 0,5 mm.

Este inoculante desarrollado en el INCA (Fernández *et al*., 2000) presenta entre sus ventajas: que se aplica en bajas cantidades, de forma general recubriendo las semillas y sin requerir adherentes, simplemente utilizando agua; se recomienda para amplio espectro de cultivos y tipos de suelos; se obtienen resultados reproducibles con su uso; mantiene su efectividad almacenado en lugares frescos y secos hasta 18 meses después de producido y se integra satisfactoriamente con los diferentes bioproductos y prácticas culturales que se utilizan en los sistemas agrícolas. El EcoMic® está inscrito en el Registro de Fertilizantes y Bioproductos del MINAG (RCF 004/15), así como posee Permiso de Liberación en el país, emitido por el Centro Nacional de Seguridad Biológica, MB04–P(82)19.

La utilización de cepas eficientes de HMA que a la vez son generalistas con las especies vegetales, permite que el producto garantice una micorrización efectiva con los diferentes cultivos siempre que sean dependientes de la micorrización. El hecho de que sea un inoculante simple significa que solo contiene a la vez una cepa de HMA y se utilizan tres cepas de HMA

para la formulación del mismo. La eficiencia de las cepas que se utilizan varía con la condición o ambiente edáfico del suelo o sustrato en que se desarrolla el cultivo y principalmente por la reacción del suelo y expresada como pH–H_2O.

1.3. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE CEPAS EFICIENTES HMA A UTILIZAR

Se ha desarrollado un amplio trabajo con más de 30 cultivos, que se corresponden con 36 especies vegetales y específicamente con 124 cultivares (cv.) en 12 condiciones edáficas que representan un espectro bastante completo de los cultivos y suelos dedicados a la producción agrícola en Cuba y situados entre 30 y 250 msnm. Las principales propiedades químicas y cantidades de esporas residentes en las condiciones edáficas evaluadas se muestran en la Tabla 1 y son representativas de estos tipos de suelos cuando se encuentran bajo condiciones de cultivo sistemático. Es de destacar la baja cantidad de esporas micorrízicas "residentes" en los mismos, que indudablemente favorece la respuesta positiva a la inoculación micorrízica .

Los resultados obtenidos han permitido establecer tanto el carácter generalista de las cepas como que su eficiencia depende de la condición edáfica y en lo fundamental con el pH-H_2O del suelo o sustrato en que se desarrolla la micorrización (Rivera *et al*., 2015 a). Cada cepa tiene un rango de pH en el cual es eficiente y para el cual se recomienda su uso. La cepa *Funneliformis mosseae* / INCAM–2 se recomienda en el rango de 4,7 a 5,8; la cepa *G. cubense* / INCAM–4 (DAOM241198) se recomienda en el rango de 5,6 a 7,2 y la cepa *Rizhoglomus irregulare*/INCAM-11 (DAOM711363) se recomienda en el rango entre 7 y 8.

En el rango de pH-H_2O en que la cepa es eficiente, esta establece un funcionamiento micorrízico eficiente con los diferentes cultivos, siempre que estos sean micótrofos, lo cual simplifica y a la vez es muy conveniente para el manejo de los inoculantes y su integración en las tecnologías de los cultivos. Se presentan además compatibilidades cepas–cultivos, pero que no impiden que esos cultivos establezcan además una simbiosis igualmente efectiva con la cepa eficiente para esa condición edáfica (Rivera *et al*., 2003), por lo tanto no varían los criterios de recomendación de cepas a inocular para obtener los beneficios de la micorrización.

Es de señalar que en los primeros trabajos se vinculó la eficiencia de las cepas al tipo de suelo, pero ciertamente el tipo de suelo no varía por el uso de la tierra y sin embargo si pueden variar las propiedades y a la vez el horizonte de diagnóstico no siempre se corresponde con la profundidad en que se encuentra el sistema radical del cultivo y por tanto el término ambiente edáfico o condición edáfica integra el tipo de suelo y uso de la tierra y se refiere a la profundidad del suelo donde se desarrolla el sistema radical micorrizado.

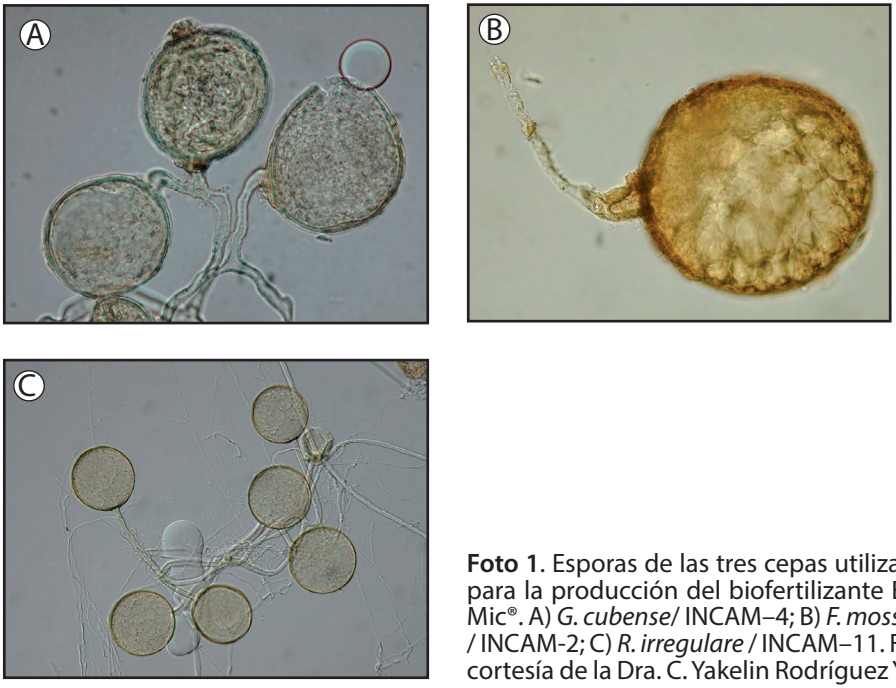

Foto 1. Esporas de las tres cepas utilizadas para la producción del biofertilizante EcoMic®. A) *G. cubense*/ INCAM–4; B) *F. mosseae* / INCAM-2; C) *R. irregulare* / INCAM–11. Foto cortesía de la Dra. C. Yakelin Rodríguez Yon.

El rango general de pH – H_2O de 4,7 a 8 para el cual existe una recomendación de cepas eficientes de HMA, es un rango bastante satisfactorio para el grueso de los cultivos agrícolas e incluye un porcentaje muy importante de los suelos agrícolas en Cuba. En el caso de suelos con pH inferiores o superiores, la práctica común es aplicar enmiendas y modificar el pH hasta valores entre 5,5 y 6,5 y en esas nuevas condiciones las cepas que disponemos son eficientes, por tanto, se dispone de cepas eficientes para las condiciones edáficas en que se desarrolla la agricultura en el país.

La Tabla 2 resume los resultados de 42 experimentos ejecutados en el periodo 2003–2018 en que siempre se evaluaron las mismas tres cepas y un testigo o control, sin inoculación de EcoMic® en 200 combinaciones suelo-cultivo (Rivera *et al*., 2015 a).

Tabla 1. Tipos de suelos, localidades y principales propiedades de los suelos (condiciones iniciales en la profundidad de 0 a 20 cm).

SUELOS [1] PROVINCIA	USO DE LA TIERRA	pH	MO	P_2O_5	K	Ca	Mg	Esporas HMA "residentes" # en 50 g
		H_2O	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	$cmol_c$ kg^{-1}			
Húmico Calcimórfico **Villa Clara**	Cultivos varios	7,8– 7,9	20,8	3,14	0,49	44,6	3,21	50
Pardo Mullido carbonatado **Villa Clara**		7,3–7,5	21,6	32	0,60	44,8	3,2	47
Vertisol Pélico gléyico carbonatado **Artemisa**	Pastos	7,3	41,3	32	0,69	37,2	3,9	312
Gleysol Nodular Ferruginoso **Pinar del Río**	Arroz anegado	7,3	28,6	46,8	0,18	6,97	6,97	nd
Pardos con carbonatos **Guantánamo**	Cultivos varios	6,9–7,3	30	21,6	0,6	40,0	8,0	109
Ferralitico Rojo Lixiviado, **Mayabeque**		6,5–6,9	32,5	39	0,21	9,7	2,2	80
Ferralitico Rojo Lixiviado **Artemisa**	Pastos	6,1– 6,8	32,5	28	0,34	9,7	2,2	100

1. Clasificación de Suelos según Hernández *et al.*, (2015).
nd: no determinado

Tabla 1. Tipos de suelos, localidades y principales propiedades de los suelos (condiciones iniciales en la profundidad de 0 a 20 cm).

SUELOS [1] **PROVINCIA**	**USO DE LA TIERRA**	pH	MO	P_2O_5	K	Ca	Mg	Esporas HMA "residentes" # en 50 g
		H_2O	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	$cmol_c$ kg^{-1}			
Ferralitico Amarillento Lixiviado, **Pinar del Río**	Tabaco	6,0–6,2	13,6	38	0,44	4,7	1,9	50
Gleysol Nodular Ferruginoso + 2 t ha^{-1} de $CaCO_3$ **Villa Clara**	Pastos	6,1	26,0	7,07	0,1	5,3	1,2	nd
Pardos eútricos sin carbonatos **Santiago de Cuba**	Cultivos varios	6,0–6,2	26,1	27	0,57	27,0	4,0	nd
Pardo Grisáceo ócrico **Camagüey**	Pastos	5,7	31,0	2,9	0,31	7,25	2,23	80
Pardo Grisáceo ócrico **Cienfuegos**		5,2-5,4	17,8	36,2	0,06	nd	nd	nd
Gleysol Nodular Ferruginoso **Villa Clara**		4,7– 4,9	24,3	18–28	0,11	3,5	1,2	69

1. Clasificación de Suelos según Hernández *et al.*, (2015).
nd: no determinado

Tabla 2. Cepas eficientes de HMA encontradas para los diferentes rangos de pH – H_2O del suelo o sustrato donde se desarrollaron las raíces micorrizadas. Experimentos ejecutados en el período 2003 – 2018.

SUELOS Y pH–H_2O / CULTIVOS	Húmico Calcimórfico, Pardo mullido carbonatado, Vertisol Pélico gléyico, Gleysol Nodular Ferruginoso anegado 7,9 –7,3	Ferralítico Rojo Lixiviado, Gleysol Nodular Ferruginoso + 2-4 t ha^{-1} de $CaCO_3$, Ferralítico Amarillento Lixiviado, Pardo sin carbonatos 6,9 – 6,0	Pardo Grisáceo ócrico 5,7	Gleysol Nodular Ferruginoso 4,7
Yuca	*R. irregulare*	*G. cubense*		
Boniato	*R. irregulare*	*G. cubense*		
Malanga	*R. irregulare*			
Ñame	*R. irregulare*			
Banano	*R. irregulare*	*G. cubense*		
Maíz		*G. cubense*		*F. mosseae*
Frijol	*R. irregulare*	*G. cubense*		
Arroz	*R. irregulare*			
Tomate	*R. irregulare*	*G. cubense*		
Tabaco		*G. cubense*		

Clasificación de suelos (Hernández *et al*., 2015).
En todas las combinaciones suelo- cultivo se evaluó la respuesta a la inoculación de las mismas cepas. *R. irregulare* / INCAM-11; *G. cubense* / INCAM-4; *F. mosseae* / INCAM-2 y un tratamiento testigo sin inoculación. Espacios en blanco significan que en esos suelos no se realizaron experimentos de comparación de cepas para esos cultivos.

Tabla 2. Cepas eficientes de HMA encontradas para los diferentes rangos de pH – H_2O del suelo o sustrato donde se desarrollaron las raíces micorrizadas. Experimentos ejecutados en el período 2003 – 2018.

SUELOS Y pH–H_2O / CULTIVOS	Húmico Calcimórfico, Pardo mullido carbonatado, Vertisol Pélico gléyico, Gleysol Nodular Ferruginoso anegado 7,9 –7,3	Ferralítico Rojo Lixiviado, Gleysol Nodular Ferruginoso + 2-4 t ha^{-1} de $CaCO_3$, Ferralítico Amarillento Lixiviado, Pardo sin carbonatos 6,9 – 6,0	Pardo Grisáceo ócrico 5,7	Gleysol Nodular Ferruginoso 4,7
Canavalia	*R. irregulare*	*G. cubense*	*F. mosseae* y *G. cubense*	*F. mosseae*
Cuatro especies de *Urochloa* (braquiarias)	*R. irregulare*	*G. cubense*		*F. mosseae*
Pasto guinea	*R. irregulare*	*G. cubense*		*F. mosseae*
Cuatro leguminosas forrajeras	*R. irregulare*	*G. cubense*		*F. mosseae*
Cafeto *		*G. cubense*		
Aguacate* Mango* Guayaba *		*G. cubense*		
Caoba	*R. irregulare*	*G. cubense*		

*Producción de posturas. Clasificación de suelos (Hernández *et al*., 2015).
En todas las combinaciones suelo- cultivo se evaluó la respuesta a la inoculación de las mismas cepas. *R. irregulare* / INCAM-11; *G. cubense* / INCAM-4; *F. mosseae* / INCAM-2 y un tratamiento testigo sin inoculación. Espacios en blanco significan que en esos suelos no se realizaron experimentos de comparación de cepas para esos cultivos.

1.4. VÍAS Y FORMAS DE APLICACIÓN

En el periodo que se diseñó el EcoMic® los inoculantes micorrízicos se aplicaban en el hoyo o surco previo a la plantación y si bien para el caso de producción de posturas de cafetos y de cítricos, y para plantaciones de frutales con densidades de 400 plantas ha^{-1}, las cantidades eran manejables y no eran muy altas, sin embargo para los granos y raíces tropicales se recomendaban cantidades que oscilaban entre 200 y 500 kg ha^{-1} de inoculantes (Sieverding, 1991), las cuales no eran factibles ni económicamente, ni por el alto volumen a utilizar.

El EcoMic® surgió para poder aprovechar los beneficios de la inoculación de cepas eficientes en los granos y cultivos de siembra vía semillas gámicas que se cultivan con altas densidades de plantación que oscilan entre 40 000 y 250 000 plantas ha^{-1}; no obstante, se puede además aplicar por diversas vías, algunas de las cuales fueron precisándose con posterioridad y que permite su aplicación económica en prácticamente todos los cultivos con respuesta positiva a la inoculación.

1.4.1. Aplicación vía recubrimiento de semillas gámicas

El recubrimiento a las semillas se realiza aplicando cantidades de EcoMic® que oscilan entre 8 a 10 % del peso de la semilla. El recubrimiento se puede realizar de dos formas: 1) a partir de la cantidad de EcoMic® necesaria para recubrir la semilla a sembrar y preparando una mezcla en una relación de 1 kg EcoMic® por 600 ml de agua. Adicione la semilla y homogenice lo mejor posible, si fuera necesario humedecer más la semilla, o aplicar un poco más de EcoMic®, hágalo. 2) La semilla se humedece previamente, por ejemplo con 300 ml de agua por cada 50 kg de semilla y se espolvorea poco a poco la cantidad de EcoMic®, mezclando constantemente, si se da cuenta que el producto no cubre bien porque está muy seco adicione más agua, repita este proceso hasta que haya aplicado todo el EcoMic®, no importa que se pase con el agua. Para ambos procedimientos deje orear la semilla recubierta dos a tres horas a la sombra y proceda a sembrarla. Puede realizar la inoculación en la tarde anterior y en la mañana temprano puede sembrar. La semilla va a quedar recubierta con una capa ligera de producto (Fotos 2 y 3).

Foto 2. Vista de semillas de soya recubiertas con EcoMic® (izquierda) y semillas no recubiertas. Foto tomada en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, cortesía de MSc. Alejandro Hernández Zardón.

Foto 3. Vista de semillas de frijol recubiertas con EcoMic® al 8 % (derecha) y no recubiertas (izquierda). Foto tomada en el INCA, cortesía de Ing. José V. Martin Cárdenas.

En el caso de leguminosas en que se maneje la aplicación conjunta con biofertilizantes a base de rizobios (formulación liquida 200 ml para 50 kg de semilla), utilice la dosis de Azofert® como parte del líquido necesario para humedecer la semilla. De forma similar proceda con la aplicación combinada con Quitomax® realizada en siembra.

El recubrimiento se puede realizar manual (Foto 4) o de forma "mecanizada", aunque la cantidad de inoculante por kg de semilla puede disminuir en función del tipo de maquina utilizada. La Foto 5 presenta algo similar a una pequeña "concretera" de capacidad efectiva de 50 kg y en la cual cada dos minutos Ud. inocula la semilla de frijol que va a utilizar en una hectárea. Con esta máquina se mantienen los porcentajes de EcoMic® planteados inicialmente.

Foto 4. Inoculación manual de frijol con EcoMic® en Las Tunas. Foto cortesía de MSc. Alejandro Hernández Zardón.

Foto 5. Máquina utilizada para recubrir semillas con EcoMic® y Azofert-f®. Con un modelo similar se recubrieron 100 ha en un campo control de frijol en el año 2010, en la provincia Matanzas.

En la Foto 6A se presenta una máquina de tratamiento a la semilla que se puede utilizar para recubrir semillas con EcoMic®. En esta máquina generalmente la cantidad de EcoMic® disminuye al 6 – 8 % del peso de la semilla, debido a que el propio mecanismo vía "sinfín" disminuye la cantidad de inoculante. Asimismo, se pueden hacer ligeras adaptaciones en la maquinaria comúnmente utilizada en diferentes sistemas productivos para entonces aplicar el EcoMic® vía recubrimiento de las semillas y de conjunto con otros productos (Foto 6B).

Foto 6. A) Máquina Bandeirante MTSB-1060 utilizada para recubrir semillas con EcoMic® y otros productos en diferentes cultivos, Sta. Cruz de la Sierra, Bolivia. B) Inoculación con EcoMic® y rizobios de semilla de soya en la propia máquina Reboke 15000 TS (derecha) y entrega a la sembradora John Deree de 14 órganos, Sta Cruz de la Sierra, 2005. Fotos cortesía de M. Sc Alejandro Hernández Zardón e Ing. José V Martin Cárdenas.

De forma general en semillas pequeñas como las de pastos, girasol, crotalaria es conveniente aplicar el 10 % del producto, mientras que en semillas de tamaño similar al frijol, maíz se utiliza entre 8 y 10 % y en semillas grandes como las de *Canavalia ensiformis* se utiliza 8 %. Si el recubrimiento es mecanizado por lo general se utilizan menores porcentajes, entre 6 y 8 % del peso de la semilla a tratar.

En el caso de producción de posturas de mango y aguacate también se puede utilizar el recubrimiento de la semilla a partir de una mezcla a partes iguales de EcoMic® y agua e inmersión de las semillas para que queden totalmente o parcialmente cubiertas en dependencia del cultivo. Después se ponen a orear a la sombra para facilitar la manipulación.

1.4.2. Aplicación vía recubrimiento de semillas vegetativas

Las semillas vegetativas no son factibles de recubrir con el tipo de mezcla y relación kg EcoMic® por kg de semilla que se aplican en las semillas gámicas, debido al alto volumen y peso de semilla que se aplica por hectárea, así como a la diversidad de manejo que se le hace a ese tipo de semilla.

La aplicación directa debajo de la semilla en dosis de inoculante de 20 a 50 g por planta (Sieverding, 1991) aunque efectiva, es prohibitiva debido a la alta cantidad de plantas que se siembran por hectárea.

Ruiz *et al*., (2012) desarrollaron un método a partir del criterio de recubrir el material vegetativo que se introduce en el suelo, con mezclas más diluidas por ejemplo de 1 kg EcoMic® en 5 litros de agua, las cuales fueron efectivas para la yuca, el boniato, la malanga; no obstante, solo en el cultivo de yuca las cantidades recomendadas (kg ha^{-1} de EcoMic®) son económicamente factibles de utilizar, siendo necesario emplear otros procedimientos que permitan disminuir las cantidades a aplicar de EcoMic® (kg ha^{-1}).

1.4.3. Aplicación vía efecto de permanencia en secuencias de cultivos

El carácter generalista de las cepas eficientes utilizadas permite que la reproducción de propágulos que se obtienen al inocular y micorrizar eficientemente un cultivo, sean suficientes para micorrizar el cultivo en sucesión, siempre que no pasen más de 30 días entre la cosecha del inoculado y la siembra o plantación del siguiente. Para el tercer cultivo en la secuencia, de forma general es necesario inocular. Este efecto se encontró en diferentes experimentos realizados en los suelos Pardos mullidos carbonatados y Ferralíticos Rojos con diferentes secuencias de cultivos varios, los cuales fueron resumidos por Rivera *et al*., (2003) y por Ruiz *et al*., (2012).

Este tipo de efecto es muy conveniente para lograr micorrizar cultivos altamente dependientes de las micorrizas, pero que se plantan por semillas vegetativas como el boniato, la malanga e incluso la yuca. Como aspecto interesante el único cultivo que hemos encontrado con respuesta a la inoculación, en que su inoculación no provoca un efecto de permanencia efectivo sobre el primer cultivo posterior es la malanga, y posiblemente asociado con que el grueso de la absorción de los nutrientes se logra en las primeras etapas de su extenso ciclo productivo, en las cuales alcanza un funcionamiento micorrízico efectivo. La poca absorción de nutrientes después de las primeras etapas, disminuye la necesidad del funcionamiento micorrízico y lo extenso del ciclo parecen combinarse y se pierde el efecto de permanencia, probablemente asociado a una baja cantidad de propágulos efectivos al terminar el ciclo productivo.

1.4.4. Aplicación vía abonos verdes

Las leguminosas comúnmente utilizadas como abonos verdes son dependientes de la micorrización. El carácter generalista de las cepas eficientes y la alta densidad de plantación en que se siembran los abonos verdes inoculados con EcoMic® origina una alta reproducción de propágulos micorrízicos que deben permitir un efecto de permanencia efectivo tanto para el primer cultivo en sucesión como para los asociados vía intercalamiento de los abonos verdes. La respuesta de estas leguminosas a la inoculación micorrízica no solo se expresa a través del incremento de los contenidos de nutrientes y cantidades de biomasa, sino que también aumenta la fijación biológica del nitrógeno atmosférico (FBN) que realizan, vía simbiosis con los rizobios (Bulgarelli *et al*., 2017).

Todo lo anterior condujo a realizar diferentes experimentos en varios tipos de suelos y cultivos principales (maíz, yuca, banano, *P. purpureum*, tabaco, morera, malanga, tomate), donde se demostró las ventajas derivadas de este manejo conjunto, tanto por el incremento del rendimiento, mejoras en la nutrición, disminución de los fertilizantes y la no necesidad de inoculación micorrízica del cultivo principal, bien fuera en sucesión o intercalado, así como por el incremento en la cobertura del suelo y la disminución de limpias de vegetación indeseable, sobre todo cuando los abonos verdes se intercalan. Estos resultados fueron resumid*os* por *Rivera et al*., (2017 a).

El abono verde principalmente estudiado ha sido la *Canavalia ensiformis*. Como cultivo precedente se siembra a 0,5 x 0,2 metros (100 000 plantas ha^{-1}) a razón de 125 kg ha^{-1} de semilla y se inocula al 8 %. (10 kg ha^{-1} de EcoMic®), debiendo tenerse en cuenta que en definitiva esta cantidad de EcoMic® es para dos cultivos (la canavalia y el cultivo principal).

La canavalia inoculada con EcoMic® cortada entre los 60 y 100 días, produce alrededor de 6 t ha^{-1} de biomasa y un estimado de 180, 30 y 160 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O que se ponen rápidamente a disposición del cultivo principal, debido a la favorable relación hoja/tallo que facilita la descomposición, así como al incremento en capacidad de absorción de los nutrientes que presenta el cultivo principal "micorrizado" cuando crece en un ambiente con residuos vegetales en descomposición (Hodge y Stoker, 2015; Thirkell *et al*., 2016; Bunn *et al*., 2019). Se recomienda además inocular la canavalia con rizobios (Azofert–can®) de forma similar a como se describió anteriormente, con vistas a incrementar la cantidad de nitrógeno derivado de la FBN, la cual es un aporte al sistema. Una vez cortada la canavalia (Foto 7 D) se incorpora en los primeros 15 cm del suelo, se prepara el suelo y entre 20 y 40 días se siembra o planta el cultivo principal.

En cultivos como el banano, plátano, yuca, morera, entre otros, se recomienda asimismo el intercalamiento de la canavalia inoculada. El marco de plantación de la canavalia intercalada dependerá del marco utilizado en el cultivo principal. Para plantaciones de yuca y morera en que la distancia entre surcos es de 0,9 a 1,0 m, se recomienda un doble surco de canavalia a 20 cm entre las hileras de canavalia y separadas a 0,35 a 0,4 m de las hileras del cultivo principal. En el caso del banano o los cítricos con distancias de 2,4 a 6 metros entre hileras, se siembran surcos de canavalia inoculada separadas 50 cm entre si y a 50 cm de las hileras de cultivo principal. A los 60–90 días de sembrada la canavalia, se le da un primer corte a 15 cm del suelo y la biomasa se arropa homogéneamente en los surcos del cultivo principal; se deja rebrotar y se realiza un segundo corte definitivo a los 50–60 días del primer corte, siempre que el crecimiento del cultivo principal permita ejecutarlo; la biomasa cortada se arropa de forma similar. Si el cultivo principal está muy cerrado no realice ese corte.

1.4.5. Aplicación directa al suelo (posturas, vitroplantas, establecimientos de plantaciones de frutales y reinoculación de perennes)

La aplicación directa al suelo en el hoyo debajo de las semillas, plántulas o posturas se realiza en viveros de cafetos (5–10 g), aclimatización de vitroplantas (10 g) y establecimiento de plantaciones de frutales (20 a 40 g).

La reinoculación en plantaciones de frutales, aplicando 40 g de EcoMic® en cada planta y subdividida en 2 a 4 hoyos de 20 cm de profundidad y localizados debajo de la copa de los árboles. No tenemos información para recomendar cada que periodo reinocular.

La reinoculación en áreas de pastos y forrajes ya establecidos se realiza mezclando de 15 a 20 kg de EcoMic® en 200 litros de agua y aplicar en una hectárea con mochila o asperjadora sin boquilla, después de haber ejecutado el ultimo corte de la época poco lluviosa. Las frecuencias de reinoculación de estos perennes y algunos de los factores de las cuales dependen, se explican en el tópico de gramíneas pratenses y forrajeras (2.16).

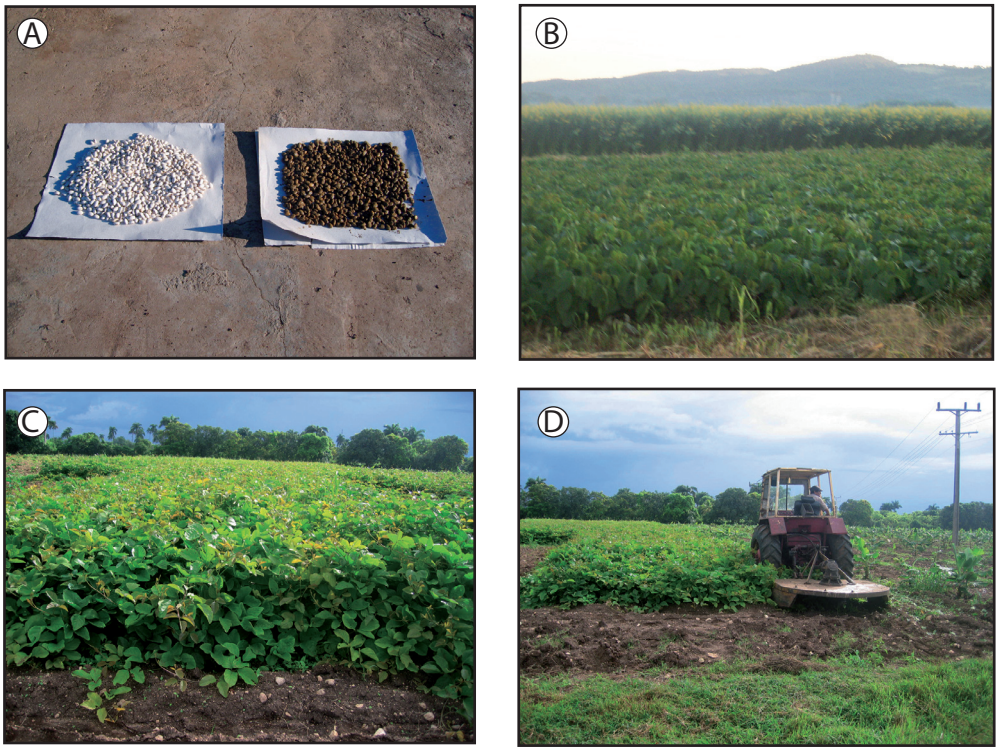

Foto 7. Etapas de la utilización de los abonos verdes inoculados como precedentes a cultivos económicos. A) Semilla de canavalia recubierta con EcoMic® al 8 % (derecha) y no recubierta (izquierda); B) Áreas con plantas de canavalia (delante) y de crotalaria (detrás), ambas inoculadas con EcoMic®, nótese la diferencia en hábitos de crecimiento de estas dos especies; C) Área con canavalia de 60 días de crecimiento y aproximadamente 6 t ha^{-1} de biomasa; D) Corte mecanizado de esa canavalia. Fotos cortesía de Dr. C. J. Simó González y Dr. C. J.P. Joao.

1.5 EFECTIVIDAD Y SUMINISTRO DE NUTRIENTES

Entre los beneficios más reconocidos de las micorrizas se encuentran los incrementos en la capacidad de absorción de los nutrientes del suelo y los fertilizantes. Estos beneficios son una consecuencia del funcionamiento micorrízico efectivo, en que las plantas le dan productos de carbono a las micorrizas y las estructuras fúngicas garantizan la absorción de nutrientes y agua. Para que este mecanismo sea efectivo las plantas deben estar en condiciones subóptimas de nutrición, ya que, si en el suelo existen las cantidades necesarias de nutrientes para el crecimiento óptimo de las plantas, entonces estas no necesitaran de las micorrizas para garantizarlos y por tanto no le entregan productos de C, imprescindibles para la manutención de las micorrizas (Johnson *et al*., 1997).

Un funcionamiento micorrízico efectivo conlleva a una disminución de los índices críticos de los nutrientes en el suelo (Siqueira y Franco, 1988; González *et al*., 2018), a incrementos en la velocidad de mineralización de fuentes orgánicas y en la toma de los nutrientes contenidos en las mismas (Hodge and Storer, 2015; Cheng *et al*., 2016; Thyrkell *et al*., 2016), una disminución de los nutrientes del suelo perdidos por lavado (Cavagnaro *et al*., 2015), así como una mayor toma de los nutrientes aportados por los fertilizantes. Todo lo anterior reduce las cantidades necesarias de fertilizantes para obtener rendimientos altos y resulta en una mayor eficiencia agronómica de los fertilizantes.

La figura 1 ejemplifica a través del cultivo del boniato (*Ipomea batata* Lam) los efectos de dosis crecientes de fertilizantes NPK en presencia de la inoculación de la cepa eficiente de HMA. De la misma se derivan los siguientes aspectos.

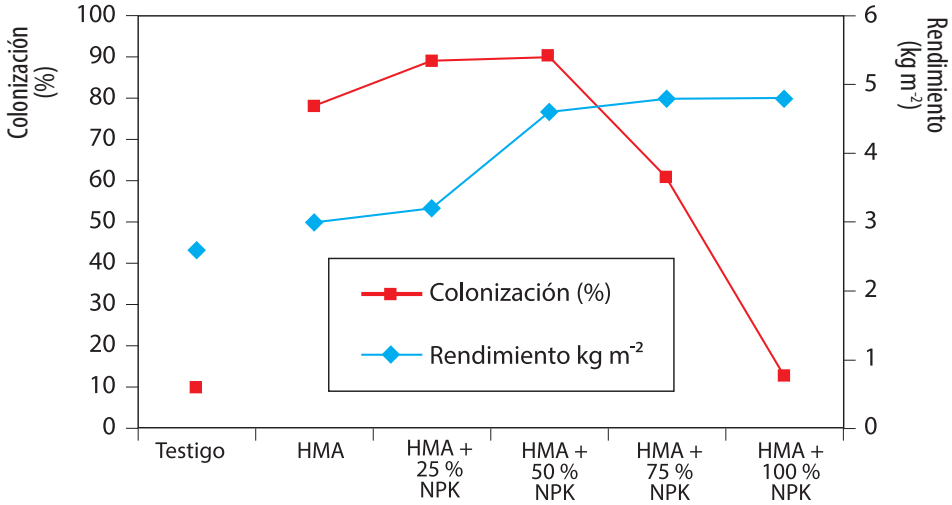

Figura 1. Efecto de la fertilización N, P y K sobre la colonización micorrízica y el rendimiento del cultivo del boniato cultivado en suelo Pardo mullido carbonatado (Ruiz, 2001). 100 % NPK, dosis recomendada por Instructivo Técnico.

1. Una respuesta positiva a la inoculación de la cepa eficiente de HMA, expresado tanto en el rendimiento como en el porcentaje de colonización micorrízica; no obstante para alcanzar los mayores porcentajes y rendimientos y por ende la mayor efectividad de la inoculación fueron necesarias aplicaciones de dosis medias de fertilizantes, dependientes de los cultivos, y siempre inferiores a la dosis de 100 % NPK.
2. La aplicación de dosis superiores a la óptima para las plantas micorrizadas disminuyeron la colonización micorrízica y por ende la simbiosis, hasta prácticamente inhibirla en presencia de la dosis de 100 % NPK; sin embargo, los rendimientos no disminuyeron indicando que las plantas garantizaron sus requerimientos nutricionales, menos eficientemente, pero no a través de las micorrizas.
3. En presencia de un suministro o disponibilidad baja de nutrientes, inferior a la dosis adecuada para un funcionamiento micorrízico satisfactorio, la simbiosis no fue totalmente efectiva expresado en menores porcentajes de colonización y rendimientos.
4. La efectividad de la inoculación de la cepa eficiente de HMA dependió de la disponibilidad o suministro de nutrientes.

Por tanto, la inoculación de una cepa eficiente puede no ser efectiva y este es un principio importante para el manejo exitoso de los inoculantes micorrízicos y para el cual es necesario aplicar la cepa eficiente, pero en presencia de un suministro adecuado de nutrientes.

En la Tabla 3 se resumen un grupo de experimentos de campos realizados todos en suelos Pardos mullidos carbonatados en que quedan claras las disminuciones de fertilizantes que se obtienen al inocular los cultivos con la cepa eficiente. En todos los experimentos los rendimientos alcanzados fueron altos y a la vez las disminuciones de fertilizantes fueron diferentes, dependiendo por tanto de los cultivos y de la disponibilidad de los diferentes nutrientes en el suelo, pero lo que si es general es que se obtienen rendimientos altos con menores dosis de fertilizantes y por ende mayor eficiencia en la toma de estos (ETF).

Los efectos de la micorrización se asociaron inicialmente con los incrementos en la absorción de los elementos que se mueven en el suelo por difusión como el P y algunos micronutrientes, lo cual es explicable por la mayor capacidad de exploración de las hifas y su menor diámetro, todo lo cual favorece la absorción de estos elementos; sin embargo paulatinamente se ha ido reconociendo su efecto directo en la absorción de los diferentes elementos esenciales minerales (Marschner y Dell, 1994; Liu *et al*., 2000 y 2002; Pellegrino *et al*., 2015), siempre que estén en cantidades subóptimas y en formas accesibles a las micorrizas arbusculares (Lambers *et al*., 2008). Por tanto, el funcionamiento micorrízico efectivo puede incrementar diferenciadamente tanto las concentraciones foliares de los

Tabla 3. Dosis óptima de fertilizante NPK y Eficiencia en la toma de fertilizantes (ETF) para diferentes cultivos inoculados y no inoculados, en suelos Pardos mullidos carbonatados. Resultados de experimentos de campo (elaborado a partir de Ruiz *et al*., 2012). Cepa eficiente HMA *R. irregulare* / INCAM–11.

CULTIVOS	TRATAMIENTO	PRIMER AÑO			SEGUNDO AÑO		
		t ha^{-1}	Col. %	ETF kg kg^{-1}	t ha^{-1}	Col. %	ETF kg kg^{-1}
YUCA	Testigo	35,5 b	18 b		37,1 b	20 c	
	HMA+ 25 % NPK	48,8 a	60 a	129,8	52, 5 a	70 a	145,4
	100 % NPK	50,3 a	23 b	36,1	52,0 a	28 b	36,4
	Es $\bar{x}$	1,26**	1,74**		1,05**	1,10**	
BONIATO	Testigo	18,8 b	17 c		27, 2 b	12 c	
	HMA+ 50 % NPK	36,1 a	70 a	129,1	40,1 a	80 a	96,3
	100 % NPK	38,3 a	35 b	72,8	41,4 a	26 b	53,0
	Es $\bar{x}$	0,91**	1,34**		1,32	0,97 **	
MALANGA Colocasia	Testigo	25,5 b	7 c		29,0 b	16 b	
	HMA+ 50 % NPK	36,7 a	63 a	36,7	40,9 a	76 a	39,0
	100 % NPK	38,3 a	21 b	21,0	41,4 a	16 b	20,3
	Es $\bar{x}$	1,00**	2,31**		1,08**	0,90**	
MALANGA Xanthosoma	Testigo	17,9 b	7 c		23,2 b	14 b	
	HMA+ 50 % NPK	40,1 a	61 a	144,2	42,7 a	75 a	126,6
	100 % NPK	40,3 a	22 b	72,7	43,2 a	17 b	64,9
	Es $\bar{x}$	0,71	1,51**		1,19**	1,71**	

Tabla 3. Dosis óptima de fertilizante NPK y Eficiencia en la toma de fertilizantes (ETF) para diferentes cultivos inoculados y no inoculados, en suelos Pardos mullidos carbonatados. Resultados de experimentos de campo (elaborado a partir de Ruiz *et al*., 2012). Cepa eficiente HMA *R. irregulare* / INCAM–11.

CULTIVOS	TRATAMIENTO	PRIMER AÑO			SEGUNDO AÑO		
		t ha^{-1}	Col. %	ETF kg kg^{-1}	t ha^{-1}	Col. %	ETF kg kg^{-1}
ÑAME	Testigo	17,8 b	12 c		25,1 b	20 c	
	HMA+ 50 % NPK	26,9 a	68 a	50,6	33,0 a	79 a	43,9
	100 % NPK	27,9 a	25 b	28,1	32,8 a	26 b	21,4
	Es $\bar{x}$	0,83	1.7**		1,04	0,83**	
PEPINO	Testigo	5,9 b	9,0 c		7,0 b	12,0 c	
	HMA+ 50 % NPK	13,1 a	68,0 a	61,5	15,4 a	72,0 a	72,1
	100 % NPK	13,35 a	33,0 b	31,8	15,6 a	35,0 b	36,6
	Es $\bar{x}$	1,0**	0,31**		0,61**	0,46**	
AJO	Testigo	7,89 b	5,0 c		8,35 b	7,0 c	
	HMA+ 50 % NPK	14,87 a	73,0 a	50,8	17,01 a	78,0 a	63,0
	100 % NPK	15,22 a	25,0 b	26,7	17,50 a	28,0 b	33,3
	Es $\bar{x}$	0,87 **	0,80 **		0,79 **	1,80 **	
PAPA	Testigo	18,0 b	10 c		20,5 b	20 b	
	HMA+ 75 % NPK	29,2 a	65 a	31,8	36,8 a	78 a	46,2
	100 % NPK	30,1 a	28 b	25,7	37,2 a	20 b	35,5
	Es $\bar{x}$	0,97**	1,41**		1,46**	1,05**	

Tabla 3. Dosis óptima de fertilizante NPK y Eficiencia en la toma de fertilizantes (ETF) para diferentes cultivos inoculados y no inoculados, en suelos Pardos mullidos carbonatados. Resultados de experimentos de campo (elaborado a partir de Ruiz *et al*., 2012). Cepa eficiente HMA *R. irregulare* / INCAM–11.

CULTIVOS	TRATAMIENTO	PRIMER AÑO			SEGUNDO AÑO		
		t ha^{-1}	Col. %	ETF kg kg^{-1}	t ha^{-1}	Col. %	ETF kg kg^{-1}
TOMATE	Testigo	18,6 b	12,0 c		20,1 b	14,0 c	
	HMA+ 75 % NPK	40,9 a	72,0 a	116,6	41,9 a	73,0 a	114,0
	100 % NPK	41,1 a	36,0 b	88,2	42,0 a	33,0 b	85,9
	Es $\bar{x}$	0,8**	2,13**		0,76**	1,76**	
PIMIENTO	Testigo	15,9 b	8,0 c		17,2 b	10,0 c	
	HMA+ 75 % NPK	37,3 a	70,0 a	101,9	41,6 a	71,0 a	116,2
	100 % NPK	37,4 a	30,0 b	76,8	41,9 a	36,0 b	88,2
	Es $\bar{x}$	1,99**	1,05**		0,61**	0,76**	
PLÁTANO	Testigo	15,6 b	16,5 b		12,3 b	11,0 b	
	HMA+ 75 % NPK	29,6 a	76,0 a	17,6	25,6 a	73,0 a	16,7
	100 % NPK	29,7 a	15,0 b	13,3	25,0 a	10,0 b	12,0
	Es $\bar{x}$	0,72**	0,68**		0,54**	0,70**	

(1)ETF. Como los niveles de fertilizantes estudiados fueron porcentajes de las recomendaciones de N, P_2O_5 y K_2O (kg ha^{-1}) para cada cultivo, el ETF para un tratamiento se estimó como las diferencias en rendimiento de ese tratamiento con relación al tratamiento testigo (sin fertilizantes) entre la suma de los nutrientes aplicados en dicho tratamiento. Se expresó en kg kg^{-1} y permite comparar la eficiencia en la toma de los fertilizantes por el tratamiento inoculado con relación al tratamiento 100 % NPK (dosis de fertilización recomendadas por los Instructivos Técnicos de cada uno de los cultivos) .

Letras desiguales en cada columna para cada cultivo implica diferencias significativas ($P<0,05$) entre tratamientos.

diferentes nutrientes como disminuir las cantidades a aplicar de éstos y dependiente de la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo, de los cultivos y del ritmo de absorción específico para cada nutriente.

En la Tabla 4 se presentan los principales resultados obtenidos en experimentos de curva de respuesta para cada macronutriente primario, con y sin inoculación con la cepa eficiente y en presencia de fondos fijos de los otros dos macronutrientes. Estos experimentos fueron realizados con diferentes cultivos y tipos de suelos.

Tabla 4. Efecto de la inoculación de cepas eficientes de HMA en los requerimientos de fertilizantes de cada macronutriente primario (kg ha^{-1}) para la obtención de altos rendimientos en diferentes cultivos y tipos de suelos.

SUELOS	CULTIVOS	DOSIS ÓPTIMAS DE FERTILIZANTES (SIN INOCULACIÓN) kg ha^{-1}			DOSIS ÓPTIMAS DE FERTILIZANTES PARA CULTIVOS INOCULADOS kg ha^{-1}		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Pardos mullidos carbonatados	Yuca, `Señorita´, dos años (1)	140	60	200	70	30	150
	Boniato 2 cultivares, dos épocas y dos años (2,3,4)	90	75	150	60	50	75
	Banano `FHIA18´, tres ciclos (5)	300	50	720	200	25	480
	Banano `FHIA21´, dos ciclos (6)	300	50	720	200	25	480
Vertisoles Pélicos	*Urochloa,* dos especies y dos años (7)	300	0	100	200	0	50
Ferralíticos Rojos Lixiviados	*Urochloa,* dos especies y cuatro años (7,8,9)	300	30	100	200	0	50
	Maíz (solo experimento de N) (6)	120			80		
	Triticosecale Wittmack (solo experimento de N) (10)	150			100		

Tabla 4 (continuación)

SUELOS	CULTIVOS	DOSIS ÓPTIMAS DE FERTILIZANTES (SIN INOCULACIÓN) kg ha^{-1}			DOSIS ÓPTIMAS DE FERTILIZANTES PARA CULTIVOS INOCULADOS kg ha^{-1}		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Gleysol Nodular Ferruginoso	Maíz (solo experimento de N) (6)	150			100		
	U. hibrido `Mulato´ (solo experimento de N-estiércol vacuno) (9)	150 kg ha^{-1} de N y 30 t ha^{-1} de estiércol			105 kg ha^{-1} de N y 15 t ha^{-1} de estiércol		
	M. maximus `Likoni´ (solo experimento de N-estiércol vacuno) (11)	150 kg ha^{-1} de N y 25 t ha^{-1} de estiércol			105 kg ha^{-1} de N y 12,5 t ha^{-1} de estiércol		

HMA: la cepa eficiente se aplicó en base a resultados mostrados en Tabla 2. La inoculación vía recubrimiento de semillas, en granos y forrajeras (Fernández *et al*., 2005) y en raíces tropicales (Ruiz *et al*., 2012); en banano inoculacion en el hoyo en el trasplante (Simó *et al*., 2015). La reinoculacion en forrajeras según González *et al*.,(2015). Resultados publicados en (1) Ruiz *et al*., 2016 a; (2) Espinosa *et al*., 2015; (3) Espinosa *et al*., 2016 ; (4) Espinosa *et al*., 2017; (5) Ruiz *et al*., 2016 b; (6) Rivera *et al*., 2017 b; (7) González, 2014; (8) González *et al*., 2015 a; (9) González *et al*., 2015 b; (10) Plana *et al*., 2016; (11) Ramírez *et al*., 2017.

En estos experimentos se estableció la dosis óptima para cada macronutriente, en ausencia de la inoculación, confirmando que en todos los casos existió respuesta a la fertilización; además en presencia de la inoculación se garantizaron altos y similares rendimientos a los anteriores, pero disminuyeron diferenciadamente los requerimientos de fertilizante de cada macronutriente, es decir las plantas inoculadas tomaron más eficientemente cada uno de estos nutrientes integrando los requerimientos nutricionales de los cultivos, los mecanismos de absorción de cada planta y la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Estos efectos no solo se encontraron con fertilizantes minerales, sino también con las cantidades de abono orgánico que fueron aplicadas.

Los beneficios de la inoculación micorrízica asociados con la obtención de altos rendimientos y acompañados con disminución de las cantidades de fertilizantes, se logran no solo a partir de un mayor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados, bien sean minerales u orgánicos, de los abonos verdes, de los residuos vegetales y de incrementar la fijación biológica del nitrógeno en las leguminosas, sino de una mayor toma de los nutrientes del suelo. Es de destacar que no solo nos estamos refiriendo a las formas intercambiables, ya que en los últimos años ha quedado demostrada la im-

portancia de las formas difícilmente disponibles del potasio en la nutrición potásica de algunos cultivos como especies de *Urochloa* y en otros agrosistemas tropicales (Rosolem y Steiner, 2017; Volf *et al*., 2018) y las especies de *Urochloa* inoculadas con EcoMic® continúan accediendo a estas formas difícilmente disponibles como fuentes para garantizar la nutrición potásica (González, 2014).

Por lo que la implementación de las tecnologías de los cultivos en que este presente la inoculación micorrízica requiere para su sostenibilidad, del monitoreo mediante análisis de suelo y foliar, así como del balance de aportes y exportaciones. Realmente esta es una necesidad asociada al manejo de la fertilidad del suelo en los agrosistemas y se mantiene en presencia de la inoculación micorrízica y de su manejo conjunto con otros bioproductos y fuentes de nutrientes.

Las figuras 2 y 3 son un ejemplo de integración del análisis foliar y de suelo como criterio para evaluar la suficiencia de un sistema de fertilización en plantaciones de banano inoculadas con cepas eficientes de HMA. En este experimento se estudian niveles de fertilización orgánico–mineral (FOM) a base de compost y ceniza de caña de azúcar, en presencia de un abono verde precedente e intercalado de *Canavalia ensiformis* inoculada con EcoMic® durante tres ciclos productivos; asimismo se incluyeron tratamientos sin inoculación y con 100 % fertilización NPK, con 100 % FOM y un testigo sin fertilizantes (Simó, 2016).

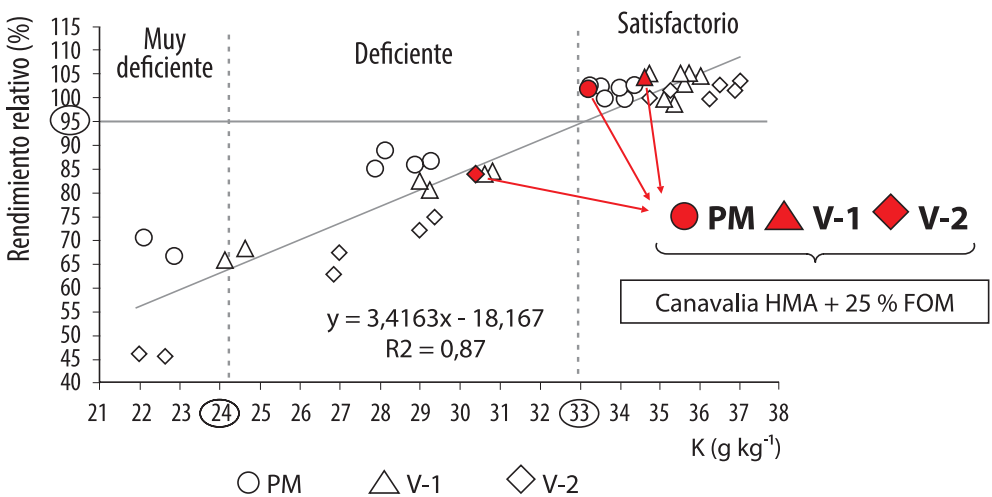

Figura 2. Relación entre la concentración de K (g kg^{-1}), evaluado en la lámina media de la 3ra hoja en floración, y el rendimiento relativo (%) en los ciclos de planta madre (PM), vástago-1 (V-1) y vástago-2 (V-2) del cultivar de banano 'FHIA-18'. Estado nutricional asociado (García *et al*., 1979). Suelo Pardo mullido carbonatado. Figura tomada de Simó (2016).

El tratamiento con canavalia inoculada que recibió 25 % Compost + ceniza garantizó los mayores rendimientos durante los primeros dos ciclos productivos, pero el rendimiento disminuyó significativamente en el vástago 2 lo cual fue vinculado con una caída en el potasio foliar del banano, por debajo de los criterios de suficiencia (33 g kg^{-1}) y en consonancia con la importancia de este elemento para el banano (García *et al*., 1979).

De forma similar los análisis de potasio intercambiable en el suelo, realizados al finalizar cada cosecha se relacionaron con los rendimientos relativos obtenidos por cada tratamiento y cuando los contenidos fueron menores de 0,7 $cmol_c$ kg^{-1} fueron indicativos de que esos tratamientos no garantizaron el potasio suficiente y la fertilización debe ser incrementada en este elemento, lo cual corrobora que la referida caída del rendimiento se debió al insuficiente aporte de potasio.

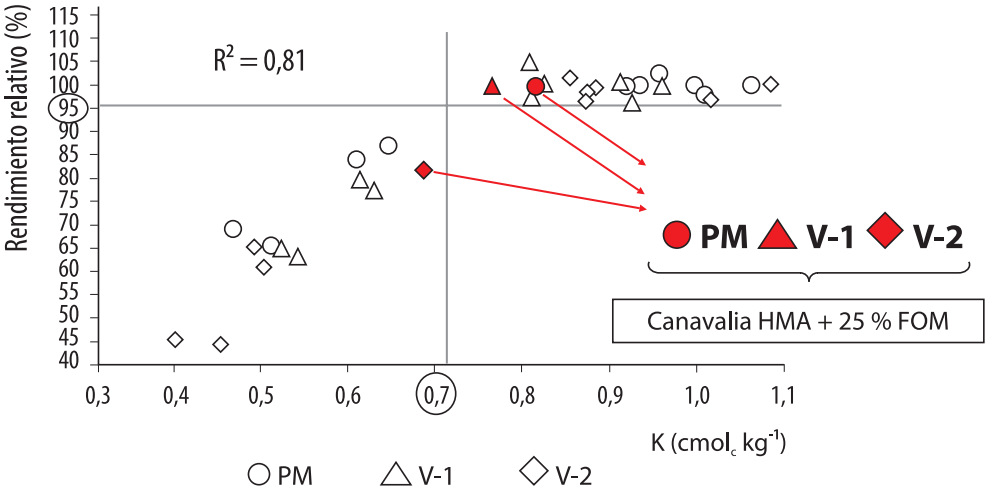

Figura 3. Relación entre el rendimiento relativo y el K^+ intercambiable en el suelo, evaluado al finalizar cada cosecha en los ciclos de planta madre (PM), vástago-1 (V–1) y vástago–2 (V–2) del cultivar de banano 'FHIA-18'. Método de las particiones sucesivas de Waugh *et al*.; (1973). Suelo Pardo mullido carbonatado. Figura tomada de Simó (2016).

1.6 MANEJO CONJUNTO CON ABONOS VERDES, RIZOBIOS Y FERTILIZANTES

En el tópico de vías de aplicación se trató el manejo conjunto de los abonos verdes con los inoculantes micorrízicos potenciando los beneficios de ambas prácticas y siendo a la vez una vía para micorrizar eficientemente los cultivos principales.

La inoculación de las especies de abonos verdes con HMA incrementa la biomasa y los contenidos de nutrientes no solo asociado a la mayor absorción de nutrientes, sino a un incremento de la fijación biológica del nitrógeno en el abono verde (Larimer *et al*., 2014; Bulgarelli *et al*., 2017), todo lo cual incrementa la cantidad de nutrientes puestos a disposición del cultivo

principal, aunque una parte importante sea debido al reciclaje de nutrientes. Asimismo las micorrizas arbusculares logran incrementar por varios mecanismos la toma de estos nutrientes (Hodge y Storer, 2015; Chen *et al*., 2016, Bunn *et al*., 2019) todo lo cual conduce a garantizar nutrientes para el cultivo principal y disminución de las cantidades de fertilizantes minerales.

En la Tabla 5 se sintetizan los resultados alcanzados al utilizar la *Canavalia ensiformis* inoculada tanto como precedente y/o intercalada con diferentes cultivos principales. En la misma se presenta además una comparación de los beneficios obtenidos con el manejo conjunto en comparación a cuando se utiliza solo la aplicación de los inoculantes micorrízicos. La inoculación de cepas eficientes de HMA garantiza rendimientos altos con menores dosis de fertilizantes y mayor eficiencia en la toma de fertilizantes (ETF) cuando se compara con los tratamientos que reciben el 100 % de fertilización y a su vez los beneficios se continúan incrementándo cuando se ejecuta la aplicación a través de la canavalia inoculada.

Además, hay beneficios adicionales que no se reflejan en esta tabla. El primero que no es necesario inocular el cultivo principal, lo cual es de alto valor en aquellos cultivos que se plantan vía propágulos vegetativos, por ejemplo, en los cultivares de *P. purpureum* se plantan 3 t ha^{-1} de estacas y las altas cantidades de inoculante necesarias para una aplicación directa (180 kg ha^{-1}), impiden su utilización a escala productiva y por tanto de lograr los beneficios de una micorrización eficiente, mientras que a través de la canavalia se utilizan solo 10 kg ha^{-1}. El segundo relacionado con la cobertura, protección del suelo y control de vegetación indeseable que se obtiene al utilizar la canavalia inoculada.

En estos momentos se ha avanzado en desarrollar un inoculante a base de rizobios para canavalia (Azofert-can®). Se ha encontrado que las cepas más adecuadas de rizobios varían con el tipo de suelo y se dispone de información para varios de los principales suelos agrícolas de Cuba. Asimismo, la información experimental ha establecido que la canavalia presenta mayor crecimiento, producción de biomasa, contenidos de nutrientes y número de nódulos en presencia de la coinoculación de las cepas eficientes de HMA y de rizobios (Tamayo *et al*., 2015).

1.7 MANEJO CONJUNTO CON OTROS BIOPRODUCTOS

El biofertilizante EcoMic® es compatible con otros biofertilizantes y bioproductos y el manejo conjunto se recomienda siempre que el otro biofertilizante y/o bioproducto tenga un efecto positivo sobre el cultivo en cuestión. Asimismo, el manejo conjunto no cambia la recomendación de cepa eficiente de HMA por pH–H_2O del suelo o sustrato donde se desarrolla el cultivo.

Se han estudiado y validado las combinaciones simples, sobre todo de EcoMic® y estimuladores basado en el amplio espectro de cultivos en que

Tabla 5. Beneficios del manejo conjunto de cepas HMA y *C. ensiformis* (Canavalia – HMA) como abono verde en diferentes cultivos (Rivera *et al*., 2017 a).

CULTIVO ECONÓMICO	SUELO	*C. ensiformis*	INCREMENTOS RENDIMIENTO POR CANAVALIA-HMA (t ha^{-1} y %) AL COMPARAR CON 100 % NPK	INOCULACIÓN HMA vs. 100 % NPK		CANAVALIA – HMA vs. 100 % NPK	
				Disminución de fertilizantes	Incremento Eficiencia en toma de fertilizante (ETF)	Disminución de fertilizantes	Incremento Eficiencia en toma de fertilizante (ETF)
Tabaco (1)	FAL	Precedente	* 439 kg ha^{-1} / 40 %	25 %	33 %	25 %	89 %
Banano (2,3)	PMC	Precedente e intercalada	Rendimiento similar	25 %	36 %	66 % fertilización orgánico mineral	200 %
Yuca (4)	FRL	Precedente e intercalada	Rendimiento similar	50 %	64 %	75 %	244 %
Yuca (5)	PMC	Intercalada	Rendimiento similar	50 % NP 25 % K	55 %	75 %	269 %
Morera (6)	FRL	Intercalada	Rendimiento similar		No se evaluó	50 %	120 % en periodo lluvioso

CULTIVO ECONÓMICO	SUELO	*C. ensiformis*	INCREMENTOS RENDIMIENTO POR CANAVALIA-HMA (t ha^{-1} y %) AL COMPARAR CON 100 % NPK	INOCULACIÓN HMA vs. 100 % NPK		CANAVALIA – HMA vs. 100 % NPK	
				Disminución de fertilizantes	Incremento Eficiencia en toma de fertilizante (ETF)	Disminución de fertilizantes	Incremento Eficiencia en toma de fertilizante (ETF)
P. purpureum (7)	GNF	Precedente	1,44 t ha^{-1} por corte / 12,8 % en seis cortes	37 % en seis cortes	52 %	37 % en seis cortes	100 %
P. purpureum (7)	FRL	Precedente	Rendimiento similar	39 % en 4 cortes	67 %	39 % en 4 cortes	67 %

LEYENDA

FAL: Ferralitico Amarillento Lixiviado; PMC: Pardos mullidos carbonatados; FRL: Ferralítico Rojo Lixiviado; GNF: Gleysol Nodular Ferruginoso, Clasificación de Suelos (Hernández *et al*., 2015). * En el caso del tabaco se refiere a rendimiento de clases superiores. HMA: cepa aplicada en función del pH-H_2O en el suelo. 100 % NPK: dosis recomendadas en los Instructivos Técnicos de cada cultivo.

ETF: como los niveles de fertilizantes estudiados fueron porcentajes de las recomendaciones de N, P_2O_5 y K_2O (kg ha^{-1}) para cada cultivo, el ETF para un tratamiento se estimó como las diferencias en rendimiento de ese tratamiento con relación al tratamiento testigo (sin fertilizantes) entre la suma de los nutrientes aplicados en dicho tratamiento. Se expresó en kg kg^{-1}. La disminución de fertilizantes y el Incremento de ETF siempre con relación al tratamiento de 100 % NPK.

Los beneficios en el uso de la canavalia inoculada con HMA como precedente a cultivares de *P. purpureum* cultivados en suelos Ferralíticos Rojos fueron vinculados al ahorro de inoculante ya que la inoculación directa fue al 6 % (180 kg ha^{-1} de EcoMic®) y la aplicación vía canavalia fue de 10 kg ha^{-1}.

Fuentes utilizadas para elaborar la tabla: (1) García *et al*., 2020; (2) Simó *et al*., 2015; (3) Simó J., 2016; (4) Joao *et al*., 2017; (5) Joao, 2017; (6) Pentón *et al*., 2016 a; (7) González *et al*., 2016 a.

se utilizan estos productos, así como combinaciones tripartitas o superiores. Por ejemplo EcoMic® + Azofert-f® + Quitomax® + Biobras–16® en frijol; EcoMic® + Azofert-f® + Biobras–16® en soya; EcoMic® + Quitomax® + Biobras–16® en maíz; EcoMic® + Dimargon® + Biobras–16® en maíz, entre otras. El objetivo de estas combinaciones es potenciar mecanismos complementarios que mejoren la nutrición, vigoricen las plantas, incrementen procesos de fructificación, incrementen la fijación biológica del nitrógeno e induzcan mecanismos de resistencia entre otros.

Una breve caracterización de diferentes biofertilizantes y bioproductos evaluados con el EcoMic® se presenta a continuación.

El biofertilizante Azofert® es un inoculante simple a base de cepas de rizobios y con inductores de los factores de nodulación (Nápoles *et al*., 2002) potenciando la fijación biológica del nitrógeno. Hasta el momento existen tres productos registrados Azofert-s® para soya, Azofert-f® para frijol y Azofert-can® para canavalia. Se presenta en todos los casos en formulación liquida, estable a temperatura ambiente durante 8 meses en un lugar fresco y sombreado y hasta 10 meses en refrigeración (4 – 8 °C). Se aplica recubriendo la semilla en el momento de la siembra.

El estimulante Quitomax® es un producto en formulación líquida a base de quitosanas, con efectos tanto de activador de la fisiología y el crecimiento de las plantas, como protege a los cultivos de la incidencia de algunas plagas (Falcón *et al*., 2011). El producto mantiene su efectividad durante 6 meses conservado a temperatura ambiente, en un lugar fresco y sombreado, y hasta 9 meses en refrigeración (10–15 °C). Se aplica en siembra recubriendo las semillas y además con dos aplicaciones foliares, la última siempre previa a la floración. Las dosis utilizadas son del orden de 200 a 300 mg ha^{-1}.

El estimulante Biobras-16® (Coll *et al*., 1995) es una formulación líquida a base de análogos de brasinoesteroides, de reconocida efectividad en un grupo amplio de cultivos y validado no solo en Cuba, sino en diferentes países. Se aplica foliarmente en bajas dosis (10 a 50 mg ha^{-1}), generalmente en dos momentos, en la etapa de crecimiento y a inicios de la floración.

El biofertilizante Dimargon® (Dibut, *et al*., 2003), es un biopreparado de la cepa INIFAT-12 de *Azotobacter chroococcum* de reconocida efectividad en un grupo amplio de cultivos, funciona como fijador de nitrógeno asociativo y estimulador. Se presenta tanto en formulación sólida como líquida. En forma líquida se aplica por imbibición de la semilla, por remojo de las raíces y por el método de aspersión a la semilla, a las raicillas o directamente al suelo. En forma líquida 1 L del producto por la norma de semilla recomendada para una hectárea. La aplicación directamente al suelo en horas tempranas es muy efectiva a razón de 20 L ha^{-1} de producto puro, diluido 1:10 partes de agua.

El estimulante Pectimorf® (Cabrera *et al*., 2003) es un estimulante a base de oligogalacturónidos de bajo peso molecular con efectos benéficos sobre el crecimiento y morfogénsis que lo hacen sustitutos de hormonas vegetales tanto en la micropropagación como en otras etapas de los cultivos. Se recomienda asimismo como enraizador y como estimulante. Se aplica vía recubrimiento de las semillas, inmersión de los esquejes o en aplicaciones foliares.

El estimulante Fitomas–E® (Montano *et al*., 2007) es un estimulante de espectro amplio de cultivos y reconocida efectividad, conteniendo diversos tipos de compuestos como aminoácidos totales y dentro de estos alifáticos, aromáticos y heterocíclicos, así como polisacáridos biológicamente activos, lípidos y bases nitrogenadas. Su aplicación estimula y vigoriza las plantas y sus diferentes procesos desde la germinación hasta la fructificación. Se aplica en dosis de 2 L ha^{-1} y en dos momentos a los 10 y 30 días después de germinado. El producto mantiene su efectividad durante un año después de su fabricación, conservardo a temperatura ambiente en un lugar fresco y sombreado.

El biofertilizante NITROFIX® es un inoculante microbiano a base de bacterias de la especie *Azospirillum* sp. Funciona como fijador de nitrógeno asociativo y estimulador. Se presenta en formulación liquida, estable en condición refrigerada o hasta dos meses a temperatura ambiente. Para caña de azúcar en dosis de 100 L ha^{-1} y para otros cultivos en dosis de 40 L ha^{-1}. Se asperja directamente al suelo con el cultivo ya establecido en aplicaciones de alto volumen. La aplicación debe realizarse a horas tempranas o en la tarde–noche. No aplicar de conjunto con fertilizantes.

1.8 MICORRIZAS ES MÁS QUE NUTRICIÓN

El funcionamiento micorrízico efectivo le confiere a las plantas y al suelo otros beneficios como:

- Las plantas toleran mejor el déficit hídrico, tomando agua a potenciales más negativos que las raíces no micorrizadas (Ruiz–Lozano *et al*., 2012).
- Precondiciona mecanismos defensivos de las plantas frente a algunos patógenos tanto radicales como foliares (Pozo *et al*., 2006).
- Mejora agregados del suelo (Lehman *et al*., 2017)
- Las plantas toleran mejor condiciones de salinidad (Porcel *et al*., 2012), así como contaminaciones por metales pesados y se pueden utilizar dentro de los esquemas de fitoremediación (Cabral *et al*., 2015)
- Participa activamente en el ciclo del C y del N (van der Heidjen *et al*., 2015; Soudzilovskaia *et al*., 2015)
- Incrementa la resiliencia del sistema (van der Heidjen *et al*., 2015).

El incremento en la absorción y la mejora en la economía del agua de las plantas por la micorrización es un efecto bien fundamentado y asociado no solo con la mayor capacidad de exploración y absorción de las raíces mi-

corrizadas, sino por cambios en la fisiología de las plantas relacionadas con la apertura de estomas (Ruiz Lozano *et al*., 2003; Ruiz Lozano *et al*., 2012) y la inducción o disminución de aquaporinas en las plantas promovida por las micorrizas (Ruiz–Sánchez *et al*., 2011; Barzana, 2014).

La Foto 8 muestra el efecto de la aplicación de EcoMic® (*G. cubense* / INCAM–4) en plantas de tomate sometida a estrés hídrico y cultivadas en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (dell Amico *et al*., 2002). Se puede observar como las plantas inoculadas no presentan síntomas de falta de agua e incluso tienen mejor desarrollo que las plantas testigo (sin estrés) posiblemente asociado tanto por las mejoras en la nutrición que origina el funcionamiento micorrízico efectivo, aun en presencia de una menor cantidad de agua en el suelo, como por el hecho de que las micorrizas inducen activación de mecanismos defensivos como las peroxidasas que previenen la acción de los radicales libres y por tanto evitan el efecto de estos sobre las membranas manteniendo un nivel de homeostasis celular (Sánchez–Romera *et al*., 2018). Además, inducen el cierre de los canales de agua para evitar las pérdidas del líquido en la planta (Bárzana, 2014).

Foto 8. Respuesta a la inoculación con EcoMic® (*G. cubense* / INCAM–4) de plantas de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill) sometidas a estrés hídrico. A) Plantas con estrés; B) Plantas inoculadas con EcoMic® y sometidas a estrés ; C) tratamiento Testigo (sin estrés) / Fotos cortesia del Dr. C. Jose dell Amico Rodríguez.

Este beneficio permitirá que las plantas inoculadas toleren mejor el déficit hídrico tan común en la agricultura de secano o cuando el riego no sea el suficiente, aunque esto no significa que no exista afectación al rendimiento, el cual podrá ser mayor en función de la magnitud del déficit. Un ejemplo de la tolerancia al déficit hídrico se puede observar en áreas de maíz de secano o temporal en la Republica de El Salvador inoculadas o no con el biofertilizante Bioamigo® (nombre comercial del biofertilizante EcoMic® en El Salvador). Las plantas inoculadas toleraron mucho mejor el déficit hídrico que las no inoculadas.

La inoculación con las cepas eficientes de HMA también origina una disminución del daño causado por algunas plagas bien sean de raíz como foliares. Este efecto de bioprotección, también denominado "precondicionamiento de la resistencia sistémica inducida" ha sido fundamentado desde

Foto 9. Efecto de la inoculación con el biofertilizante Bioamigo® en plantas de maíz de temporal en presencia de una fuerte sequía en El Salvador. Note el mayor crecimiento y color verde de las plantas inoculadas. Foto cortesía de MSc. Lety Méndez.

fines del pasado siglo (Pozo *et al*., 2006) y se basa en que el funcionamiento micorrízico potencia algunas de las vías que las plantas utilizan como respuesta defensiva y si bien no llega a eliminar completamente los daños, puede ser un elemento valioso dentro del manejo integral de algunas plagas y enfermedades y es también un valor agregado al uso de estos biofertilizantes.

En el país se han desarrollado algunos trabajos que dejan claro el efecto positivo de la aplicación del EcoMic®, cuando este es formulado con la cepa eficiente por condición edáfica, en la disminución del daño causado por algunos patógenos en el cultivo del tomate. (Pérez, 2009; Pérez *et al*., 2015). A manera de ejemplo la aplicación de *G. cubense* / INCAM–4 disminuyó significativamente el daño a las hojas del tomate infectado con *Phytophtora infestans*, *Alternaria solani* y *Oidiopsis taurica*, sin embargo no presentó ningún efecto positivo al enfrentarse a la infestación con *Phytophtora parasítica*. Lo anterior es consecuencia de los mecanismos específicos que se inducen al establecerse la micorrización y que serán o no efectivos en actuar contrarrestando el ataque de determinado patógeno.

Además, en experimentos de frijol inoculado con diferentes cepas de HMA y que fueron retadas con *Fusarium oxysporum* f. sp. *Phaseoli*, se observó disminución de las afectaciones de los patógenos de hasta un 80 por ciento dependiendo de la cepa empleada y del pH del suelo. Es decir, el efecto de bioproteccion que presentaron las cepas vario con el pH del suelo en que se desarrolló el cultivo, coincidente con el cambio en eficiencia que presentan estas cepas con el pH (Tabla 2). Por tanto, al menos con las cepas de HMA con que se formula el EcoMic® y con el *Rhizoglomus clarum* (cepa aislada en Brasil) y que también se utilizó en este estudio, la efecti-

vidad del efecto de bioprotección se asocia al funcionamiento micorrízico efectivo y no a una cepa de "*per se*" (Rivera *et al*., 2017 b).

La disminución del daño ocasionado por nemátodos ha sido también un efecto beneficioso de las micorrizas ampliamente reconocido internacionalmente (Jaizme Vega y Pinochet, 1997; Gañan *et al*., 2011; Vos *et al*., 2013) y si bien en Cuba no se han realizado muchos trabajos al respecto con EcoMic®, Marín *et al*., (2010) y Puertas *et al*., (2006) reportaron un efecto beneficioso de disminución de poblaciones de nemátodos, disminución de daños e incrementos en crecimiento al combinar las aplicaciones de EcoMic® con los nematicidas Hebernen® (a base de *Tsukamurella paurometabola* C 924) o con Klamic® (a base de *Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata*) respectivamente.

Otra temática relacionada es la interacción de bioplaguicidas a base de *Trichoderma* sp y la efectividad de los inoculantes micorrízicos. Si bien los efectos y mecanismos que se han reportado en experimentos *in vitro* han sido contradictorios y en varios de estos se reportaron efectos negativos (De Jaeger *et al*., 2011); sin embargo en varios experimentos de campo se ha reportado una interacción beneficiosa (Dehariya *et. al*., 2014; Buysens, *et al*., 2016). Este también ha sido el resultado encontrado al inocular EcoMic® y Tricoderma tanto a diferentes raíces y tubérculos (Ruiz *et al*., 2015), al frijol (Rivera *et al*., 2017b), como al tomate (informe de proyecto conjunto CENSA–INCA, 2017), logrando una disminución de las afectaciones por los patógenos, mayor desarrollo y rendimiento de estos cultivos, siendo los efectos encontrados con la coinoculación superiores a los encontrados por las aplicaciones simples de ambos microorganismos.

La amplitud del uso de los inoculantes micorrízicos e incluso del papel que puede desempeñar la simbiosis micorrízica en los sistemas de producción agrícolas también dependerá de su interacción con los fungicidas químicos y aunque existen resultados contradictorios en la literatura, de forma general se acepta que los fungicidas sistémicos deben afectar más la micorrización que los de contacto. No obstante, algunos autores (Fernández *et al*., 2011) han encontrado que las afectaciones fueron dependientes de los momentos en que se aplicaron el inoculante y los fungicidas. Las aplicaciones de fungicidas cuando ya se encontraba establecida la micorrización no afectaron los porcentajes de colonización micorrízica ni los efectos positivos asociados a la micorrización eficiente.

Los trabajos de validación del EcoMic® en Bolivia que se ejecutaron en varios cultivos como, soya, papa, maíz, trigo, sorgo, girasol e inoculando las semillas en presencia de diferentes fungicidas utilizados por los agricultores (MAXIM XL®, CARBIRAN® y VITAVAX®), si bien no permitieron demostrar que no existió algún tipo de efecto negativo sobre el funcio-

namiento micorrízico; sin embargo esos efectos si existieron no impidieron que se encontraran incrementos significativos en los rendimientos al aplicar el EcoMic® (Hernández–Zardón, 2005).

Por otra parte, en experimentos realizados al cultivar *in vitro* la cepa INCAM–11 en interacción con fungicidas, se observó que dependiendo del pH del medio se apreciaba un aumento de la germinación de las hifas cuando esta especie se encontraba en el pH en la cual presenta su mayor eficiencia (Tabla 2) con independencia de la presencia o no de los fungicidas (datos no publicados).

No obstante, esta es una de las temáticas que más investigación y monitoreo requiere debido a la interacción negativa de algunos de los productos activos, así como a la renovación sistemática de los fungicidas químicos en el mercado.

2.1. FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

El frijol es un alimento fundamental en la dieta alimenticia del cubano y en el año 2018 se sembraron 147 500 ha con un rendimiento promedio de 1,09 t ha^{-1} (ONEI, 2019). Las especies vegetales pertenecientes a la familia *Leguminoserae* establecen una simbiosis mutuamente beneficiosa con bacterias del género rizobios, las cuales fijan nitrógeno del aire, a lo que se le denomina fijación biológica del nitrógeno (FBN). Asimismo presentan alta dependencia micorrízica y respuesta a la inoculación del EcoMic®, asociados en muchos casos a que estas plantas presentan raíces cortas y gruesas, por lo cual la micorrización incrementa sustancialmente su capacidad de absorción. El establecimiento de la simbiosis tripartita planta–rizobio–HMA es muy beneficiosa para las leguminosas ya que ambos mecanismos son complementarios y se potencian entre ellos, a manera de ejemplo la FBN se ve favorecida por la micorrización ya que esta última incrementa la absorción de algunos elementos que son imprescindibles para lograr una adecuada FBN e incluso incrementa el número de nódulos y a la vez cuando la planta posee un mejor suministro de nitrógeno aprovecha mejor los otros elementos favorecidos por la micorrización y alcanza un mayor funcionamiento micorrízico.

El frijol no es una excepción y responde satisfactoriamente al manejo conjunto de EcoMic® y Azofert– f® u otro biofertilizante a base de rizobios. En este cultivo se han desarrollado diversos trabajos encaminados a: selección de cepas de HMA para diferentes cultivares en varias condiciones edáficas; efecto del manejo conjunto con rizobios y estimulantes en el rendimiento y en las cantidades de fertilizantes requeridas (Rivera *et al*., 2017 b); utilización del frijol inoculado con HMA como vía para micorrizar cultivos en sucesión (Espinosa *et al*., 2018). Asimismo se ha ejecutado una amplia campaña de validación a escala productiva en siete provincias del país (Rivera *et al*., 2015 b) y más recientemente en el marco del proyecto AECID. En Bolivia también existe información de aplicaciones a escala productiva.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH-H_2O del suelo (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación: `CC 25–9´ (negro), `CC 25´ (rojo), `BAT–304´, `Negro bolita 42´, `Velazco Rojo colorado´, `Bayo lengua de fuego´, `Rojo chileno´, `Tomeguín–93´, `CC–153´, `BAT–93´, `BAT–302`,´Lewa blanco´, `CC– blanco´, `Triunfo´.

Forma de aplicación: vía recubrimiento de la semilla con dosis de 8 % peso EcoMic®/peso semilla (4 kg EcoMic® por 50 kg de semilla). La aplicación puede ser manual o mecanizada (1.4.1).

Manejo recomendado: aplicación conjunta de EcoMic® y biofertilizante a base de rizobios (Azofert®– f) recubriendo las semillas. Se puede también incorporar una aplicación de Quitomax® en el momento del recubrimiento, incluyendo los volúmenes a aplicar de ambos bioproductos en el volumen de líquido necesario para hacer la mezcla para recubrimiento del EcoMic®. Las formas para recubrir fueron también explicadas en 1.4.1. De disponer de fertilizantes aplicar 200 kg ha^{-1} de 9–13–17 y 50 kg ha^{-1} de Urea en los momentos indicados en el Instructivo. Realizar dos aplicaciones foliares de Quitomax® y de Biobras–16® a los 15–20 días de la germinación y previo a la floración, las cuales pueden ser conjuntas. La aplicación con Azofert®–f y Quitomax® da muy buenos resultados. Los incrementos en rendimiento obtenidos serán del orden del 40 – 60 %, es decir de 1 t ha^{-1} (rendimiento del testigo de producción) a 1,4 – 1,6 t ha^{-1} con la aplicación combinada.

Resultados también satisfactorios con la aplicación conjunta de EcoMic®, Azofert®–f, Fitomas– E® y Quitomax® y dosis medias de fertilizantes.

Resultados de campañas de validación a escala productiva

El frijol ha sido el cultivo en que más áreas demostrativas se han ejecutado para evaluar la efectividad del biofertilizante EcoMic® y su manejo conjunto con otros bioproductos (Tabla 5), para un total de 127 áreas demostrativas en siete provincias con una superficie total evaluada de 725 ha (Rivera *et al*., 2015 b; Proyecto AECID, datos no publicados).

Tabla 5. Campañas de validación y áreas demostrativas ejecutadas por provincias.

CAMPAÑA	MAYABEQUE	SANCTI SPÍRITUS	VILLA CLARA	MATANZAS	CIEGO DE ÁVILA	PINAR DEL RIO	LA HABANA
2009–2010				1			
2010–2011	2	7	10	4	1		
2011–2012		14	3	2	3	2	
2012–2013	11	6			1		
2013–2014	15	7			1		
2014–2015	6	2	7		3		1
2017–2018	18						
TOTALES	**52**	**36**	**20**	**7**	**9**	**2**	**1**

Foto 10. Área demostrativa del productor Pedro Mondrejo, CCS "Hugo Rivero", Mayabeque. Campaña 2014–2015. Frijol con 35 días y con aplicación combinada de EcoMic®, Azofert® y Quitomax®. Rendimiento de 1,85 t ha^{-1}. Superficie 3 ha. Foto cortesía Dr. C. R. Rivera Espinosa.

Foto 11. Experimentos de manejo del EcoMic® y cepas de rizobios (Azofert–f®) en cuatro cultivares de frijol. Suelo Ferralitico Rojo lixiviado. INCA campaña 2018–2019. Frijol de 65 días de sembrado. Foto cortesía Dr. C. R. Rivera Espinosa.

La aplicación del biofertilizante EcoMic® (Tabla 6) originó incrementos en el rendimiento entre 15 y 40 % con un incremento promedio de 31 % (0,27 t ha^{-1}). La aplicación conjunta con Azofert®–f y Quitomax® alcanzó incrementos entre 45 y 100 % con un incremento promedio de 57 % (0,50 t ha^{-1}), el cual ascendió a 86 % (0,85 t ha_{-1}) cuando se aplicó además Biobras-16® y siempre en presencia de aplicaciones medias de fertilizantes minerales para garantizar estos incrementos en rendimiento.

Otros beneficios de la inoculación del frijol

El frijol inoculado con EcoMic® además de incrementar el rendimiento del frijol, permite micorrizar eficientemente cultivos en sucesión, siempre que no pasen más de 40 días entre la cosecha del frijol y la siembra o plantación del sucesor (Espinosa, *et al*; 2019). Este efecto de permanencia es muy conveniente para cultivos en sucesión como el boniato que requieren de altas cantidades de EcoMic® para su inoculación directa.

De forma similar el intercalamiento del frijol inoculado con EcoMic® y otros bioproductos en plantaciones en fomento de cítricos y frutales y en etapas netamente productivas, permite además de mejorar el rendimiento del frijol, micorrizar y mantener un funcionamiento micorrízico satisfactorio en los cultivos perennes, en los cuales el periodo poco lluvioso en plantaciones sin riego, afecta negativamente dicho funcionamiento.

Tabla 6. Respuesta del frijol a la aplicación conjunta de EcoMic® y otros biofertilizantes durante seis campañas de validación en varias provincias del país (2010-2018).

PERÍODOS	PROVINCIA	# campos control	Testigo t ha^{-1}	EcoMic® t ha^{-1}	EcoMic® + Azofert® t ha^{-1}	EcoMic® + Azofert® + Quitomax® t ha^{-1}	EcoMic®+ Azofert® + Quitomax® + Biobras-16® t ha^{-1}
2010 – 2011	VillaClara	9	0,87	1,25			
	S. Spíritus	3	0,73	0,98	1,15		
	C. de Ávila	1	1,3	1,6			
2011 – 2012	Villa Clara	4	1,02	1,23			
	Matanzas	2	1,3	1,8			
	P. del Río	2	0,73	0,99			
	S. Spíritus	9	0,87	1,14	1,49		
	C. Ávila	3	0,64	0,81	0,86		
	Villa Clara	1	0,9	1,02	1,5		
2012 – 2013	C. de Ávila	2	0,75	1,05			
	Mayabeque	9	1,10		1,52		
	S. Spíritus	4	0,93	1,15	1,28	1,47	
	S. Spíritus	6	0,99	1,27	1,46	1,57	1,85
	Mayabeque	1	0,4	0,7	0,9	1,1	1,6
2013 – 2014	S. Spíritus	10	1,11			1,34	
	Mayabeque	5	1,00			1,37	
	Mayabeque	8	0,69	0,99		1,11	
2014 – 2015	Villa Clara	7	0,88			1,23	
	Mayabeque	2	1,04			1,47	
	Habana	1	0,72			1,08	
	C. Ávila	4	0,86			1,18	
2017 – 2018	Mayabeque	18	0,87	1,29		1,63	
Indicadores		111	0,87	1,14	1,27	1,37	1,72

Fuentes: Rivera *et al*., (2015 b) y el periodo 2017–2018 corresponde al proyecto AECID (datos no publicados). Todos los tratamientos recibieron la cantidad de fertilizante para áreas potenciadas que oscilaron entre 200 a 300 kg ha^{-1} de formula completa (9-13-17) y 50 kg ha^{-1} de urea y aplicación de Fitomas–E®, dependiendo de la provincia en que se realizó el campo control.

2.2. SOYA (*Glycine max* (L.) Merr.)

La soya es una leguminosa de origen asiático con excelentes propiedades nutricionales y proteicas (38 – 42 %) y es cultivada a nivel mundial, utilizándose como ingrediente principal para la fabricación de aceites vegetales y alimentos balanceados para animales. En Cuba si bien se ha evaluado satisfactoriamente en diferentes condiciones edafoclimáticas, se siembra en una pequeña superficie y por tanto resultan significativas las importaciones ejecutadas de granos y de derivados de la misma.

La soya además de establecer simbiosis con rizobios que le permiten fijar nitrógeno del aire, también es un cultivo dependiente de las micorrizas arbusculares, estableciéndose una simbiosis tripartita soya–rizobios–HMA, la cual potencia los beneficios de ambas simbiosis para el cultivo. En el país se han ejecutado diversos trabajos encaminados a encontrar cepas eficientes de HMA, manejo de la simbiosis tripartita (Corbera *et al*., 2000) y su relación con el suministro de fertilizantes NPK, así como la inclusión en este manejo de otros bioproductos como el Biobras–16® y el Quitomax® (Corbera *et al*., 2004, 2010), en todos los casos con resultados satisfactorios. En Bolivia fue uno de los cultivos principales en las campañas de validación del EcoMic® que se ejecutaron en el periodo 1997–2005 y que incluyeron la coinoculación con inoculantes a bases de rizobios y en todos los casos con resultados muy positivos (INCA 1999; Hernández-Zaldón, 2005).

La soya se siembra en marcos de plantación entre 0,70 a 0,90 m de camellón (distancia entre surcos) y a 0,10 m de narigón (distancia entre plantas) y generalmente se utilizan entre 50 y 70 kg ha^{-1} de semilla, dependientes en lo fundamental de la variedad y época de plantación. En Cuba se puede plantar en prácticamente todo el año y las mayores restricciones de las siembras de primavera se asocian con precipitaciones en el momento de la cosecha, de ahí la importancia de utilizar variedades que no se "desgranen", así como que las vainas no toquen directamente el suelo.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo en que se vaya a cultivar la soya (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación de la cepa eficiente de HMA y a la coinoculación con rizobios: `INCASoy–24´, `INCASoy–27´, `INCASoy–36´, `Uirapurú´, `Ocepar´, `Cristalina´, `Verónica´.

Forma de aplicación

1. La soya se multiplica por semilla botánica, por lo que la inoculación con EcoMic® debe realizarse en dosis del 8–10 % del peso de la semilla cuando se recubre de forma manual o del 6 al 8 % cuando se recubre a través de maquinaria.
2. En la aplicación combinada o coinoculación se aprovecha y parte del líquido que se utiliza para humedecer las semillas o hacer la pasta se aplica como QuitoMax® (50 ml ha^{-1}) y como Azofert-s® (200 ml) y el resto como agua.

Manejo recomendado

1. La soya inoculada con rizobios garantiza prácticamente todos los requerimientos de nitrógeno del cultivo y la presencia de una micorrización eficiente además de incrementar la nodulación y potenciar la fijación biológica del nitrógeno (Bulgarelli *et al*., 2017), permite disminuir los requerimientos de fertilizante P y K al 50 % de las dosis recomendadas para obtener altos rendimientos. Las aplicaciones de Quitomax® y de Biobras–16® permiten un mayor desarrollo del cultivo y un mejor llenado de los granos (Corbera *et al*., 2004, 2010). Asimismo como en los diferentes cultivos se debe evaluar la sostenibilidad y fertilidad del sistema, realizar balance de aportes y exportaciones así como análisis foliares y de suelo.

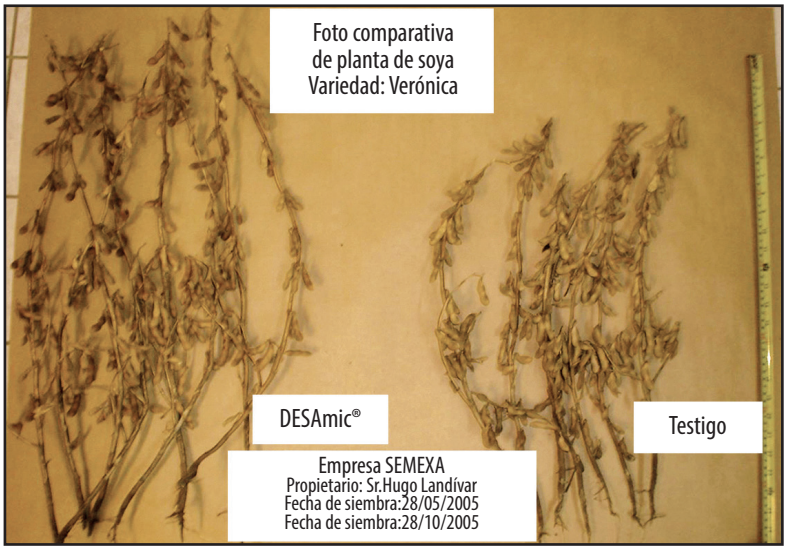

Foto 12. Respuesta del cultivar `Verónica´ a la aplicación del inoculante micorrízico DESAMIC® (nombre comercial del EcoMic® en Bolivia a partir del año 2005). Foto cortesía del MSc. Alejandro Hernández Zardón.

Resultados de campañas de validación a escala productiva

Durante el periodo 1996 al 2005 se ejecutaron en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia varias campañas de validación del biofertilizante EcoMic® a gran escala totalizando casi 1 900 ha bajo evaluación, con resultados positivos y alcanzando incrementos promedios de los rendimientos de 0,57 t ha^{-1}, que fueron del orden del 27 % (Figura 4). El cultivo de la soya en esta región es de secano, con lotes con superficies entre 50–100 ha, alto uso de maquinaria, con aplicaciones de inoculante a base de *Bradyrhizobium* y fungicidas, recibiendo además dosis bajas o medias de fertilizantes minerales. Es de señalar que las respuestas positivas a la aplicación del EcoMic® se obtuvieron incluso cuando los tratamientos testigos alcanzaron rendimientos altos, cercanos a las 3 t ha^{-1}.

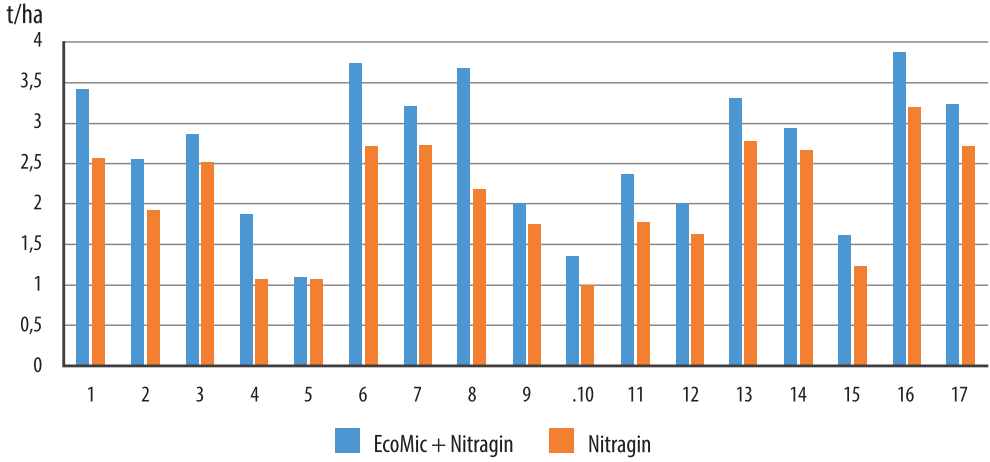

Figura 4. Respuesta de la soya a la aplicación de EcoMic® a escala productiva en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (rendimiento de granos al 14 % de humedad). Información sobre las validaciones ejecutadas: # 1 al 3, año 1996, 750 ha evaluadas en las Empresas: DESA 1, 2 y 3; # 4-8, años 1996 y 1997, 150 ha, Empresas : Sacruz, CIAGRO, San Jorge 1, San Jorge 2, Santa Fe; # 9 -13, año 1997, 150 ha, Empresas: Porvenir 1, 2, 3, Chuchial y Santa Clara; # 14 y 15, año 2001, 670 ha, Empresa DESA 1, 2; # 16 y 17, año 2004, 173 ha, Haciendas Sara y Cuatro Estrellas. Nitragin: nombre comercial de un inoculante a base de rizobios para soya.

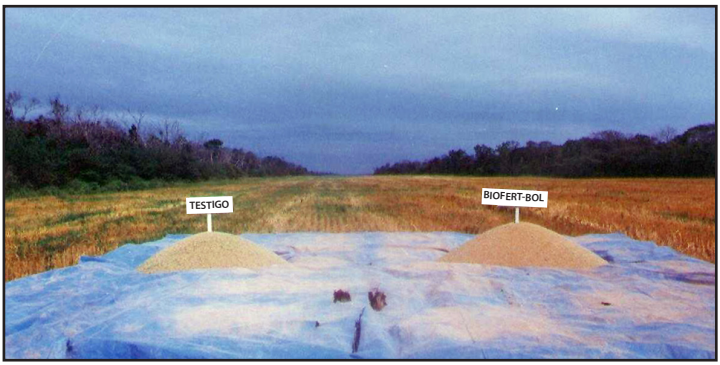

Foto 13. Efecto de la aplicación del EcoMic® en el rendimiento del cultivo de la soya en Sta. Cruz de la Sierra, Bolivia. Ambos tratamientos recibieron inoculación de rizobios. Note la gran superficie del campo evaluado. A la derecha producción obtenida en el tratamiento con EcoMic®, a simple vista superior a la obtenida en el tratamiento Testigo (izquierda). En el periodo 1996–97 el nombre comercial del EcoMic® en Bolivia era BIOFERTBOL. Foto cortesía Ing. Luis Pijeira González.

2.3. MANÍ (*Arachis hypogaea*)

Es el cultivo oleaginoso más importante después de la soya, con un contenido entre un 45–55 % de aceite en sus granos, siendo éste de muy alta calidad. También posee de 24–45 % de proteína. Sus usos son amplios tanto como alimento humano como animal. Según la FAO (FAOSTAT, 2019), en Cuba, el área total cultivada de maní es de 6 612 ha con un rendimiento promedio de 1,05 t/ha.

El maní como leguminosa establece simbiosis con rizobios, siendo un cultivo bastante promiscuo ya que generalmente nodula en cualquier suelo; no obstante se recomienda la inoculación con rizobios para incrementar efectividad de la fijación biologica del nitrógeno. Asimismo es dependiente de las micorrizas arbusculares, estableciendo una simbiosis tripartita efectiva y beneficiosa para el cultivo. En Cuba se han realizado algunos trabajos evaluando la respuesta a la inoculación de cepas eficientes de HMA con resultados siempre positivos y alcanzando incrementos en los rendimientos del orden del 25 %, que se incrementan a 36 % cuando se combina con la aplicación de Quitomax® (datos no publicados).

El maní se siembra entre marzo y septiembre con un marco de 0,60 x 0,10 m, utilizando de 1 a 2 semillas por nido, lo que equivale a una norma de semilla entre 60 a 80 kgha^{-1}, para una densidad de siembra entre 16 y 32 plantas m^{-2}. En ausencia de nodulación requiere de 140 a 160 kg ha^{-1} de nitrógeno, las cuales disminuyen a 40 kg ha^{-1} al inocular con rizobios o existir rizobios en ese suelo. Los requerimientos de P_2O_5 y K_2O, son mucho menores y oscilan entre 30 a 50 kg ha^{-1}, dependientes de la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH-H_2O del suelo en que se vaya a cultivar el maní (Tabla 2).

Formas de aplicación

Vía recubrimiento de las semillas, con una cantidad de EcoMic® equivalente al 8 % del peso de la semilla y procediendo de forma similar a como se explicó para el frijol y la soya. Se debe aprovechar este momento para realizar también la aplicación de un inoculante a base de rizobios (Azofert-mani®) a razón de 240 ml por cada 50 kg de semilla y del bioproducto Quitomax® a razón de 50 ml por la semilla que se vaya a sembrar en un hectárea.

Manejo recomendado

Recubrir la semilla con EcoMic® (8 %), Azofert-mani® y Quitomax®. Si dispone de fertilizantes aplique 40 kg ha^{-1} de N como fertilizante nitrogenado y 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 y K_2O. A los 15 días puede realizar una aplicación foliar de Quitomax® a razón de 50 ml ha^{-1} y diluida en 200 litros de agua (aplicación de alto volumen).

Ensayos en condiciones de producción

En el marco del proyecto AECID se han ejecutado algunos ensayos en condiciones de producción para corroborar los criterios de recomendación de cepas de HMA por ambiente edáfico y de esta forma producir el EcoMic® a base de la cepa más eficiente para cada condición edáfica (Tabla 2).

Los datos (Tabla 7) confirman los criterios encontrados en otros cultivos y suelos. La mayor respuesta a la inoculación en estos suelos con pH-H_2O entre 7,5–7,8 se encontró con la aplicación de la cepa *R. irregulare*/ INCAM–11, recomendada para suelos con pH-H_2O entre 7 y 8. Asimismo la aplicación conjunta con Quitomax® alcanzó los mayores resultados con incrementos en el rendimiento del 35 %.

Tabla 7. Efecto de cepas de HMA y Quitomax® en el cultivo del maní. Ensayo en la Finca "Santa Catalina". CCS "Santa Elena", Nueva Paz, Mayabeque. Proyecto AECID (datos no publicados). Suelos con pH-H_2O entre 7,5 y 7,8. Año 2018.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO (tha^{-1})	INCREMENTO (%)
Testigo	2,12	
F. mosseae / INCAM – 2	1,40	-33
F. mosseae / INCAM –2 + QuitoMax®	1,47	-30
G. cubense / INCAM – 4	1,91	-10
G. cubense / INCAM – 4 + QuitoMax®	2,23	5
R. irregulare / INCAM – 11	2,68	26
R. irregulare / INCAM – 11+ QuitoMax®	2,87	35

2.4. ARROZ (*Oryza sativa* L.)

El arroz es un alimento que se consume en cantidades altas en Cuba, con un percápita individual de 72 kg año^{-1} y se sembraron en el año 2018 133 716 ha con rendimientos promedios de 3,45 t ha^{-1} de arroz cáscara húmedo (ONEI, 2019). Se cultiva generalmente bajo condiciones de uso de la lámina de agua (anaerobiosis), aunque también se puede cultivar bajo condiciones de secano. En el país se han desarrollado un grupo de investigaciones que demuestran la respuesta positiva del cultivo a la aplicación del EcoMic® tanto en condiciones de lámina de agua, como de secano. Se han evaluado la efectividad de cepas por condición edáfica (Ruiz–Sánchez *et al.*, 2016), así como la positiva relación entre la inoculación y el tratamiento de déficit hídrico que se recomienda para el cultivo (Polón *et al.*, 2007; Ruiz–Sánchez, 2015). Además, se han realizado validaciones a escala productiva, tanto en Cuba como en Colombia y Costa Rica.

Este cereal se siembra en la época poco lluviosa (desde el 15 de noviembre hasta el 28 de febrero) y en la época lluviosa (desde el 1ro de mayo hasta 20 de agosto) según MINAG (2014), aunque la época más productiva es la poco lluviosa. La siembra se realiza por dos métodos; siembra directa y por trasplante. En el primer método la dosis de semilla oscila entre 100 kg ha^{-1} y 150 kg ha^{-1}. En el segundo método la dosis es inferior a 60 kg ha^{-1}.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo en que se vaya a cultivar el arroz. Si el arroz es cultivado vía lámina de agua determinar pH–H_2O en esas condiciones (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación de la cepa eficiente. `INCA LP–5´, `INCA LP–7´, `INCA LP–15´, `INCA LP–19´, `INCA LP–20´, `Selección 1` y `IAcuba 35´ (Foto 14).

Forma de aplicación

1. En el caso de siembra directa y teniendo en cuenta la alta cantidad de semilla que se utiliza (100 kg ha^{-1}) la aplicación de EcoMic® se realizará vía recubrimiento al 6 % de la cantidad de semilla utilizada, por tanto se aplican 6 kg ha^{-1} de EcoMic®. Esta operación puede ser manual o mecanizada. En el caso de ser manual y cuando son cantidades de semillas muy altas, extiéndalas en una manta (Foto 15 A), humedézcalas con agua y después espolvoree el EcoMic® y mézclelo (Foto 15 B). Si las cantidades de semillas fueran bajas se puede realizar por cualquiera de las dos formas descritas en 1.4.1.

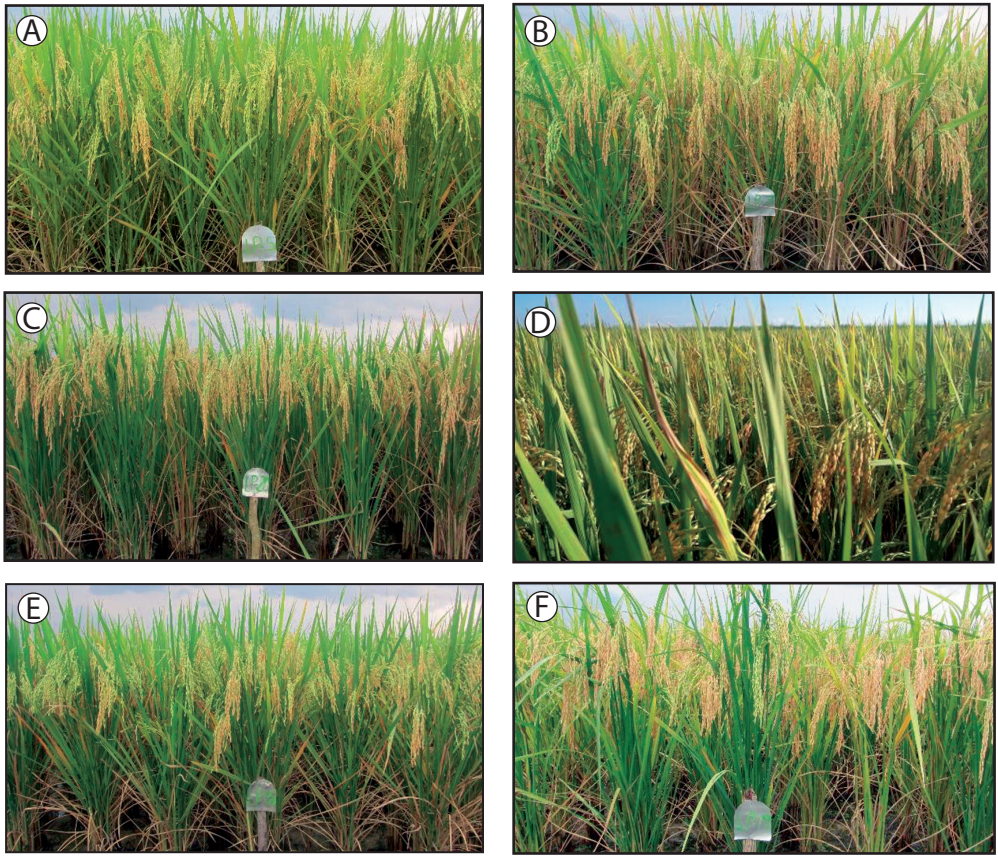

Foto 14. Cultivares de arroz utilizados en experimentos y validaciones a escala productiva del biofertilizante EcoMic®. A) `INCA LP–5´; B) `INCA LP–7´; C) `INCA LP–15´; D) `INCA LP–19´; E) `INCA LP–20´; F) Selección 1. Fotos cortesía del Dr. C. Michel Ruiz Sánchez, UCTB Los Palacios, INCA.

Foto 15. Recubrimiento manual con EcoMic® (6 %) de las semillas de arroz del cultivar `Selección 1´, que previamente estaban tratadas con el fungicida Yunta 24.6 FS, UEB "Peralejo", perteneciente a la EAIG "Sur del Jibaro", en marzo del 2019. Se inocularon 778 kg de semillas. A) Aplicación del EcoMic® a semillas humedecidas y B) Recubrimiento por mezcla manual. Fotos cortesía del Dr. C. Michel Ruiz Sánchez.

Foto 16. A) Vista de cómo quedo el recubrimiento con EcoMic® de las semillas de arroz en la extensión ejecutada en la UEB "Peralejo", aplicación manual, el tono rojizo se debe al fungicida. B) Máquina utilizada en Guanacaste, Costa Rica en abril del 2008 para inocular semillas de arroz, para siembra directa. Fotos A cortesía del Dr. C. Michel Ruiz Sánchez y B cortesía del Dr. C. Ismael Hernández Venéreo.

2. En el caso específico de la siembra por trasplante tradicional la aplicación de EcoMic® se realizará vía recubrimiento de la semilla a una dosis del 8 % de la cantidad de semilla utilizada para la siembra (50 kg ha^{-1}) por tanto se aplican 4 kg ha^{-1} de EcoMic® antes de realizar la siembra.
3. En el caso de la siembra por trasplante mecanizado se utilizará una dosis de 1 kg de EcoMic® para un área de semillero de 80 m^2. Se mezcla 1 kg EcoMic® con 50 kg de materia orgánica y cuando se observa que comienza la emergencia (germinación), se aplica esta mezcla superficialmente, a través de espolvorear sobre toda la superficie de las bandejas o de la "alfombra". Este procedimiento se ha aplicado experimentalmente con buenos resultados, aunque no está completamente precisa la dosis de EcoMic® y no hay dudas de que es un procedimiento promisorio.

Manejos recomendados

Seleccione la cepa eficiente de HMA de acuerdo con pH del suelo y del sistema de cultivo. Tenga en cuenta que en el suelo anegado el pH–H_2O casi siempre es >7. Adicione el EcoMic® por recubrimiento de la semilla, bien fuera para siembra directa, como para semilleros. Aplique el 75 % del fertilizante recomendado y en las proporciones y momentos que plantea el Instructivo (MINAG, 2014). A los 25–30 días después de la emergencia y después en el cambio de primordio aplique Quitomax® en las dosis que se recomiendan de 50 ml ha^{-1} para cada aplicación o Biobras–16® en una dosis equivalente a 10 mg ha^{-1} en cada momento. Si bien en el arroz no tenemos resultados de las aplicaciones conjuntas de ambos estimulantes, en otros cultivos como frijol y maíz la aplicación conjunta de estos ha incrementado el rendimiento en comparación con las aplicaciones sencillas.

En el cultivo del arroz por siembra directa (Polón, 2007) y por trasplante (Ruiz–Sánchez, 2015), se aplica el estrés hídrico siempre en la fase vegetativa, por un periodo mínimo de 15 días y puede llegar hasta los 25 días sin aplicar riego en función de la retención de humedad en el suelo y de la eficiencia en el control de arvenses. La aplicación de EcoMic® a la semilla contribuye a elevar la tolerancia de la planta al déficit hídrico de la planta, alarga el periodo sin regar en 2 o 3 días, a la vez que mejora el porcentaje de colonización micorrízica de la raíz, disminuye el estrés oxidativo de la planta por déficit hídrico e incrementa el rendimiento agrícola.

Resultados de validación a escala productiva

El montaje de la validación en UEB "Sierra Maestra", perteneciente a la EAIG "Los Palacios", se ejecutó durante el periodo poco lluvioso en 13,42 ha del cultivar comercial de arroz IAcuba–35 con lámina de agua e inoculadas con EcoMic® al 6 % en base al peso de la semilla y fertilizadas con una dosis de 266,6 kg de Urea por hectárea, dosificada en tres momentos, 93, 106 y 66 kg ha^{-1}, respectivamente. Los resultados se compararon con áreas contiguas del mismo cultivar, sin inoculación y que recibieron un 28 % más de Urea (dosis utilizada en la producción de arroz).

La aplicación del EcoMic® (Figura 5), originó una respuesta positiva expresada en: incrementos en la altura de la planta de un 3,20 %, en panículas

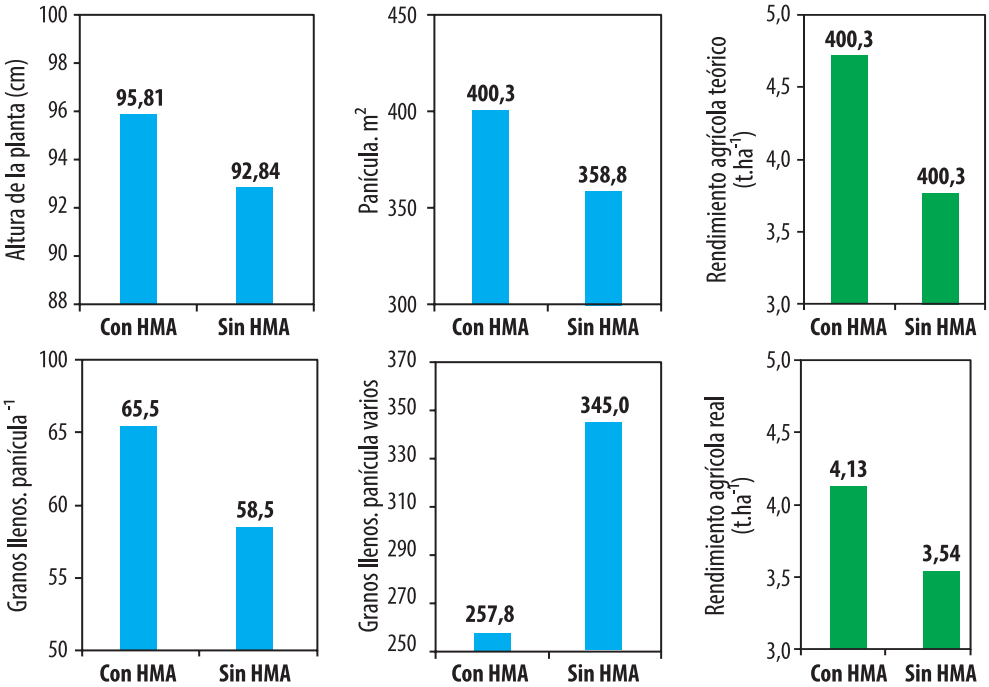

Figura 5. Respuesta del cultivar `Selección I´, a la aplicación del biofertilizante EcoMic® (HMA) a escala productiva en el campo 62 de la UEB "Sierra Maestra", Pinar del Rio, perteneciente a la EAIG "Los Palacios". Año 2019.

por m^2 en un 11,97 %, en granos llenos por panículas de 11,57 % y disminuyó el vaneo en un 33,82 %. En el caso del rendimiento agrícola (arroz cáscara húmedo), fueron del orden de 4,13 t ha^{-1} y superiores en 16,7 % a los obtenidos en el área testigo que fue de 3,54 t ha^{-1}. Por tanto, en esta validación se incrementó el rendimiento y se disminuyó la fertilización nitrogenada.

En la UEB "Peralejo" de la EAIG "Sur del Jibaro" se ejecutó en el año 2019 una extensión con casi 8 ha del cultivar `Selección 1´ inoculada con EcoMic® y comparada con áreas contiguas no inoculadas. La cantidad de fertilizante aplicado fue de 300 kg de Urea por hectárea, dosificada en cuatro momentos, 90, 70, 75 y 65 kg ha^{-1} respectivamente. El 100 % del Fósforo se aplicó como fondo (75 kg ha^{-1}) y el potasio se aplicó en dos momentos, 50 % de fondo y el otro 50 % de conjunto con la última fertilización nitrogenada (75 kg ha^{-1}). El recubrimiento fue manual (Foto 15). El arroz respondió positivamente a la aplicación del EcoMic® y a los 40 días tenía una altura de 88 cm, con un ancho de lámina foliar de 1,26 y una masa de raíces (masa seca) de 31,1 g superiores a las obtenidas en el tratamiento testigo en 7 %, 19 % y 200 % respectivamente (Foto 17). Los rendimientos obtenidos por la aplicación del EcoMic® fueron muy satisfactorios del orden de 6 t ha^{-1} de arroz cáscara húmedo y superiores en 18,3 % a los obtenidos en el área testigo (Tabla 8).

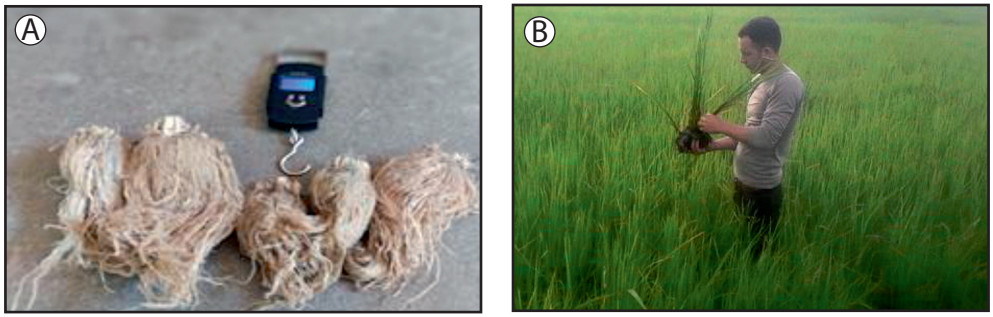

Foto 17. A)) Efecto de la aplicación de EcoMic® en el crecimiento radicular del arroz a los 42 días de germinado en la UEB "Peralejo", a la izquierda plantas con EcoMic®. B) Vista del campo de arroz inoculado en el momento del muestreo. Fotos cortesía del Dr. C. Michel Ruiz Sánchez.

Tabla 8. Respuesta del arroz (cáscara húmedo) a la inoculación con EcoMic® en la EAIG "Sur del Jibaro".

ENTIDADES PRODUCTIVAS Y DATOS DE LA EXTENSIÓN	RENDIMIENTO (t ha^{-1})		INCREMENTO (%)
	Sin EcoMic®	Con EcoMic®	
UEB "Peralejo", perteneciente a la EAIG "Sur del Jibaro". Lote 7, campo 120, área tratada 7,78 ha, cultivar `Selección 1´. Fecha de siembra: febrero de 2019. Cosecha a los156 días.	5,08	6,01	18,3

En este cultivo también se han ejecutado validaciones a escala productiva en Costa Rica y Colombia, con resultados satisfactorios. En la foto 18 se muestran los efectos sobre el crecimiento de plantas de arroz del cultivar `Palmar 18´, en la Finca "La Soga", Guanacaste, Costa Rica. El EcoMic® se aplicó en la fase semillero y las plantas inoculadas en esta fase presentaron un crecimiento y vigor muy superior a las no inoculadas (Foto 18 A). El efecto se mantuvo en la plantación (Foto 18 B) .

Foto 18. Respuesta del cultivar `Palmar 18´ a la aplicación de EcoMic® en arroz para trasplante. A) Etapa de bandeja y B) Crecimiento a los 98 días del trasplante. En ambas fotos, las plantas de la derecha recibieron inoculante EcoMic®, a la izquierda no lo recibieron. Ninguno de los tratamientos recibió fertilizante fosfórico. Finca "La Soga", Bagaces, Guanacaste, Costa Rica. Año 2008. Fotos cortesía del Dr. C. Ismael Hernández, Organix S.A.

2.5. MAÍZ (*Zea maiz*)

El maíz es un cultivo de importancia para la alimentación humana, pero sobre todo para la alimentación animal y en el año 2018 se sembraron en Cuba 144 704 ha, alcanzando rendimientos promedios de 2,39 t ha^{-1} (ONEI, 2019). Es un cultivo dependiente de las micorrizas arbusculares y en el país se han ejecutado diferentes tipos de experimentos con este cultivo, encaminados a: seleccionar cepa eficiente de HMA para diferentes condiciones edáficas; respuesta del cultivo al uso simple del EcoMic® y combinado con diferentes bioestimulantes e integrado en los esquemas de suministro de fertilizantes (Rivera *et al*., 2017 b), micorrización vía *C. ensiformis* inoculada como precedente del maíz (Martin *et al*., 2012) y para evaluar la potencialidad del maíz inoculado como vía para micorrizar el cultivo del boniato en sucesión (Espinosa *et al*., 2018 y 2019). Estos experimentos se han ejecutado tanto en producción de maíz tierno y seco, como en forraje para alimento animal. Se ejecutó además una amplia campaña de validación con el maíz transgénico `FR–Bt1´ en varias provincias del país, así como campañas de validación en diferentes países.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación: `FR–Bt1´, `Francisco mejorado´, `Raúl´, `Pioner´, `DAS 741´ (híbrido).

Forma de aplicación: vía recubrimiento de la semilla con dosis de 8 % peso EcoMic®/peso semilla (2 kg EcoMic® por 25 kg de semilla). La aplicación puede ser manual o mecanizada. Los estimulantes de acuerdo a lo indicado para cada uno de ellos (1.7); también se puede utilizar la inoculación vía abono verde precedente (*C. ensiformis*) inoculado con HMA.

Foto 19. Experimento de manejo conjunto con EcoMic®, Quitomax® y Biobras-16® y dosis medias de fertilizantes en INCA. Cultivar `Raúl´. Foto cortesía de Dr. C. Ramón Rivera Espinosa.

Manejo recomendado: Aplicación conjunta de EcoMic® con estimulantes como Quitomax® y Biobras–16® o con Quitomax® y Fitomas– E®. De disponer de fertilizantes aplicar 350 kg ha^{-1} de 9–13–17 y 64 kg ha^{-1} de Urea. Los incrementos en rendimiento obtenidos serán del orden 0,5 a 1 t ha^{-1}, disminuyendo la cantidad de fertilizantes en 50 % de lo recomendado por el Instructivo.

También se puede utilizar la aplicación de EcoMic®, combinada con Dimargon® (nitrofijador y estimulante) y estimulantes como Quitomax®, Biobras®–16 o Fitomas–E®, preferiblemente en presencia de dosis medias de fertilizantes para garantizar altos rendimientos.

En maíz para forraje cultivado en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados se recomienda la aplicación de EcoMic® y Fitomas-E® de conjunto con 40, 30 y 50 kg ha^{-1} de N, P_2O5 y K_2O respectivamente.

En suelos Gleysol Nodular Ferruginoso que son menos fértiles para obtener similares producciones de 14 t ha^{-1} de masa seca se recomienda la aplicación de EcoMic® y Fitomas-E® de conjunto con 100, 50 y 120 kg ha^{-1} de N, P_2O5 y K_2O respectivamente.

En el caso del maíz FR–Bt1 y sembrado a continuación de la papa, con la aplicación conjunta de EcoMic® + Fitomas–E® se obtuvieron rendimientos de 4 t ha^{-1} de grano seco 14 %, con dosis de 70 kg ha^{-1} de N en suelos Pardos y de 90 kg ha^{-1} en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados.

Los anteriores manejos se pueden combinar con la utilización de canavalia precedente inoculada con EcoMic® y rizobios, la cual aporta nitrógeno y recicla nutrientes que serán puestos a disposición del maíz. Su utilización permitirá disminuir adicionalmente en 30 kg ha^{-1} de N (60 kg ha^{-1} de urea) la adición de fertilizante nitrogenado al cultivo.

Resultados de campañas de validación a escala productiva

Entre las primeras campanas de validación se encuentra la que se ejecutó en Colombia (Tabla 9) en pequeñas áreas demostrativas. En las mismas se evaluó los beneficios de la aplicación conjunta del EcoMic® y el Biobras–16® los cuales en presencia del 50 % de la fertilización mineral recomendada para la zona, garantizaron incluso rendimientos superiores a los obtenidos con el 100 % de la fertilización mineral NPK.

Con posterioridad en Bolivia en el periodo 2003–2004 se realizó en varias decenas de hectáreas siempre con resultados positivos e integrándolo con maquinaria agrícola y productos fitosanitarios (Tabla 10). Los incrementos obtenidos estuvieron en el orden de 0,5 t ha^{-1} en campos con buenos resultados productivos. A partir de estos resultados comenzaron aplicaciones masivas en centenas de hectáreas. En algunos experimentos realizados en esos suelos los resultados al aplicar EcoMic® fueron similares a cuando se aplicó 100 kg ha^{-1} de nitrógeno (Foto 20).

Tabla 9. Resumen de la campaña de validación conjunta del EcoMic® y del Biobras–16® en el cultivo del maíz (granos al 14 % de humedad) en Colombia. Año 1998 (INCA, 1999).

ENTIDAD	SUPERFICIE (ha)	EcoMic®+ BIOBRAS–16® + 50 % NPK (t ha^{-1})	100 % NPK (t ha^{-1})
Villa Katia	1,0	3,04	2,55
Villa Katia	1,0	2,30	2,13
Villa Katia	10,0	5,10	4,11
Villa Hermosa	1,5	3,24	2,46
Productor Domingo Pérez	1,0	3,72	2,82

Fuente: INCA, 1999

Tabla 10. Resultados de las campañas de validación del EcoMic® en el rendimiento del maíz (granos al 14 % de humedad) en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Años 2003–2004 (datos no publicados).

EMPRESA / ESTABLECIMIENTO	LOTES (#)	SUPERFICIE (ha)	EcoMic® (t ha^{-1})	TESTIGO (t ha^{-1})	INCREMENTO t ha^{-1} (%)
DESA San Francisco	42	27	5,41	-	
	43	33	-	4,63	
	44	52	5,01	-	
	Promedio		**5,20**	**4,63**	**0,57 (12 %)**
DESA Cascajal	172	42	3,94	-	
	176	39	4,03		
	171	41		3,83	
	171	42		3,11	
	Promedio		**3,99**	**3,47**	**0,52 (15 %)**

Foto 20. Respuesta del maíz a la aplicación del EcoMic® en Sta. Cruz de la Sierra (2004–2005). A) En el desarrollo de las mazorcas 1) Testigo; 2) EcoMic®; 3) 100 kg ha^{-1} de N. B) Campo de maíz inoculado con EcoMic® en la Empresa DESA. A la izquierda el Dr. C Félix Fernández Martín, autor principal de la patente de EcoMic® y uno de los máximos impulsores del trabajo con los inoculantes micorrízicos en el INCA y a la derecha el Dr. C. Ramón Rivera Espinosa. Fotos cortesía del MSc. Alejandro Hernández–Zardón y del Dr. C. Ramón Rivera Espinosa.

En Cuba el maíz ha sido uno de los dos cultivos en que se ha aplicado el EcoMic® en mayores áreas, ya que durante la generalización del maíz `FR-Bt1´ en los años 2010 y 2011 se aplicó de conjunto con Fitomas–E® y dosis medias de fertilizante nitrogenado en cerca de 4 000 ha anuales (Tabla 11) con resultados satisfactorios, permitiendo altos rendimientos y disminuyendo las cantidades necesarias de fertilizante nitrogenado.

En los campos controles (áreas demostrativas) ejecutadas en suelos Pardos fue suficiente la aplicación de 70 kg ha^{-1} de N y en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados fue necesario aplicar 90 kg ha^{-1}, para garantizar rendimientos altos del orden de las 4 t ha^{-1}, que es el rendimiento esperado de esta variedad. Para ambos suelos las dosis de N recomendadas fueron inferiores a las 120-150 kg ha^{-1} de N que comúnmente se recomiendan. El grueso de estas áreas presentaron papa como cultivo precedente y por tanto los suelos presentaban un abastecimiento suficiente de P y K y en estas áreas solo se fertilizó con fertilizante nitrogenado.

En las áreas demostrativas realizadas en el marco del proyecto AECID de Innovación (Tabla 12) también se ha alcanzado un efecto positivo por la aplicación de EcoMic®, del orden de 20 % y que ascendió a 69 % con la aplicación conjunta de EcoMic® + Quitomax®. En estas áreas no se aplicaron fertilizantes y las importantes diferencias entre los rendimientos obtenidos en ambas cooperativas parece ser consecuencia de la falta de riego en las áreas demostrativas ubicadas en la CCS "Noelio Capote".

Otros beneficios de la inoculación del maíz

El maíz inoculado con EcoMic® además de incrementar su rendimiento, permite micorrizar eficientemente cultivos en sucesión, siempre que no pasen más de 30 días entre la cosecha del maíz y la plantación del sucesor.

Tabla 11. Resultados de la campaña de validación del EcoMic® + Fitomas-E® en maíz `FR–Bt1´ (granos al 14 % de humedad) en varias provincias. Año 2010.

PROVINCIA	SUELO	CAMPOS DE CONTROL (#)	ÁREA (ha)	PLANTAS (ha^{-1})	70 kg ha^{-1} de N		90 kg ha^{-1} de N	
					Sin bioproductos (t ha^{-1})	EcoMic® + Fitomas-E® (t ha^{-1})	Sin bioproductos (t ha^{-1})	EcoMic® + Fitomas-E® (t ha^{-1})
S. Spíritus	Pardo	4	18,3	40 000	3,28	4,29	3,20	3,99
	F. Rojo	2	31,7	45 000	3,56	4,01	3,78	4,16
Matanzas	F. Rojo	8	280	41 000			2,95	4,20
Mayabeque	F. Rojo	1	10	27 000			1,56	2,40

Fecha de siembra: mayo–junio 2010. Fuente: Rivera *et al.*, (2010)

Tabla 12.Resultados de aplicaciones de EcoMic® + Quitomax® en maíz tierno (# mazorcas ha^{-1}) en áreas demostrativas ubicadas en fincas de la provincia Mayabeque (Proyecto AECID, datos no publicados).

MUNICIPIO	CCFS	FINCA	TESTIGO	EcoMic®	EcoMic® + Quitomax®	Incremento (%)
			# mazorcas ha^{-1}			
San José de las Lajas	“Orlando Cuellar”	"El Mulato"	14 097	18 796	23 496	66
Jaruco	“Noelio Capote”	"El Conde"	3 663	4 070	6 919	88
		"San Pablo"	2 645	3 256	4 070	53

Fecha de siembra: mayo–agosto 2017. Las áreas demostrativas en Jaruco corresponden a maíz sin riego.

Este efecto de permanencia es muy conveniente para cultivos en sucesión como el boniato que requieren de altas cantidades de EcoMic® para su inoculación directa (Espinosa *et al*., 2018, 2019). El intercalamiento del maíz inoculado con EcoMic® y otros bioproductos en plantaciones en fomento de perennes u otros cultivos, permite además de mejorar el rendimiento del maíz, micorrizar los cultivos perennes en esa etapa de formación.

2.6. SORGO (*Sorghum vulgare (L.) Moench*) y GIRASOL (*Helianthus annuus L*).

En este tópico se agrupan dos cultivos micótrofos de importancia para la alimentación humana y animal los cuales aunque son poco cultivados en Cuba; sin embargo las condiciones edafoclimáticas del país resultan adecuadas para su cultivo.

El sorgo es un cultivo rustico, que tolera el déficit hídrico y las altas temperaturas, siendo la temperatura para óptimo crecimiento cerca de los 32 ^{0}C . En Cuba hace unos años se impulsó la siembra de este cultivo y en el 2016 se alcanzaban 10 000 ha, con fines en lo fundamental de confección de piensos para la alimentación animal. También se utiliza para incluir en la dieta de las personas celíacas. Se recomiendan altas densidades de plantación, entre 10 y 20 plantas m^2, con distancias entre surcos de 70 cm y 10 plantas por metro lineal, lo cual conlleva a 15 a 20 kg ha^{-1} de semilla dependiendo de densidad de plantación y variedad.

En cuanto al girasol es de alto valor para la confección de aceite vegetal, los frutos secos se consumen tostados, los residuos de la extracción del aceite y las hojas se pueden utilizar para alimento del ganado y también se utiliza como planta ornamental. El girasol no es muy exigente en los suelos, aunque prefiere los arcillo–arenosos con altos contenidos de materia orgánica y que tengan buen drenaje. En Cuba se pueden recomendar densidades de 60 000 plantas ha^{-1} (70 cm entre hileras y cuatro plantas por metro lineal) lo cual conlleva entre 7 y 9 kg ha^{-1} de semilla.

Ambos son cultivos dependientes de la micorrización y con buena respuesta a la aplicación de los inoculantes micorrízicos. En el caso de sorgo incluso se ha utilizado como planta hospedera para la producción de inoculantes micorrízicos.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O (Tabla 2).

Formas de aplicación

Para ambos cultivos se utiliza la vía recubrimiento de la semilla con cantidades de EcoMic® del 10 % del peso de la semilla y siguiendo el procedimiento descrito en 1.4.1.

Resultados de campañas de validación en girasol

En el periodo 1997 al 2001 se llevaron a cabo validaciones a escala productiva del producto EcoMic® en la producción de girasol en la provincia de

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. En todos los casos se obtuvieron resultados positivos (Tabla 13) con incrementos en rendimiento que oscilaron entre 9 y 77 %, dependiente del nivel de precipitaciones y variedades utilizadas.

Tabla 13. Resultados de la campaña de validación del biofertilizante EcoMic® en el cultivo del girasol (secano) en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. INCA (1999) y datos no publicados

EMPRESA / AÑO	ÁREA (ha)	RENDIMIENTO ($t\ ha^{-1}$)		INCREMENTO (%)
		EcoMic®	Testigo	
DESA / 1997	25	0,57	0,50	14,0
SACRUZ / 1997	16	1,48	0,99	48,4
Agroeste /1997	4,5	1,40	0,79	77,2
DESA / 2001	60	0,96	0,88	9,1

Foto 21. Sorgo y girasol inoculado con EcoMic® en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. A) Siembra de sorgo en hacienda Cascabel, DESA; B) Campo de girasol en DESA. Fotos cortesía de MSc Alejandro Hernández Zardón y Dr. C. Ramón Rivera Espinosa.

Resultados de campañas de validación en sorgo

En el cultivo del sorgo se dispone de menor cantidad de datos de rendimiento de áreas demostrativas, aunque han sido ejecutadas en dos países Bolivia y México (Tabla 14). En ambos casos con resultados satisfactorios y en consonancia con la alta dependencia micorrízica del cultivo.

Tabla 14. Resultados de campaña de validación del EcoMic® en el cultivo del sorgo.

EMPRESA / AÑO	ÁREA (ha)	RENDIMIENTO ($t\ ha^{-1}$)		INCREMENTO (%)
		EcoMic®	Testigo	
DESA, Santa Cruz de la Sierra / 1997	10	4,1	3,3	24,0
Rancho Betty, Tamaulipas México / 2002	16	3,4	2,91	17,2

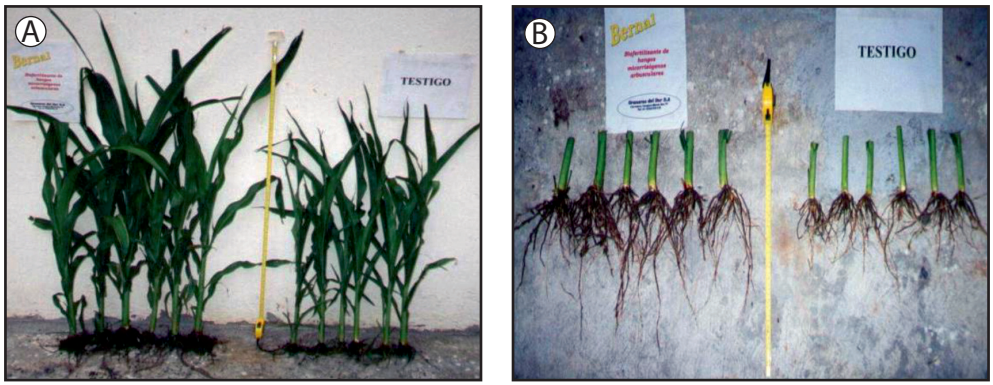

Foto 22. Respuesta del sorgo a la aplicación de EcoMic® en Tamaulipas. Las plantas con EcoMic® siempre a la izquierda de cada foto. A) En el sistema aéreo B) En el sistema radicular. Fotos cortesía del Ing. Luis Pijeira González.

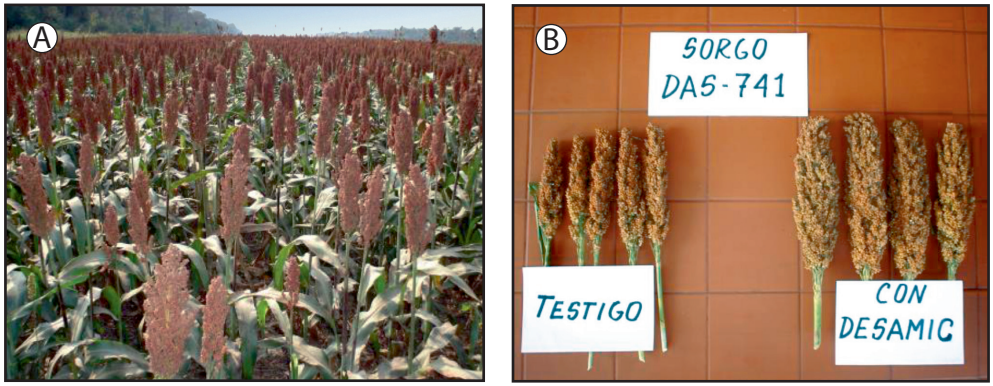

Foto 23. Respuesta del sorgo a la aplicación de EcoMic® en Bolivia A) Campo de sorgo hibrido (`DAS–741´) inoculado con DESAMIC® (EcoMic®) en la Empresa DESA, durante el año 2005. B) Efecto en el desarrollo de las panículas de sorgo (`DAS–741´). En Bolivia a partir del 2005 se registró el EcoMic® como DESAMIC®. Fotos cortesía de MSc. Alejandro Hernández Zardón e Ing. José V. Martin Cardenas.

2.7. YUCA (*Manihot esculenta Crantz*)

La yuca es un cultivo muy apreciado tanto con fines de alimento humano y animal, como para uso industrial. En el país se plantan anualmente cerca de 200 000 ha con rendimientos promedios que no sobrepasan las 8,2 t ha^{-1} (ONEI, 2019). Es un cultivo muy dependiente de las micorrizas y se dice que no tiene raíces sino propiamente una micorriza. En el país se han desarrollado un grupo amplio de trabajos con este cultivo evaluando: la respuesta de diferentes cultivares a cepas de HMA en varios suelos (Ruiz *et al*., 2012; Joao *et al*., 2016); el efecto de la inoculación con cepas eficientes en la disminución de fertilizantes (Ruiz *et al*., 2012; Ruiz *et al*., 2016 a, Joao *et al*. 2017); los beneficios de utilizar *Canavalia ensiformis* inoculada como cultivo intercalado en la yuca (Joao *et al*., 2017); así como vía para micorrizar eficientemente los cultivos en sucesión (datos no publicados). Asimismo, se han ejecutado varias campañas de validación con productores (Ruiz *et al*., 2011; Rivera *et al*., 2012).

Foto 24. Vista de plantaciones de cultivares de yuca "comerciales", ampliamente utilizados en el país. A) cv. `CMC-40´, de ciclo medio.; B) cv. `INIVIT E 80 +1´, de ciclo largo. Fotos de la colección de cultivares del INIVIT, cortesía del MSc. Alberto Espinosa Cuéllar.

La yuca se planta en marcos de plantación entre 0,9 m a 1,40 m de camellón (distancia entre surcos) y entre 0,7 a 1,10 de narigón (distancia entre plantas), dependientes del hábito de crecimiento del clon y fertilidad del suelo; se recomienda plantarla entre 15 de noviembre y 15 de febrero. Se deben utilizar estacas de calidad con una longitud entre 15 y 20 cm., con 7 a 9 yemas y provenientes de tallos primarios (MINAG, 2012 a).

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH-H_2O del suelo en que se vaya a cultivar la yuca (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación de la cepa eficiente de HMA: de ciclo medio como `CMC–40´; `CEMSA 74–6329´; `CEMSA 74–725´; `INIVIT Y93–4´, `CMC–76´, `INIVIT Y– 2013´y de ciclo largo como Señorita; `INIVIT E 80+1´; `INIVIT Y 94–1´; `Jaguey Dulce´y `CEMSA 78–6329´, así como las siguientes accesiones: `Bonguesa´; `México–26´; `Enana rosada´; `Crema–1´; `Artiles; Addul´; `Capote–3´; `Cartagena´; `Yuca blanca´; `Compadre´; `Cristalina´; `Cuelli Azul´ y `Manteca´.

Forma de aplicación

1. Vía recubrimiento de las puntas de las estacas con una mezcla a partir de 1 kg de EcoMic® en 600 ml de agua y con 13 kg ha^{-1} se garantiza el recubrimiento de ambas puntas de cada estaca (Foto 25 A). Si la plantación se realiza con la estaca inclinada, solo se recubre la punta de la estaca que se introduce en el suelo y la cantidad de biofertilizante por ha se disminuye a la mitad.
2. Vía recubrimiento total por inmersión en una mezcla de 1 kg EcoMic® en 5 litros de agua y un consumo de aproximadamente 22 kg ha^{-1} de EcoMic® (Foto 25 B).
3. Aprovechando el efecto de permanencia de un cultivo precedente inoculado como maíz, frijol, canavalia y plantando la yuca no más de 30 días después de la cosecha o corte del precedente.

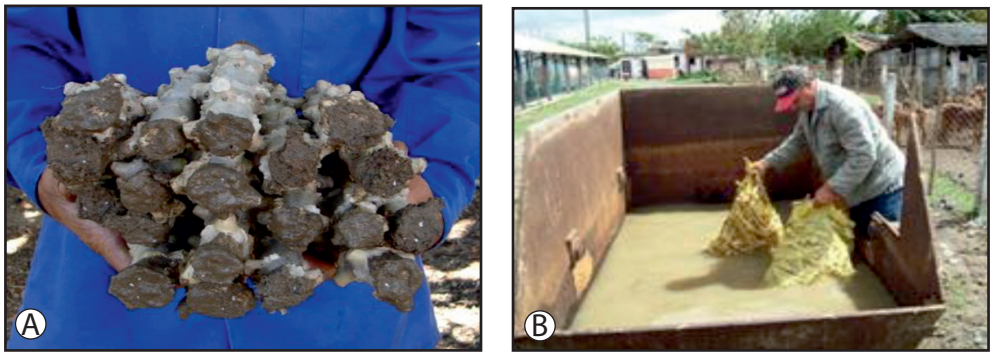

Foto 25. Recubrimiento con EcoMic® de las estacas de yuca. A) De las puntas de las estacas. Nótese tamaño de las estacas entre 15 y 20 cm. B) Recubrimiento total por inmersión en una suspensión, 1/5 EcoMic® y agua y agitando la suspensión cada cierto tiempo. Validación en la Empresa Valle del Yabú, Villa Clara, año 2010. Fotos cortesía del Dr. C. Luis Ruiz Martínez.

Manejos recomendados

1. Aplicación conjunta de EcoMic® con el bioestimulante Quitomax® en plantación y aplicación posterior de los estimulantes Fitomas-E® o Quitomax® a los 15–20 días después de la emergencia de las plantas. De disponer de fertilizantes aplique 50 % NP y 50 a 75 % K de la dosis recomendada como 100 % NPK (MINAG, 2012).

2. Aplicación conjunta de EcoMic® con el bioestimulante Quitomax® en plantación e intercalamiento de canavalia inoculada con EcoMic® y Azofert®–canavalia, después del aporque a la yuca. De disponer de fertilizantes aplique 50 % NP y 50 a 75 % K de la dosis recomendada como 100 % NPK (MINAG, 2012 a).
3. Siembra de canavalia inoculada con EcoMic® y rizobios en agosto o inicios de septiembre, dejar crecer por 60 a 90 días, cortar e incorporar y plantar yuca 30 días después, en fecha optima entre 15 de noviembre y 15 de enero. Una vez germinada se trata con Fitomas-E® o Quitomax® a los 15–20 días después de la germinación. Se recomienda además intercalar canavalia inoculada después del aporque. De disponer de fertilizantes aplique 25 % NP y 50 % K de la dosis recomendada como 100 % NPK (MINAG, 2012 a).
   En cualquiera de los casos se recomienda intercalar canavalia inoculada después del aporque y manejar de acuerdo a 1.4.4. Incluso se recomienda si no ha podido aplicar el EcoMic® al inicio de la plantación.

La dosis de fertilizante potásico se monitorea por el balance de aportes y exportaciones, contenidos foliares y dinámica de formas difícilmente disponibles de K en el suelo. Si el suelo se ha cultivado sistemáticamente en los últimos años con este cultivo y con rendimientos superiores a las 25 t ha^{-1}, aplique los porcentajes superiores de fertilizante potásico.

Resultados de campañas de validación a escala productiva

Durante el periodo 2007 a 2010 se desarrollaron varias campañas de validación para evaluar el efecto de la aplicación del EcoMic® en este cultivo. La figura 6 integra los resultados obtenidos en 31 campos control ubicados en cinco provincias (Mayabeque, Matanzas, Villa Clara, Cienfuegos y Guantánamo). En 15 de los campos se utilizaron cultivares de ciclo medio y

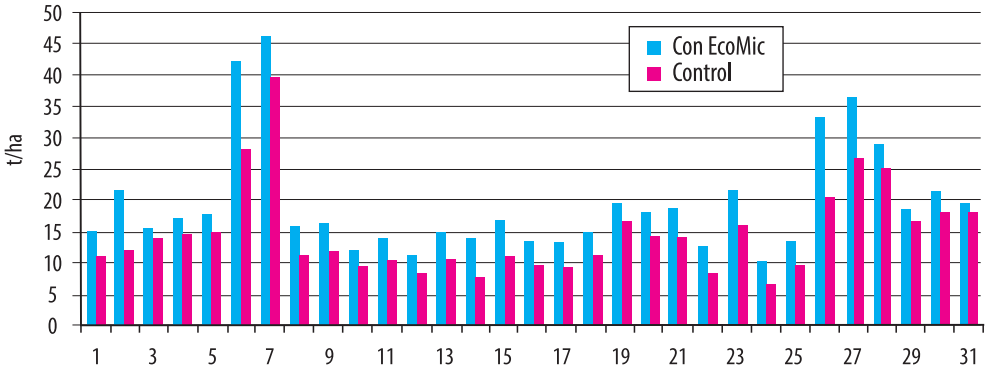

Figura 6. Respuesta de la yuca a la aplicación del biofertilizante EcoMic® a escala productiva. Superficie de cada campo control: 1 ha. Cultivares de ciclo medio (`CMC–40´; `CEMSA 74–6329´; `CEMSA 74–735´) y cultivares de ciclo largo (`Señorita´; `INIVIT Y93–4´; `INIVIT Y 94–1´; `Jaguey Dulce´). Forma de aplicación recubrimiento de las puntas. (Rivera *et al*., 2012).

en el resto de ciclo largo. En todos los campos control se obtuvo una respuesta significativa en el rendimiento de raíces comestibles con un incremento promedio de 4,7 t ha^{-1} (35 %).

Otra de las campañas ejecutada lo fue en empresas de Villa Clara en superficies superiores de hasta 40 ha y utilizando el recubrimiento total por inmersión (Tabla 15). En estos campos control el incremento promedio en el rendimiento fue de 15 %.

Tabla 15. Respuesta de la yuca a la aplicación del biofertilizante EcoMic® mediante recubrimiento total de las semillas (22 kg ha^{-1} de EcoMic®). Campaña 2010–2011.

ENTIDADES	TIPO DE SUELO	CEPA DE HMA	ÁREA (ha)	RENDIMIENTO ($t.ha^{-1}$)		INCREMENTO ($t\ ha^{-1}$)
				EcoMic®	Control	
A	Pardo mullido carbonatado	INCAM–11	40,47	15,06	13,54	1,52
B		INCAM–11	4,00	17,50	12,80	4,70
		INCAM–11	10,00	22,05	19,20	2,85
C	Ferralítico Rojo	INCAM–4	8,00	20,50	18,10	2,40
D		INCAM–4	15,00	25,00	23,30	1,70
		Total	**77,47**	**20,02**	**17,39**	**2,63**

Leyenda: **A**: ECV "Valle del Yabú"; **B**: IPA "Martín Torres"; **C**: CAI "Carlos Baliño"; **D**: Agropecuaria "Santo Domingo".
Fuente: Ruiz *et al*., 2011. Cultivares: `CMC–40´, `Señorita´, `CEMSA 78–6329´ y `CEMSA 74–725´.

Recientemente uno de los productores agrícolas que participa en el proyecto AECID evaluó la aplicación conjunta de EcoMic® con Quitomax® en la siembra, logrando una mayor rapidez y homogeneidad en la brotación, adelantándose en 10 días a los tratamientos sin inoculación. Asimismo, se logró un incremento muy importante en el rendimiento de raíces comestibles. Una vez plantada la estaca inoculada también se puede aplicar Fitomas–E® a razón de 1 L ha^{-1} a los 30 y 90 días después de la plantación (González, 2008). En estos casos de ser posible se aplica también una baja dosis de fertilizante (25 % de la dosis recomendada es decir 35, 15 y 38 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente.

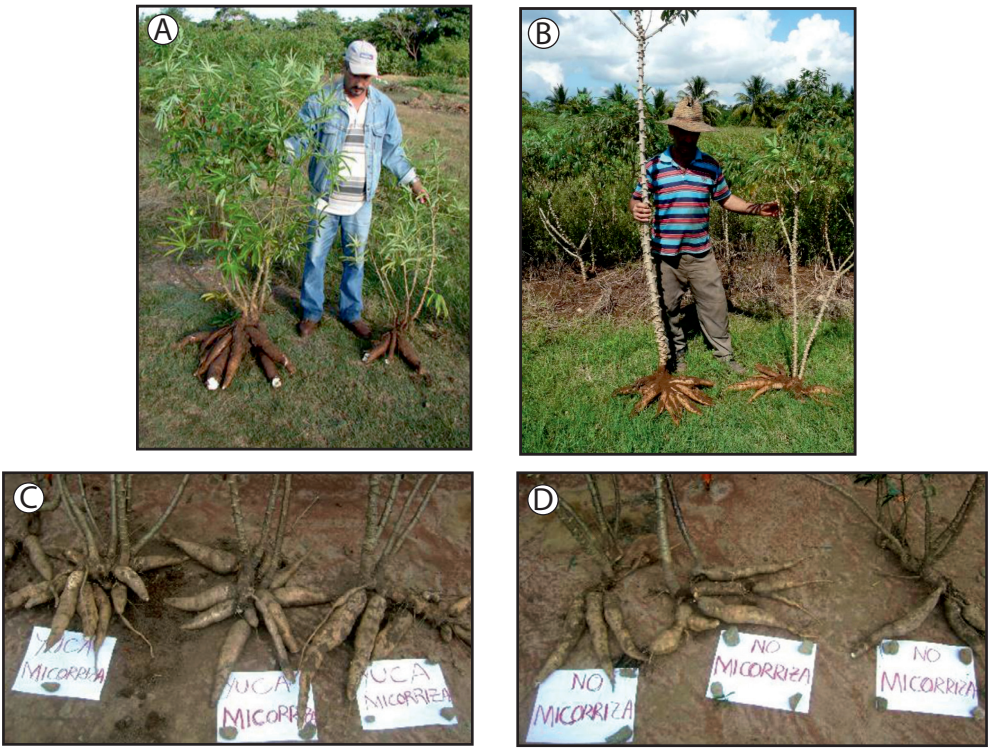

Foto 26. Respuesta de cultivares de yuca a la inoculación de EcoMic® (cepas eficientes de HMA por condición edáfica) A) Instituto Politécnico Agropecuario "Martin Torres", VillaClara, inoculando INCAM–11 al cv. `CMC–40´, año 2008; B) Finca "La Chivería", Mayabeque, inoculando INCAM–4, año 2019; C–D) Finca en Kibala, Angola, inoculando INCAM–2 al cv. `Calohendo´, año 2015. En las fotos A y B a la izquierda con EcoMic® y a la derecha testigo. En la foto C, con EcoMic® y en la foto D sin EcoMic®. La respuesta encontrada del orden de 46 a 74 % de incremento en rendimiento de raíces comestibles. En todos los casos la inoculación vía recubrimiento de las puntas de las estacas. Foto A cortesía de Dr. Jaime Simó González; Foto B cortesía de Dr.C. R. Rivera Espinosa; Fotos C y D cortesía de Dr. C. José Pedro Joao.

Tabla 16. Respuesta de la yuca a la aplicación conjunta de EcoMic® y Quitomax® (datos cortesía de Yoel Hernández, Finca "El Mulato", CCS "Orlando Cuellar". Mayabeque. Año 2018.

TIPO DE SUELO	PROVINCIA	# CAMPOS CONTROL	TESTIGO PRODUCCIÓN t ha^{-1}	EcoMic® t ha^{-1}	EcoMic® + Quitomax® t ha^{-1}
Ferralítico Rojo	Mayabeque	2	9,29	13,04	20,88

Cultivar `CMC–40´. Suelo Ferralítico Rojo.

En el extranjero se han ejecutado áreas demostrativas en Colombia y Angola. En el caso de Colombia integrando la inoculación de EcoMic® con la aplicación foliar del Biobras –16® y alcanzando incrementos en rendimiento entre 25 y 50 %, que fueron del orden de 2,5 a 6 t ha^{-1} (INCA, 1999).

Intercalamiento con *Canavalia ensiformis* inoculada

El intercalamiento con *C. ensiformis* inoculada con la cepa eficiente de HMA y rizobios, no solo pone a disposición de la yuca los nutrientes presentes en la biomasa de la canavalia que pueden ser del orden de 95, 18 y 90 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente, sino que es una vía efectiva para lograr un potencial de inoculación en el suelo que ayuda a micorrizar y mantener el cultivo principal con una micorrización eficiente, así como permite alcanzar una cobertura vegetal que disminuye la necesidad de limpias.. A nivel experimental los incrementos en rendimiento de la yuca por el uso de esta práctica oscilaron entre 13 y 17 %, del orden de 5 t ha^{-1} (Joao *et al*., 2017). Los efectos de utilizar *Crotalaria juncea* inoculada e intercalada fueron inferiores a los obtenidos con *C. ensiformis* presentando competencia con el cultivo y disminuyendo los rendimientos. En un área demostrativa realizada recientemente (Foto 27) el intercalamiento de la canavalia inoculada pareció ser suficiente para micorrizar eficientemente la plantación de yuca, no obstante la recomendación hasta este momento es inocular la yuca al plantar y además intercalar la canavalia inoculada.

Foto 27. *C. ensiformis* inoculada con INCAM–11 e intercalada en un campo de yuca del cv. `CMC–40´ en CCS "Niceto Pérez", Mayabeque, julio del 2019. Área demostrativa del Proyecto AECID. El pH-H_2O > 7,5. En este caso se encontró un incremento en el rendimiento de la yuca de 10 t ha^{-1} (30 %) y se eliminaron las limpias. Foto y datos no publicados cortesía de Ing. Anicel Delgado Álvarez.

Otros beneficios asociados a la inoculación de la yuca. Aprovechamiento del efecto de permanencia del inoculante aplicado

La yuca inoculada con la cepa eficiente de HMA incrementa la cantidad de propágulos micorrízicos en el suelo y siempre que el cultivo sucesor se siembre o plante en un intervalo de hasta 30 días después de la cosecha de la yuca, no es necesario inocular el cultivo en sucesión para obtener los beneficios de la micorrización. Asimismo, este efecto se favorece porque después de cosechar la yuca, se puede ejecutar la siembra posterior sin preparar el suelo. En la Tabla 17 se puede observar este efecto en el rendimiento de un cultivo de boniato en sucesión.

Este efecto es válido para otros cultivos dependientes de la micorrización que se siembren o planten en sucesión a la yuca inoculada; no obstante, se recomienda para cultivos que se planten vía semilla vegetativa en los cuales el recubrimiento de la semilla es poco factible al ser necesarias cantidades de EcoMic® altas para ejecutar una inoculación "directa".

Tabla 17. Efecto de permanencia del inoculante aplicado a la yuca (cv. `CMC–40´ en el rendimiento del boniato en sucesión. Campo control ejecutado en UBPC "Juan Abrahantes", Mayabeque 2008 (datos no publicados).

VALIDACIÓN	RENDIMIENTO ($t.ha^{-1}$)	INCREMENTO TESTIGO (%)	INCREMENTO ($t.ha^{-1}$)
Aplicación del EcoMic® en la yuca y en el boniato.	24,3	41,2	7,1
Aplicación del EcoMic® solo en la yuca.	23,7	38,0	6,5
No aplicación de EcoMic® en ninguno de los cultivos.	17,2	-	-

2.8. BONIATO (*Ipomea batata* (Lam)).

El boniato forma parte de la dieta alimenticia del cubano y además tiene uso como alimento animal. En el 2018 en el país se plantaron 55 040 ha, alcanzando rendimientos bajos del orden de 9,98 t ha^{-1} (ONEI, 2019). Es un cultivo muy dependiente de las micorrizas y con una fuerte respuesta a la inoculación de cepas eficientes de HMA. En el país se han desarrollado un grupo amplio de trabajos con este cultivo evaluando: la respuesta de diferentes clones a cepas de HMA fundamentalmente en suelos Pardos con pH–H_2O ≥ 7,3 (Espinosa, datos sin publicar); el efecto de la inoculación en la disminución de las cantidades de fertilizantes para obtener altos rendimientos (Ruiz, 2001; Espinosa et al., 2015, 2016 y 2017) y en vías de inoculación para poder aprovechar los beneficios de la aplicación de cepas eficientes de HMA en este cultivo (Ruiz *et al*., 2012; Espinosa *et al*., 2018, 2019).

El boniato se planta a partir de semilla vegetativa (esquejes o bejucos) y en marcos de plantación de 0,90 x 0,25 m y 0,90 x 0,30 m para época poco lluviosa y lluviosa respectivamente.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH-H_2O del suelo en que se vaya a cultivar el boniato (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación de la cepa eficiente por condición edáfica. Comerciales: `INIVIT B2–2005' (52 % del área del país), `CEMSA 78–354' (23 % del área del país), `INIVIT B 98-2', `INIVIT B 98–3', `INIVIT B–240' e `INIVIT BS–16', así como los siguientes clones promisorios: `IX–1', 'IK-37', `IB–71-9', `IFSB', `IX–18', `IA–1517', `T-65', 'INIVIT BS–20', `INIVIT B–9', `INIVIT BS–12', `A–4' .

Formas de aplicación

1. Vía recubrimiento del tercio inferior del esqueje en una mezcla de EcoMic®/ agua de 1 kg por cada 5 litros de agua (Foto 28) y para inocular una ha se requiere de 35 kg de EcoMic®, después de recubrir orear a la sombra por dos o tres horas y plantar, (Ruiz *et al*., 2012).
2. Inoculando el cultivo antecesor y plantando el boniato 30 días después de cosechar el primer cultivo (Espinosa *et al*., 2018, 2019). Generalmente se utilizan cultivos que requieran bajas cantidades de EcoMic® como maíz (2 kg ha^{-1}) y frijoles (4 kg ha^{-1}), aunque también se puede utilizar yuca (13 a 20 kg ha^{-1}).

Foto 28. Recubrimiento con EcoMic® de mazos de "bejucos" previo a la plantación. Foto cortesía del Dr. C. Luis Ruiz Martínez.

Manejo recomendado

Teniendo en cuenta que la dosis de EcoMic® para inoculación directa vía recubrimiento es alta (35 kg ha^{-1}) pues se recomienda la utilización de cultivos precedentes inoculados con cepas eficientes de HMA y plantar el boniato entre 20 y no más de 40 días después de cosechar los precedentes. Si dispone de fertilizantes puede aplicar 66 % de las dosis de NP y 50 % de la dosis de K recomendadas por el Instructivo Técnico, es decir fertilice con 60, 50 y 75 kg ha^{-1}de N, P_2O5 y K_2O respectivamente (Espinosa *et al*., 2015, 2016, 2017) y además aplique Fitomas–E® en dosis de 2 L ha^{-1} y en dos momentos, 30 y 45 días después de la plantación (González, 2008).

Foto 29. Vistas de experimentos de manejo de EcoMic® en el cultivo del boniato y desarrollados en suelos Pardos mullidos carbonatados, INIVIT. A y B) Rendimiento de raíces tuberosas (30 a 34 t ha^{-1}) de los cv. `INIVIT B2–2005´ y `CEMSA 78–354´ inoculados con *R. irregulare* en suelo Pardo mullido carbonatado (pH–H_2O: 7,4) y C) Establecimientos de dosis óptimas de fertilizantes NPK para el cultivo del boniato inoculado con *R. irregulare* / INCAM –11. Fotos cortesía de MSc. Alberto Espinosa Cuéllar.

Tabla 18. Resultados de la campaña de validación 2010–2011 en entidades de la provincia VillaClara (Ruiz *et al*., 2012)

ENTIDAD PRDUCTIVA	TIPO DE SUELO	CEPA HMA	ÁREA (ha)	RENDIMIENTO (t ha^{-1})	
				EcoMic®	Control
IPA "Martín Torres Ruiz" Santo Domingo	Pardo con carbonatos	INCAM –11	3	21	7
Granja Agropecuaria CAI "Carlos Baliño", Santo Domingo			12	20	18,1
UBPC–5 Empresa de Cultivos Varios "Valle del Yabú"			19	16,49	12,77
Empresa Agropecuaria Municipal Santo Domingo	Ferralítico Rojo Lixiviado	INCAM – 4	10	21,8	19,3
UBPC "Bermejal", CAI "Carlos Baliño" Santo Domingo			8	21	18,5

Cultivares utilizados: `CEMSA 78–354' e `INIVIT B 2–2005'. Método de aplicación recubrimiento del tercio inferior. Dosis de fertilizante aplicada 50 % de la fertilización NPK (MINAG, 2012 b).

Resultados de campañas de validación a escala productiva

Una amplia campaña de validación evaluando el rendimiento en 52 ha de boniato se ejecutó en Villa Clara (Tabla 18) y en todos los casos se incrementó el rendimiento de raíces comestibles entre 10 y 29 %, con un incremento promedio de 17 % que fue del orden de 3 t ha^{-1}.

Utilización del efecto de permanencia inoculando el cultivo antecesor

Aunque el método de recubrimiento fue un paso de avance y disminuyó significativamente las recomendaciones de inoculante con relación a las aplicaciones en el fondo del surco (Sieverding, 1991), realmente las cantidades son prohibitivas y máxime si con esa cantidad se pueden inocular 17,5 ha de maíz o casi 9 ha de frijol. Los resultados experimentales indicaban la factibilidad de utilizar el efecto de permanencia (Espinosa *et al*., 2018, 2019) y esta información se validó satisfactoriamente en condiciones de producción con precedentes de frijol (Tabla 19), maíz (Tabla 20) y de yuca (datos no publicados) y por tanto después de un frijol, de un maíz o de la yuca inoculados y siempre que se plante el boniato en un periodo no mayor de 40 días, no es necesario inocular el boniato para que este se micorrice eficientemente y alcance un rendimiento similar a si se hubiera inoculado.

Tabla 19. Beneficios del frijol "precedente" inoculado en el rendimiento del boniato en sucesión, en suelo Pardo mullido carbonatado. Año 2017. Datos inéditos de Alberto Espinosa Cuéllar.

TRAMIENTOS		RENDIMIENTO (t ha^{-1})
Precedente	**Boniato en sucesión**	
Fríjol + 50 % NPK	Boniato 66 % NP y 50 % K	11,3
Fríjol + HMA + 50 % NPK	Boniato +HMA+66 % NP y 50 % K	16,4
Fríjol + HMA + 50 % NPK	Boniato + 66 % NP y 50 % K	15,7
Fríjol + 100 % NPK	Boniato + 100 % NPK	16,7

UEB Integral Agropecuaria "Osvaldo Herrera", cv. `INIVIT B2-2005': Fecha plantación boniato: 30/4/2017 fecha cosecha boniato: 30/9/ 2017. 66 % NP y 50 % K dosis de NPK recomendada para lograr una micorrización efectiva del boniato en este tipo de suelo (Espinosa *et al*., 2015, 2016 y 2017). Dosis de 100 % NPK para el boniato se corresponde con 90, 75 y 150 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente (MINAG, 2012 b). Cepa HMA: *R. irregulare* / INCAM–11

Tabla 20. Beneficio del maíz "precedente" inoculado en el rendimiento del boniato en sucesión, en suelo Pardo mullido carbonatado. Año 2017. Datos inéditos de Alberto Espinosa Cuéllar.

TRAMIENTOS		RENDIMIENTO (t ha^{-1})
Precedente	**Boniato en sucesión**	
Maíz + 50 % NPK	Boniato 66 % NP y 50 % K	11,3
Maíz + HMA + 50 % NPK	Boniato +HMA+66 % NP y 50 % K	16,4
Maíz + HMA + 50 % NPK	Boniato + 66 % NP y 50 % K	15,7
Maíz + 100 % NPK	Boniato + 100 % NPK	16,7

UEB Integral Agropecuaria "Osvaldo Herrera", cv. `INIVIT B2-2005': Fecha plantación boniato: 30/4/2017 fecha cosecha boniato: 30/9/ 2017. 66 % NP y 50 % K dosis de NPK recomendada para lograr una micorrización efectiva del boniato en este tipo de suelo (Espinosa *et al*., 2015, 2016 y 2017). Dosis de 100 % NPK para el boniato se corresponde con 90, 75 y 150 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente (MINAG, 2012 b). Cepa HMA: *R. irregulare* / INCAM–11

2.9. PAPA (*Solanum tuberosum,* L.)

La papa es un alimento muy apreciado en la dieta alimenticia del cubano y en el país se plantan anualmente alrededor de 6 500 ha con rendimientos promedios de alrededor de 22 t ha^{-1} (ONEI, 2019), con la característica que se cultiva a nivel del mar. Es uno de los cultivos que recibe mayores cantidades anuales de fertilizantes minerales y de agroquímicos en general, garantizando los nutrientes necesarios vía fertilización.

Si bien es un cultivo dependiente de la micorrización, existen dos aspectos que explican por qué en el país prácticamente no se han realizado trabajos en que se evalué la respuesta a la aplicación de EcoMic®, ni la integración de este en la tecnología del cultivo. El primero las altas dosis de fertilizantes minerales que se utilizan sistemáticamente en el cultivo y el segundo las altas cantidades de semilla que se plantan (2 a 3 t ha^{-1}) que hacen poco factible un recubrimiento directo. No obstante, los recientes resultados que se han alcanzado con el aprovechamiento del efecto de permanencia del inoculante aplicado sobre el primer cultivo en sucesión bien utilizando abonos verdes (Rivera *et al*., 2017) o diferentes cultivos (Espinosa *et al*., 2018) brindan opciones al manejo de los inoculantes micorrízicos en este cultivo y de esta forma aprovechar los beneficios asociados a una micorrización eficiente.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo en que se vaya a cultivar la papa. (Tabla 2).

Formas de aplicación

1. Por recubrimiento en cantidades de 1 a 1,1 kg de EcoMic® cada 50 kg de semilla de papa. Se prepara un barro fluido y se sumergen las semillas en el mismo, se dejan orear a la sombra y se plantan.
2. Aprovechando el efecto de permanencia a partir de abonos verdes inoculados como cultivos precedentes. Proceder tal y como fue explicado en 1.4.4.

Un resumen de los resultados obtenidos en una campaña de validación ejecutada en Bolivia se presenta en la Tabla 20. Es de destacar que en estos ensayos la papa se cultiva a alturas de 1800 msnm y con temperaturas medias de 18 ºC, lo cual explica entre otros factores, los altos rendimientos obtenidos. Es interesante asimismo que en uno de estos ensayos los significativos incrementos en rendimiento se obtuvieron en presencia de aplicaciones de un fungicida sistémico como el MAXIM, aplicado de conjunto con el EcoMic®.

Tabla 20. Resumen de ensayos de validación con agricultores de la aplicación del EcoMic® en el cultivo de la papa. Santa Cruz de la Sierra 2004–2005. Fuente (Hernández-Zardón, 2005).

LOCALIDAD	INSUMOS UTILIZADOS EN AMBOS TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO	
		EcoMic® t ha^{-1}	Testigo t ha^{-1}
Valle Grande	1 kg EcoMic® por 50 kg de semilla. 100 kg ha^{-1} de fosfato diamónico al plantar	28,12	23,88
Comarapas	1,13 kg EcoMic® en 1,66 L de agua y 33,3 ml de fungicida Maxim para recubrir 50 kg de semilla. 250 kg ha^{-1} de (18-46-0) al plantar. Aplicación de insecticida Actar antes de tapar los surcos.	75,48	64,5
Comarapas		74,1	49,8

Ciclo del cultivo ≈ 100 días.

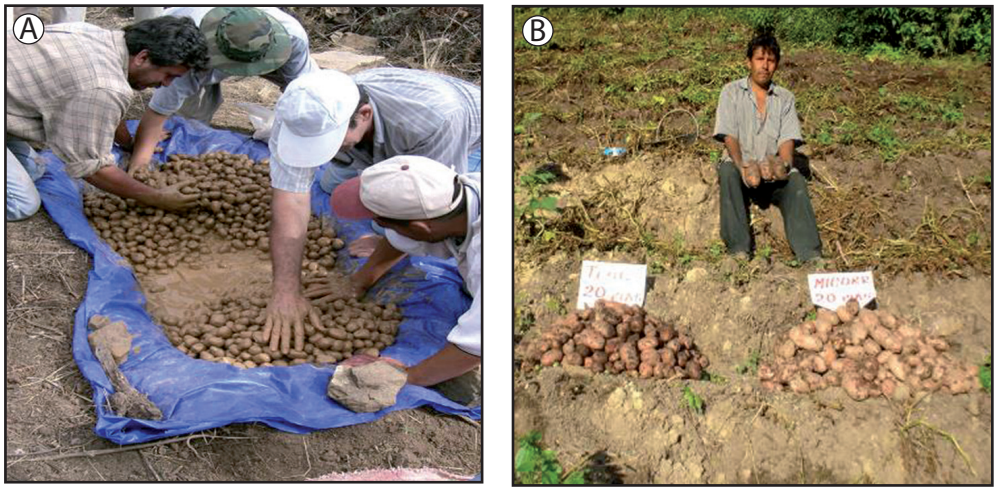

Foto 30. Utilización del EcoMic® en el cultivo de la papa, cv. Desiree, en ensayos con agricultores durante el periodo 2004–2005. Localidad de Comarapas, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. A) Recubrimiento con EcoMic®; B) Tubérculos obtenidos en 20 plantones, a la derecha con EcoMic® y a la izquierda sin EcoMic®. En este ensayo el incremento en rendimiento obtenido fue del 50 % . Fotos cortesía del MSc. Alejandro Hernández Zardón.

2.10. MALANGA (*Colocasia* spp *y Xanthosoma* spp)

El cultivo de la malanga es muy apreciado en Cuba, formando parte de los hábitos alimenticios del cubano. Se plantan anualmente 13 920 ha alcanzando un rendimiento promedio de 13,86 t ha^{-1} (ONEI, 2019). Es un cultivo dependiente de la micorrización y se han desarrollado investigaciones para comparar la respuesta a la inoculación de diferentes cepas en dos condiciones edáficas (Ruiz, 2001), el efecto de la inoculación de la cepa eficiente HMA sobre las dosis de fertilizantes minerales (Ruiz, 2001), el manejo de su inoculación en secuencias de cultivos (Marrero *et al*., 2008), optimización de la aplicación vía recubrimiento de las semillas (Ruiz *et al*., 2012), disminución del daño ocasionado por la pudrición seca (Espinosa, 2013). Los trabajos han sido ejecutados con las especies Xanthosoma y Colocasia.

La malanga se planta a partir de secciones de cormos y cormelos, así como de vitroplantas y en densidades de alrededor de 30 000 plantas ha^{-1}. En el caso de la siembra directa de los propágulos vegetativos conlleva a un alto peso de semillas, lo que prácticamente impide su aplicación directa vía recubrimiento.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo en que se vaya a cultivar la malanga (Tabla 2).

Formas de aplicación

1. **Vía recubrimiento de la semilla vegetativa**, por inmersión en una suspensión 1/5 (1 kg de EcoMic® por cada 5 litros de agua) para lo cual se requiere de 68 kg ha^{-1} de EcoMic®, cantidad prohibitiva para una aplicación comercial en grandes áreas.
2. **Aclimatización de vitroplantas**. Con independencia de los positivos efectos, la aplicación de 5 o 10 g por vitroplantas es prohibitiva debido a la alta densidad de plantación utilizada.
3. **Vía efecto de permanencia** y sobre todo utilizando canavalia inoculada y se procede tal y como fue explicado en 1.4.4. Por este procedimiento solo se utilizan de 8 a 10 kg ha^{-1} de EcoMic®.

Manejo recomendado

Sembrar canavalia inoculada con EcoMic® y Azofert-can® como cultivo precedente al inicio de las lluvias, dejar crecer por 60 días, corte e incorpore y plante la malanga entre 20 y 40 días después de la incorporación. La utilización de la canavalia inoculada con ambos biofertilizantes como cultivo

precedente además de garantizar la micorrización eficiente de la malanga, pone a disposición de esta entre 140 a 180 kg ha^{-1} de nitrógeno, del cual el 70 % provienen de la fijación biológica del nitrógeno y por tanto es un aporte al sistema equivalente a 4 a 5 sacos de urea por hectárea. Asimismo recicla cantidades importantes de P y K. Si dispone de fertilizantes puede aplicar el equivalente al 20 % del nitrógeno y el 50 % del P y K recomendado por el Instructivo Técnico (MINAG, 2008).

La utilización del EcoMic® no solo incrementa los rendimientos, disminuye dosis de fertilizantes, sino que además reduce la incidencia de la pudrición seca (mal seco), siendo esto último un valor agregado poco reconocido de la inoculación con EcoMic®. La incidencia en la producción de esta enfermedad es del orden del 22 al 28 % de la cosecha y disminuye hasta 4–5 % cuando la malanga es inoculada con EcoMic® y en presencia del 25 al 50 % de la dosis de fertilizante (Espinosa, 2013).

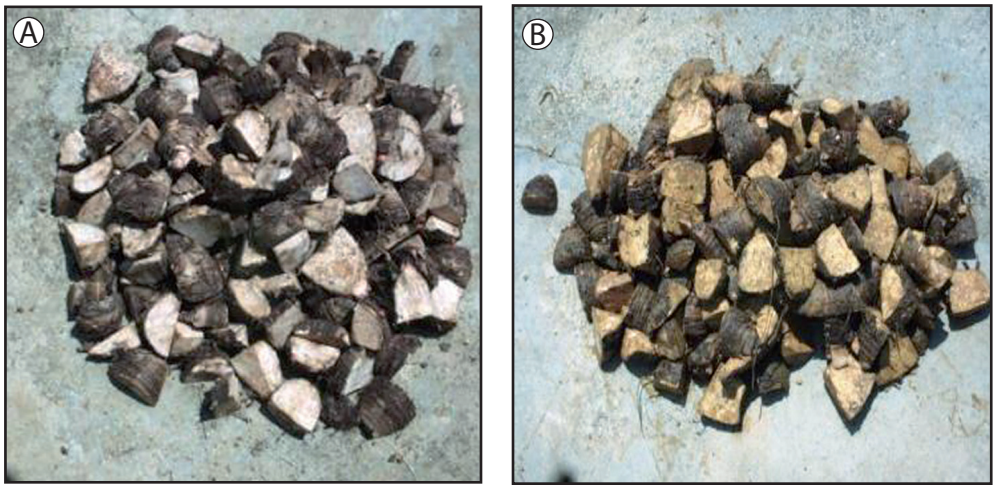

Foto 31. Vistas de cormos fraccionados de malanga *Xanthosoma* (cv. `INIVIT M 95–2´). A) sin recubrir, B) recubiertos con EcoMic® por inmersión en suspensión de 1/5 y con dosis equivalentes a 68 kg ha^{-1} de EcoMic®. Fotos cortesía de Dr. C. Luis Ruiz Martínez.

2.11. BANANOS Y PLÁTANOS (*Musa* spp)

Los plátanos y bananos son ampliamente demandados por la población para su consumo fresco o cocinado. Las plantaciones de estos cultivos fueron del orden de las 88 000 ha en el 2018 de las cuales el 27 % corresponden a cultivares de banano, pero para cualquiera de ambas especies los rendimientos han sido bajos y no sobrepasan las 11 t ha^{-1} (ONEI, 2019). Estas especies son dependientes de la micorrización, con una efectiva respuesta a la inoculación de cepas eficientes de HMA. En el país se han desarrollado un grupo amplio de trabajos con este cultivo evaluando: cepas HMA y relaciones suelo/abono orgánico en la etapa de aclimatización de vitroplantas (Simó *et al*., 2017); el efecto de la inoculación en la disminución de fertilizantes, tanto minerales, como orgánico minerales (Simó *et al*., 2015; Ruiz *et al*., 2016 b); la integración con la *Canavalia ensiformis* como abono verde inoculado precedente e intercalado, disminuyendo cantidades de fertilizantes, como vía para micorrizar la plantación de banano y como cobertura del suelo (Simó, 2016 ; Simó *et al*., 2016).

En el caso del banano los marcos de plantación utilizados han sido doble surco de 4 x 2 x 2,4 m entre plantas, para una densidad de 1 388 plantas ha^{-1}. En el caso de los plátanos los trabajos han sido ejecutados en el sistema extradenso: 3 x 1 m (3 333 plantas ha^{-1}), asi como con el cultivar Burro CEMSA en un marco de plantación de 4 m x 4 m (625 plantas ha^{-1}).

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo o sustrato en que se vaya a cultivar el plátano o banano. (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación de la cepa eficiente por condición edáfica: `FHIA 18´, `FHIA 21´ y Plátano `CEMSA Burro´.

Formas de aplicación en la fase de obtención de plántulas

1. **Aclimatizacion de Vitroplantas**. En un sustrato conformado por una relación 1/1 Suelo / Abono orgánico y pudiendo utilizar Compost o Humus de lombriz como fuente de abono orgánico (Simó *et al*., 2017), aplique de 10 g de inoculante EcoMic® y coloque encima la vitroplanta.
2. **Semillas en Centros de Reproducción Acelerada de Semillas (CRAS) o en viveros**. Se toman cormos de plátano del calibre B (1,81–2,72 kg) recomendados por el Instructivo Técnico del cultivo del Plátano (MINAG,

2011), a los cuales se les cortan todas las raíces y se lavan con agua para eliminar todos los restos de suelo. Los cormos se fraccionan según la metodología establecida (se les eliminó la yema apical y una parte de la basal). El peso fresco de las fracciones será de 200 g y en el caso de las yemas fue de 50 g.

Para ambos tipos de material de propagación la inoculación se realiza a partir de preparar una mezcla de 1 kg de EcoMic® en 5 litros de agua y se sumergen las mismos y se les da vuelta, para que la mezcla recubra totalmente estos. Se sacan, se dejan orear a la sombra y se colocan en el cantero del CRAS o en una bolsa. En el cantero se colocan en hileras con una separación de 10 cm entre ellas.

La inoculación también se puede realizar aplicando 10 g de EcoMic® debajo de la fracción o yema cuando esta se plante, pero conlleva a mayor utilización de inoculante.

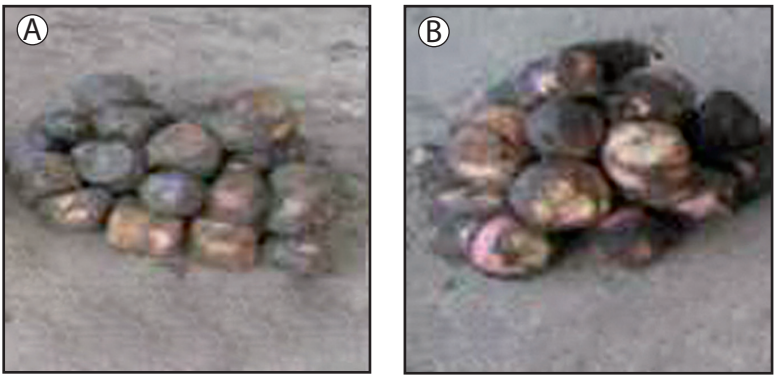

Foto 32. A) Vista de yemas recubiertas con la mezcla recomendada de 1 kg por cada 5 litros de agua. B) Yemas sin recubrir. Fotos cortesía de Dr. C. J. Simó González.

Para Plantación

3. Aplicación de 20 g planta^{-1} en el hoyo debajo de cada semilla previo al trasplante. Esta aplicación es válida para los tres o cuatro ciclos de cosecha de la plantación, siempre que no le falte el riego y disponibilidad de nutrientes necesaria para un satisfactorio funcionamiento micorrízico (70 % de la fertilización mineral recomendada).
4. Utilización de *Canavalia ensiformis* inoculada con EcoMic® y Azofertcan® (rizobios) como cultivo precedente (1.4.4.). Se corta entre 60 y 100 días dependiendo de su crecimiento, se incorpora con la preparación del suelo y plantar el banano o plátano a los 30 – 40 días del corte de la canavalia. No necesita inocular el banano o plátano en el trasplante. No necesita reinocular en los diferentes ciclos productivos, siempre que no le falte el riego y exista disponibilidad de nutrientes para un satisfactorio funcionamiento micorrízico, por ejemplo entre

30 y 50 % de la fertilización NPK recomendada (MINAG, 2011) con las mayores cantidades para el potasio.

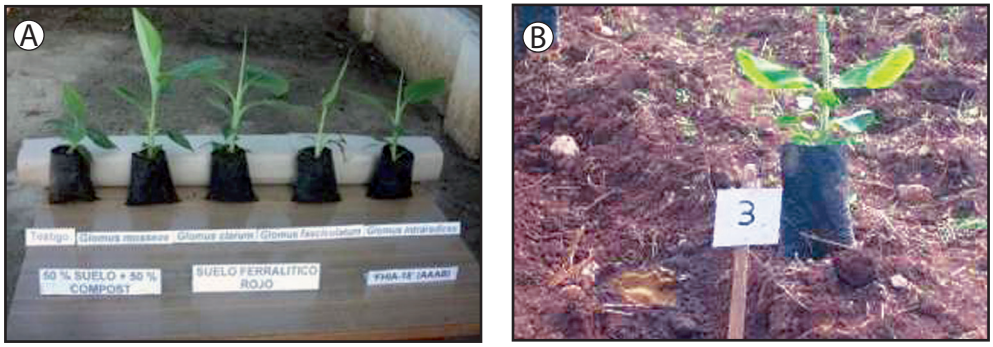

Foto 33. A) Efecto de diferentes cepas HMA en aclimatización de vitroplantas. La primera bolsa corresponde al tratamiento testigo con relación S/AO de 1/1. La segunda bolsa a la aplicación de INCAM–11, cepa eficiente de HMA para sustratos con pH–H_2O > 7. B) Vitroplanta aclimatizada con EcoMic® lista para trasplante. Fotos cortesía de Dr. C. J. Simó González.

Manejo recomendado

Adaptación de vitroplantas u obtención de plántulas en CRAS

1. Utilización del EcoMic® en la aclimatización de las vitroplantas o de la obtención de plántulas en los CRAS y viveros, con lo cual se ahorra el 50 % del abono orgánico en el sustrato, se obtienen plántulas más vigorosas y con mayor porcentaje de supervivencia. En el caso de aclimatización o reproducción de plántulas en bolsas, la relación suelo / abono orgánico para mayor funcionamiento micorrízico depende del tamaño de la bolsa. En bolsas grandes como la de la foto 33 la relación suelo/abono orgánico será de 1/1, en bolsas pequeñas de 1/3.

En establecimiento de la plantación

2. En el área a establecer la plantación siembre un abono verde precedente e inoculado, cortar e incorporar (foto 34) y en 30–40 días trasplantar el cormo, plántulas o vitroplantas. Aplicar anualmente entre el 25 y 50 % de la fertilización orgánica o el 50 % de la fertilización mineral N y K_2O. A los 30 días de trasplantado el plátano o banano se intercala canavalia inoculada, se le dan dos cortes anuales, en cada corte se arropa el material vegetal debajo de las plantas de banano o plátano y en mayo de cada año siembre de nuevo canavalia inoculada e intercalada. No necesita reinocular el cultivo principal en los diferentes ciclos productivos, siempre que mantenga riego y atenciones culturales.

   Debe monitorear desde el primer ciclo productivo si la fertilización potásica es suficiente a partir del análisis foliar en floración, balance de aportes y exportaciones y dinámica del potasio intercambiable en el suelo al finalizar cada cosecha. A manera de ejemplo los contenidos de pota-

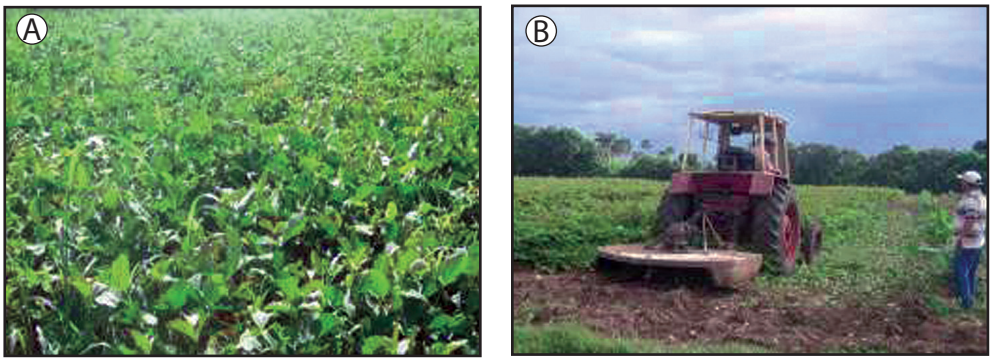

Foto 34. A) Campo de *C. ensiformis* inoculada con EcoMic® para utilizar como precedente. Producción de biomasa entre 5,5 y 6 t ha^{-1} de masa seca a los 60 a 70 días de sembrada. B) corte de la canavalia. Fotos cortesía de Dr. C. J. Simó González.

sio foliar en floración se deben encontrarse entre 33 y 37 mg kg^{-1} y en plantaciones en suelos Pardos mullidos carbonatados los contenidos de potasio intercambiable al terminar la cosecha deben ser mayor que 0,7 $cmol_c$ kg^{-1}, cuando obtenga valores en estos rangos mantenga los aportes de potasio utilizados (tanto vía fertilización mineral como en los abonos orgánicos), valores inferiores requiere incrementar las dosis de potasio (Simó, 2016).

La experiencia en Cuba con el uso de los abonos verdes ha sido con la canavalia; no obstante, pueden utilizarse otras especies como por ejemplo especies de crotalaria y de mucuna las cuales también son leguminosas con crecimiento rápido, buen potencial de fijación del nitrógeno atmosférico y responden satisfactoriamente a la aplicación del EcoMic®. Las posibles ventajas de canavalia y de mucuna es que presentan relaciones hojas/tallos que favorecen una rápida mineralización y sus contenidos de nutrientes participan con mayor rapidez en la nutrición del banano.

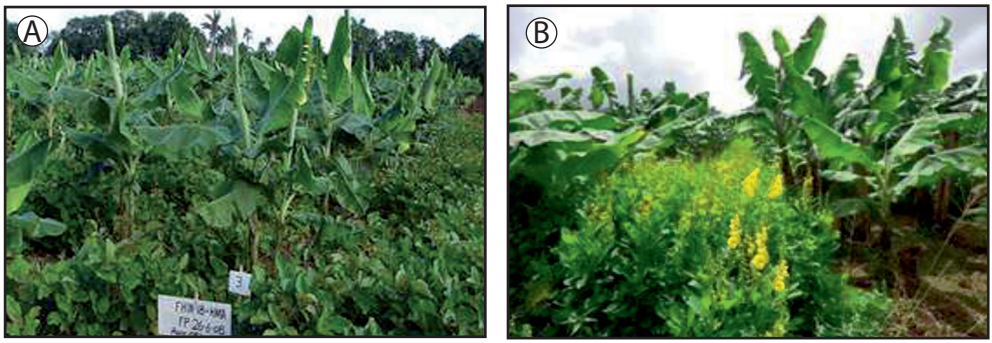

Foto 35. Vistas de leguminosas intercaladas en plantaciones de banano. A) *C. ensiformis* intercalada e inoculada con EcoMic® en plantación de banano cv. ´FHIA 18´ en el área experimental del INIVIT. B) *Crotalaria spectabilis* intercalada en plantación de banano en Martinica. Fotos cortesías de Dr.C. J. Simó González y del Sr. Jean Carreau respectivamente.

3. En caso de no utilizar abonos verdes precedentes, establezca la plantación a partir de plántulas micorrizadas y al trasplantar adicione 20 g de EcoMic® en el fondo del hoyo. Con este procedimiento aplique para cada cosecha el 75 % del fertilizante recomendado para la obtención de altos rendimientos. No necesita reinocular en los diferentes ciclos productivos siempre que mantenga el riego y las atenciones culturales en la plantación. Mantenga el monitoreo sobre el suministro de potasio tal y como se explicó anteriormente. Aun en este caso se recomienda intercalar y mantener la canavalia inoculada (1.4.4.) y puede disminuir la dosis de fertilizante hasta 50 % de NPK.

Foto 36. Plantación de cultivar `FHIA 18´ bajo sistema extradenso e inoculada con EcoMic® en trasplante y aplicaciones de fertilizante mineral (66 % NK y sin fosforo). Suelo Pardo mullido carbonatado. Foto cortesía de MSc. Danney Armario Aragón.

Foto 37. Respuesta del banano a la inoculación con EcoMic® en el trasplante, en la región de Bajo Lempa, El Salvador, mayo 2015. A) sin inoculación, fíjese la despoblación y menor tamaño. B) inoculadas con EcoMic® (en El Salvador está registrado como BioAmigo®). Fotos cortesía de Dr. C. Ramón Rivera Espinosa.

2.12. TOMATE (*Solanum licopersicum* L) y PIMIENTO (*Capsicum annuum* L)

El tomate y el pimiento ocupan un lugar destacado en la producción hortícola cubana por su preferencia en la población, debido al exquisito sabor y nivel nutricional. Según datos de la ONEI (2019), en el año 2018 se sembraron 46 395 ha de tomate y 7 277 ha de pimiento de las cuales aproximadamente el 92 % correspondían al sector no estatal. Los rendimientos obtenidos fueron similares en ambos sectores y del orden de 11,94 y 10,81 t ha^{-1} para el tomate y el pimiento respectivamente, los cuales resultan bajos para los potenciales de las variedades utilizadas.

Ambos cultivos son dependientes de la micorrización y se han ejecutado diversas investigaciones encaminadas a establecer: selección de cepas eficientes de HMA y coinoculación con rizobacterias (Terry *et al.*, 2007), sinergia con productos bioestimuladores (Terry y Ruiz, 2008) y efecto del manejo combinado con bioproductos en la disminución de fertilizantes minerales (Terry *et al*. 2001; Terry y Ruiz, 2008). La efectividad de la inoculación ha sido establecida en la etapa de producción de posturas obteniéndose posturas más vigorosas con menor incidencia de enfermedades y mayor supervivencia en el trasplante, así como un mayor crecimiento y rendimiento agrícola (30 %); con aplicaciones combinadas de EcoMic® y bioestimulantes este efecto alcanza hasta un 50 % de incremento en el rendimiento.

En el caso de estas hortalizas, se parte de la producción de plántulas en cepellones, para lo cual se utilizan bandejas con 247 alveolos cada uno de los cuales tiene un volumen de 32,5 cm^3, en un sustrato conformado por 60 % suelo, 30 % abono orgánico y 10 % cascarilla de arroz, lo cual permite lograr una plántula vigorosa, con mayor número de hojas y grosor del tallo adecuado.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo o sustrato en que se cultiven (Tabla 2).

Cultivares evaluados. De tomate: `Amalia´, `Mariela´, `Mara´,`Alty´, `FA572 Hazera´.
Cultivares evaluados. De Pimiento: `California Wonder´,` LPD5´.

Formas de aplicación

1. **Aplicación directa**: aplicar 0,7 g de inoculante EcoMic® por alveolo de la bandeja. Para producir las posturas de una hectárea de tomate o pimiento se utilizarán 19 kg del biofertilizante. Preferentemente

mezclar previamente el EcoMic® con el sustrato, a razón de 180 g de EcoMic® por bandeja y preparar las 121 bandejas de 247 alveolos que darán lugar a las 30 000 plantas para una hectárea.

2. **Vía recubrimiento de las semillas**: hacer una mezcla a partir de 1 kg de EcoMic® en 600 ml de agua y utilizar la relación de 10 % de EcoMic® por peso de la semilla. Para 1 ha^{-1} de tomate se necesitan aproximadamente 0,5 kg de semillas y 50 g del biofertilizante. Para el pimiento se necesita 1 kg de semillas ha^{-1} y 100 g de EcoMic®. No obstante es engorrosa la manipulación de las semillas y no se utiliza
3. **Aplicación en semilleros tradicionales**: aplicar 100 g de EcoMic® para un metro cuadrado de semillero en el cual se producen aproximadamente entre 800 y 1 000 plántulas. La estimación es de 2,8 a 7 kg ha^{-1} de EcoMic® en función del cultivo, marco de plantación y plantas para resiembra.
4. **Aplicación en el momento del trasplante** por inmersión de las raices en una mezcla 1/5 de EcoMic® y agua.

Foto 38. Etapas de obtención de posturas micorrizadas en cepellones. CCSF "Niceto Pérez", Habana. A) Preparación del sustrato, B) Adición del EcoMic® al sustrato para elaborar la mezcla. C) Llenando las bandejas. D y E) Posturas micorrizadas de tomate y pimiento listas para trasplante. Fotos cortesía de Dra. C. Ellein Terry Alfonso.

Foto 39. Producción de posturas inoculadas con EcoMic® en semillero. Foto cortesía de Dra C. Ellein Terry Alfonso.

Foto 40. Vista de un semillero de tomate inoculado con EcoMic® en la siembra; edad de las plantas 30 días. Polígono Provincial de Suelos, CPA "Calixto Sarduy", Las Tunas. Foto cortesía de Dra. C. G. Martín Alonso y MSc. A. Hernández Zardón.

Foto 41. Respuesta del tomate y del pimiento a la aplicación de EcoMic® en los alveolos. A) plantas de tomate de 30 días de trasplantada y B) plantas de pimiento de 45 días de trasplantada. Fotos cortesía de Dra. C. Ellein Terry Alfonso.

Manejo recomendado

1. Coinoculación de EcoMic® y rizobacterias (*Azospirillum* sp, *Azotobacter* sp). Si ambos inóculos son sólidos, debe aplicarse el EcoMic® al sustrato según dosis descrita anteriormente y la rizobacteria, debe ser inoculada a la semilla según tecnología de recubrimiento. Si la rizobacteria se presenta en formulación liquida (ej: Dimargón a base de *Azotobacter choorococum*), realizar aspersión foliar a los 10 días después de la germinación a una dosis de 1,0 L ha^{-1} (Terry *et al*., 2002 y 2005). Antes de trasplantar aplique el 75 de la fertilización mineral recomendada por el Instructivo (Casanova *et al*., 2010).
2. Aplicación conjunta con Bioestimulantes (Quitomax®, Fitomas–E®, Biobras–16®):
   2.1. EcoMic®–Quitomax®: aplicar el EcoMic® al sustrato según procedimiento descrito anteriormente. La aplicación de Quitomax® se realiza a la postura a los 10 días después de la germinación a una dosis de 1 mL L^{-1}

(para 80 m^2 de semillero tradicional necesarios para plantar una hectárea, se requerirán 40 mL de Quitomax®) y en trasplante por aspersión foliar con una dosis de 100 mL ha^{-1} aplicados en dos momentos, a los 10 días después de realizado el trasplante y en la floración inicial (25 % de las flores abiertas). Se aplica el 75 % del fertilizante mineral NPK antes del trasplante (Terry, 2008).

2.2. EcoMic®–Fitomas–E®: aplicar el EcoMic® al sustrato según procedimiento descrito anteriormente. La aplicación del bioestimulante será en la etapa de trasplante por aspersión foliar a una dosis de 1 L ha^{-1}, una primera aplicación a los 7 días (pre–floración), una segunda a los 15 días posteriores a la primera (plena floración) y una tercera al mes de la segunda floración (cuajado de los frutos).

2.3: EcoMic®–Biobras–16®: aplicar el EcoMic® al sustrato según procedimiento descrito anteriormente. La aplicación del bioestimulante será en la etapa de trasplante por aspersión foliar a una dosis de 20 mg ha^{-1}, aplicando a los 7 y 15 días posteriores al trasplante.

En todos los casos se aplica solamente el 75 % del fertilizante mineral NPK antes del trasplante (Terry *et al*., 2001, 2008, 2018). En ninguna de las variantes antes mencionadas, es necesaria la reinoculación con EcoMic® en el momento del trasplante.

Validaciones a escala productiva

Recientemente con el Proyecto de Innovación-AECID de "Extensión de los inoculantes micorrízicos en diferentes cultivos de las provincias de Mayabeque y Guantánamo" se iniciaron algunas áreas demostrativas con pimiento y aunque aún no se dispone de los rendimientos, en la foto 42 se puede observar la fuerte respuesta obtenida a la inoculación del pimiento, en este caso realizada en el momento del trasplante de las posturas.

Foto 42. Respuesta del pimiento var. California Wonder a los 45 días después de la inoculación con EcoMic®. CCS "Niceto Pérez", Jaruco, Mayabeque. A) Inoculación en trasplante. B) Surcos con EcoMic® situados a la derecha del MSc. L.R. Fundora y a la izquierda sin EcoMic®. Fotos cortesía de Dr. C. Gloria Martin Alfonso.

AJO (*Allium sativum,* L.)

Según datos de la FAO (FAOSTAT, 2019), el ajo en Cuba se siembra en una superficie de 2 887 ha, con un volumen total de producción de 24 266 t y un rendimiento de 8,4 t/ha^{-1}. Es un cultivo dependiente de la micorrización, y si bien se han desarrollado diferentes ensayos y experimentos para evaluar respuesta a la aplicación de la cepa eficiente de HMA, el grueso de esa información no ha sido publicada.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo en que se vaya a cultivar (Tabla 2).

Formas de aplicación

1. **Vía recubrimiento de las semillas** con el 6 % del peso de las semillas y que asciende a 24 – 30 kg ha^{-1}, ya que comúnmente se siembran entre 400 y 500 kg ha^{-1} de semilla.
2. **Vía abonos verdes** precedentes inoculados con la cepa eficiente de HMA.

Manejo recomendado

Siempre que sea posible aplicar vía *Canavalia ensiformis* u otro abono verde precedente e inoculado con lo cual además de disminuir significativamente las cantidades de EcoMic® (kg ha^{-1}), se logran poner a disposición del ajo cantidades importantes de nitrógeno y otros nutrientes presentes en la biomasa de la canavalia.

Resultados obtenidos a escala productiva

En el marco del proyecto AECID y en las fincas "La Chivería", de San José de las Lajas y "San Pablo", de Jaruco, se plantaron varios canteros de ajo. La inoculación con EcoMic® se realizó por la metodología del recubrimiento de los "dientes", previo humedecimiento de los mismos con agua a la que se le adicionó QuitoMax® en dosis de 5 mL por litro de agua. La plantación se realizó de la forma en que tradicionalmente se emplea en las fincas, con canteros no muy largos y a doble hilera. La cosecha se realizó de forma manual y se encontró una alta respuesta a la aplicación de estos bioproductos (Tabla 22), dependiente el nivel de rendimiento de la infraestructura productiva y la fertilidad de los suelos en ambas fincas.

Tabla 22. Respuesta del ajo (kg m^{-2}) a la aplicación combinada de EcoMic® y Quitomax® en la provincia de Mayabeque. Año 2018. Proyecto AECID (datos no publicados).

FINCA	TESTIGO SIN BIOPRODUCTO (kg m^{-2})	EcoMic® + Quitomax® (kg m^{-2})	INCREMENTO (%)
"La Chivería" CCS "Paco Cabrera"	0,9	1,8	100
"San Pablo" CCS "Noelio Capote"	0,6	1,0	66

Foto 43. Respuesta del ajo a la inoculación con EcoMic® y Quitomax®. A) semillas de ajo recubiertas. B) Canteros con plantas de ajo: izquierda plantas sin bioproductos y derecha canteros con EcoMic® y Quitomax®, note el mayor crecimiento de las plantas inoculadas. Finca "La Chiveria", CCS "Paco Cabrera", Mayabeque . Fotos cortesía de Dra. C. Gloria Martín Alonso y Ms.C. Luis R. Fundora Sánchez..

OTRAS HORTALIZAS

Se han desarrollado trabajos con otras hortalizas como cebolla, lechuga, habichuelas que han dejado claro la respuesta positiva a la inoculacion con EcoMic®, aunque no abundan las publicaciones al respecto.

Las aplicaciones se ejecutan via recubrimiento de la semilla al 10 % del peso de la semilla a sembrar, de forma similar a como se describio en 1.4.1. Asimismo se combinan con aplicaciones de estimulantes como el Quitomax®, tanto en siembra como aplicaciones foliares. En el caso de las habichuelas se puede ademas aplicar biofertilizantes a base de rizobios.

En el marco del proyecto AECID se han ejecutado areas demostrativas con habichuelas y pepino (Tabla 23) con resultados positivos e incrementos de alrededor de 200 % en el rendimiento.

Tabla 23. Respuesta de la habichuela (mazos ha^{-1}) y pepino (t ha^{-1}) a la aplicación de EcoMic® y combinada con Quitomax®. Datos cortesia de Yoel Hernández Gallardo. Finca "El Mulato", CCSF "Orlando Cuellar". Año 2018. Proyecto AECID.

CULTIVO	TESTIGO SIN BIOPRODUCTO	EcoMic® + Quitomax®	INCREMENTO (%)
Habichuelas (mazos ha^{-1})	17 857,14	35 714,29	200
Habichuelas (mazos ha^{-1})	17 857,14	23 809,52	233
Pepino (t ha^{-1})	9,73	13,72	99

En la República de El Salvador se ejecutó una campana de validación en diferentes cultivos como frijol, maíz, plátanos, cafetos, lechuga, tomate, zanahorias entre otros cultivos con resultados satisfactorios. En la Foto 44 se presenta información visual sobre los efectos del biofertilizante EcoMic® o BioAmigo® (nombre comercial en dicho país) en el cultivo de lechuga.

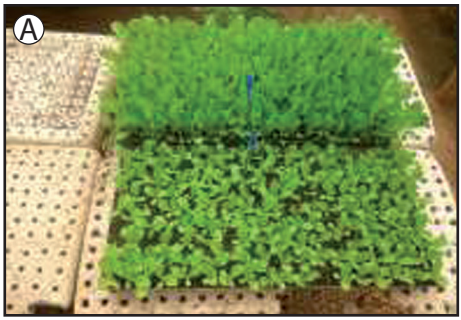

Foto 44. Respuesta de la lechuga a la inoculación con EcoMic® en El Salvador. A) en la etapa de bandeja, bandeja de atrás con EcoMic® y de adelante sin EcoMic®. B) lechugas trasplantadas de 21 días, plantas de la izquierda con EcoMic®. C) lechugas trasplantadas de 66 días, plantas de la derecha con EcoMic®. Fotos cortesía del Dr. C. Martin Bertolí.

2.13. TABACO (*Nicotiana tabacum L.*)

El tabaco es un cultivo importante para la economía cubana, gozando el tabaco cubano de reconocido prestigio internacional. En el país se plantan anualmente cerca de 19 000 ha (ONEI, 2019) y las mayores aéreas dedicadas a la obtención de capa se encuentran en la región de Vuelta Abajo en la provincia de Pinar del Rio. *Nicotiana tabacum* L. es una especie dependiente de la micorrización, con una respuesta positiva ante la inoculación de cepas eficientes de HMA y a su manejo conjunto con abonos verdes.

En el país se han desarrollado diferentes trabajos con este cultivo evaluando: efectividad de cepas de HMA en semilleros tradicionales (Cruz *et al*., 2012; Cruz *et al*., 2014) ; el efecto de la inoculación en la disminución de fertilizantes minerales; la integración con la *C. ensiformis* como abono verde precedente e inoculado con la cepa eficiente de HMA, como vía para micorrizar la plantación de tabaco, para disminuir cantidades de fertilizantes y como cobertura del suelo (García *et al*., 2015; García *et al*., 2017 a; García *et al*., 2017 b).

La fecha óptima para iniciar los semilleros es desde el 1ro de septiembre hasta el 30 de noviembre y a los 35 a 45 días se trasplanta, de forma tal que el trasplante se encuentre en el periodo comprendido entre el 15 de octubre hasta el 15 de enero. El tabaco "negro" cultivado al sol se planta a 76 cm de camellón y 30 cm entre plantas, para una densidad de 38 000 plantas ha^{-1}.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación de la cepa eficiente de HMA: `Criollo 98´, `Corojo 99´, `Corojo 2006´.

Formas de aplicación
Para semilleros

1. Una vez confeccionados los canteros de 20 m de largo y 1 m de ancho, de acuerdo con el Instructivo técnico (ITT, 2012), se aplica el EcoMic® superficialmente y momentos antes de la siembra, a razón de 0,5 kg m^{-2} de suelo y se incorpora con un rastrillo a 5 cm de profundidad. La semilla se aplica a razón de 0,15 g m^{-2} de suelo, previamente embebida en agua por 8 horas y oreada antes de la siembra (ITT, 2012).

Para Plantación

1. Si se utilizan posturas micorrizadas en su fase de semillero, no necesitan reinoculación en su trasplante.
2. Utilización de *Canavalia ensiformis* como cultivo precedente e inoculada con EcoMic® y Azofert–can® (rizobios). Se corta entre 60 y 90 días dependiendo de su crecimiento, se incorpora con la preparación del suelo y se planta el tabaco a los 30 – 40 días del corte de la canavalia. No se necesita inocular el tabaco en el trasplante, aunque utilice posturas no inoculadas en el semillero.

Manejo recomendado

En semilleros

1. Momentos antes de sembrar la semilla aplique el EcoMic®en dosis 0,50 kg m^{-2} de suelo e incorpórelo de forma homogénea en los primeros 5 cm. Aplique el 75 % de la fertilización recomendada por el Instructivo (ITT, 2012). Se obtienen plántulas más vigorosas, con mayor rendimiento de plantas útiles por arranque, disminuyendo el número de arranques (de 10 a 8), así como se reduce el ciclo del semillero en 5 días con los consiguientes ahorros de mantenimiento de las plántulas en el vivero.

En establecimiento de la plantación

1. **En el área a establecer la plantación** siembre un abono verde inoculado con EcoMic® y rizobios aproximadamente 100 – 110 días antes de trasplantar el tabaco, déjelo crecer por 60 a 70 días de acuerdo con su crecimiento, corte a ras del suelo e incorpórelo en 10 a 15 cm de profundidad. Espere no más de 30 a 40 días para trasplantar las plántulas de tabaco. Aplicar al tabaco solo el 75 % de la fertilización mineral de formula completa NPK (ITT, 2012). No necesita reinocular las plántulas de tabaco en el trasplante, aun cuando utilice plántulas que no fueron inoculadas en el vivero. Proceda con las atenciones culturales previstas en el Instructivo técnico (ITT, 2012).

   En el cultivo del tabaco actualmente se reconoce la importancia de utilizar *Canavalia ensiformis* como cultivo precedente (ITT, 2012); sin embargo, aún no se ha incluido en el Instructivo la inoculación con EcoMic® y rizobios de la canavalia, lo cual aporta múltiples beneficios adicionales entre los que se encuentra el incremento en los rendimientos del tabaco y la disminución en 25 % de los fertilizantes (García *et al*., 2020).

   La experiencia en Cuba con el uso de los abonos verdes inoculados con EcoMic® como precedentes al tabaco, ha sido también con la *Canavalia ensiformis* para la cual existe además un inoculante especifico de rizobios (Azofert–can®) que incrementa la fijación biológica del nitrógeno y por tanto los aportes de nitrógeno al sistema. En el caso de

los suelos de San Juan y Martínez se recomienda la coinoculación de *G. cubense* /INCAM–4 y de Azofert–can® (Cepa can5). No obstante, pueden utilizarse otros abonos verdes por ejemplo especies de crotalaria y de mucuna las cuales también son leguminosas con crecimiento rápido, buen potencial de fijación del nitrógeno atmosférico y responden satisfactoriamente a la aplicación del EcoMic®. Las cepas de hongos micorrízicos utilizadas en el EcoMic® son generalistas con las especies vegetales, por lo que se seleccionan de acuerdo al pH – H_2O del suelo y serán eficientes para cualquiera de las especies de abonos verdes u otros cultivos que se siembren o planten en esa condición edáfica.

Debe monitorear a partir de la primera campaña, las dosis de fertilizantes aplicados utilizando análisis foliar, balance de aportes y exportaciones y dinámica del potasio en el suelo al finalizar cada cosecha.

2. En caso de no utilizar abonos verdes precedentes, establezca la plantación a partir de plántulas micorrizadas y no necesita reinocular en el trasplante. Con este procedimiento aplique el 75 % del fertilizante recomendado para la obtención de altos rendimientos; no obstante los rendimientos serán menores que cuando utiliza los abonos verdes inoculados.

Foto 45. A) Vista de experimento para recomendar cepa eficiente de HMA para semilleros tradicionales de tabaco en las condiciones edáficas de la Estación Experimental San Juan y Martínez con pH–H_2O de 6,0 a 6,2. B) vista de parcelas con la cepa eficiente *G. cubense*. Cultivares `Corojo 99´, `Corojo 2006´ respectivamente. Fotos cortesía de MSc. Milagros García Rubido.

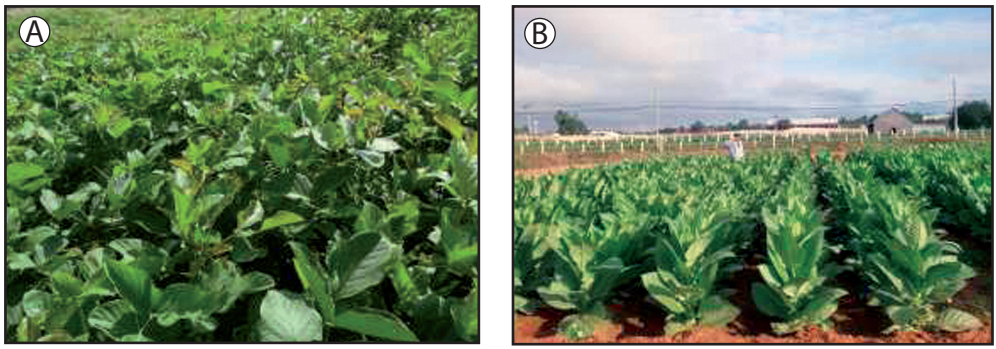

Foto 46. A) *C. ensiformis* como cultivo precedente e inoculada con EcoMic® en el área experimental de la Estación Experimental del Tabaco, San Juan y Martínez, Pinar del Río. B) Cultivar `Criollo 98´. Fotos cortesía de MSc. Milagros García Rubido.

2.14. CAFETOS (*Coffea arabica y C. canephora*)

La bebida de café en forma de café "negro", es altamente consumida en Cuba. En el país tradicionalmente se ha cultivado en la montaña o premontaña, aunque generalmente en estas condiciones el grueso de las plantaciones no sobrepasa los 700 msnm. En las alturas entre 450 y 700 msnm las temperaturas son más favorables y de forma general son mayores las precipitaciones. Las localidades más adecuadas en el país presentan temperaturas promedios anuales entre 20 y 21,5°C con precipitaciones entre 1500 y 1 800 mm año^{-1}, aunque por lo general los días de lluvia son bajos (<140 días año^{-1}). En el año 2013 se dedicaban al cultivo del cafeto 66,6 miles de hectáreas (Vázquez *et al*., 2018). Originalmente la especie que se cultivó con fines comerciales fue exclusivamente *Coffea arabica* y en los últimos 25 a 30 años se han incrementado las plantaciones *C. canephora*, sobre todo en las áreas más bajas y calientes.

El cafeto es un cultivo altamente dependiente de la micorrización y posiblemente fue el primer cultivo en Cuba con una amplia campaña de experimentos conducentes a establecer el manejo e integración de los inoculantes en la tecnología de producción, aunque la mayor cantidad de resultados en la fase de producción de posturas. Los experimentos fueron enfocados a: estudios de efectividad de cepas HMA en diversas condiciones edáficas y relaciones suelo/abono orgánico que permiten un mayor funcionamiento micorrízico y por tanto una mayor respuesta a la inoculación (Fernández, 1999; Bustamante y Ledesma., 2002; Sánchez *et al*., 2006 a, b y c); el manejo conjunto con otros bioproductos (Rivera *et al*, 1997; Pérez, 2002; Bustamante, *et al*., 2002, 2006, 2010 a); el uso de abonos verdes precedentes para de conjunto con la inoculación de las semillas, disminuir los requerimientos de abonos orgánicos en la fase de obtención de posturas (Sánchez *et al*., 2009, 2011; Rivera *et al*., 2010).

Asimismo, se han ejecutado experimentos de establecimiento de plantaciones de cafeto a base de posturas inoculadas y se ha establecido la influencia beneficiosa en el rendimiento del cafeto de intercalar *Canavalia ensiformis* tanto inoculada como no inoculada con EcoMic® (Bustamante, datos sin publicar). Con la canavalia además se han ejecutado trabajos de coinoculación de cepas de rizobios y cepas de HMA en suelos Pardos sin carbonatos (Bustamante *et al*., 2010) y en la actualidad se encuentran en ejecución trabajos similares en suelos del Escambray, con el objetivo de potenciar la capacidad de fijación biológica del nitrógeno de esta leguminosa.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo o sustrato en que se vaya a cultivar el cafeto (Tabla 2).

Cultivares evaluados de *C. arabica*: `Caturra´, `Catuai´, `Isla´.

Formas de aplicación
En Posturas

1. Aplicar 10 g de inoculante EcoMic® en el fondo del hoyo donde se va a colocar la semilla preferentemente pregerminada. La relación suelo / abono orgánico será menor que la 3/1, aunque dependiente de la fertilidad del suelo. Esta forma de aplicar también se puede utilizar cuando se siembren abonos verdes no inoculados (*C. ensiformis, C. juncea* o *S. vulgare*) para incorporar en el suelo con el que se prepara el cantero o las bolsas, con el objetivo de disminuir las cantidades de abono orgánico en la preparación del sustrato (Diaz *et al*., 2013 a y b).
2. Utilizando abonos verdes inoculados con EcoMic® y manejándolos de forma similar a la descrita por Diaz *et al*., (2013 a y b). En este caso no será necesario la aplicación de los 10 g de EcoMic® en cada bolsa.

Para Plantación

3. En el caso de cultivares de *C. canephora* que se plantan a 3 x 2 m, aplicar 20 g planta^{-1} de EcoMic® en el hoyo previo al trasplante. En el caso de cultivares de *C. arabica* que se plantan a mayores densidades de plantación, aplicar de forma similar 15 g planta^{-1} de EcoMic® en el momento del trasplante. Estas aplicaciones serán efectivas hasta las primeras dos cosechas, siempre que no haya existido un periodo seco anormal y que el cafeto haya recibido aplicaciones de abono orgánico o dosis medias de fertilizante mineral. Con posterioridad se debe reinocular, aunque no existe información experimental al respecto. En base a otros cultivos, aplicaciones de 15 a 20 g planta^{-1} en 2 a 4 hoyos de 15 cm de profundidad deben ser efectivas, pero trabajosas.
4. Sembrar *Canavalia ensiformis* inoculada con EcoMic® y Azofert–can® (rizobios) como cultivo precedente en toda la superficie de la futura plantación. Se corta entre 60 y 100 días después de la siembra dependiendo de su crecimiento, se coloca sobre la futura hilera de cafeto, hoyar y trasplantar el cafeto a los 30 – 40 días del corte de la canavalia. En este caso no necesita inocular el cafeto en el momento del trasplante. Es muy conveniente además intercalar anualmente canavalia inoculada en las calles de la plantación y de esta forma no debe ser necesario reinocular el cafeto.
5. Intercalamiento de *C. ensiformis* inoculada con EcoMic® y rizobios, se puede utilizar en fomentos y áreas de producción siempre que la plantación permita la siembra de la canavalia. El manejo de la canavalia de acuerdo con 1.4.4. y se siembra anualmente. Con esta variante no es necesario la reinoculacion directa al cafeto.

Foto 47. Efecto de la inoculación de EcoMic® en el crecimiento de posturas en tubetes. Bolsa de la izquierda sin EcoMic® y bolsa de la derecha con EcoMic®. Estación de Café de Jibacoa/INAF. Foto cortesía del Dr. C. Ciro Sánchez Esmoris.

Foto 48. Efecto de diferentes cepas de HMA en el crecimiento de posturas de cafetos en suelos Pardos sin carbonatos. Estación de Café III Frente, INAF. Bolsa 1 en la extrema izquierda Testigo y cuarta bolsa aplicación de *G. cubense* / INCAM-4. Foto cortesía del Dr.C. Carlos Bustamante González.

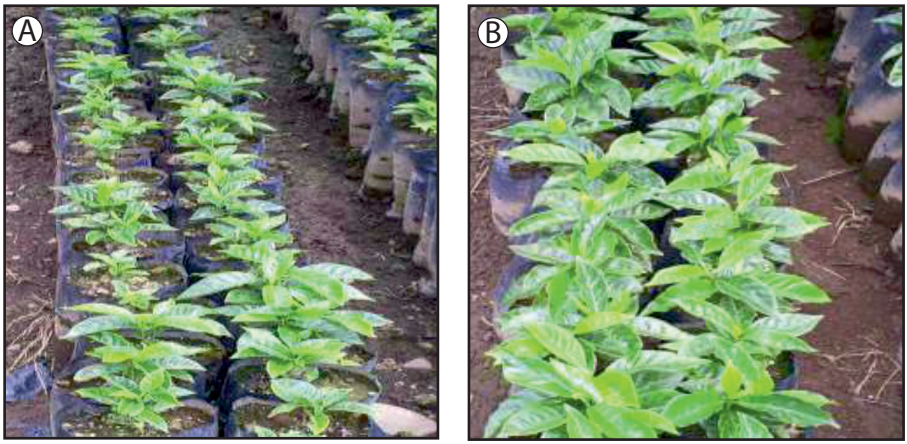

Foto 49. Efecto del EcoMic® en viveros de cafetos en Heredia, Costa Rica. A) testigo B) con EcoMic®. Aunque las distancias de toma de las fotos fueron diferentes, note que las posturas inoculadas tienen mayor área foliar, homogeneidad en crecimiento y vigor. Fotos cortesía de Dr. C. Ismael Hernández Venéreo, Organix S.A.

Manejo recomendado

Obtención de posturas micorrizadas con la cepa eficiente HMA

1. Siembre un abono verde como *C. juncea*, *C.ensiformis* o *Sorgum vulgare* inoculado con la cepa eficiente de HMA y en el caso de las leguminosas además con un rizobio, déjelo crecer durante 60 a 70 días, cortar e incorporar al suelo en 15 a 20 cm de profundidad. Para conformar el sustrato para llenar las bolsas, extraiga el suelo con el material incorporado. En suelos Pardos no será necesario aplicar abono

orgánico; en Fersialíticos aplique abono orgánico para alcanzar una relación 9 /1 (una parte de abono orgánico, con 9 partes del suelo con el abono verde incorporado) y mézclelo adecuadamente y en suelos Ferralíticos trabajé con una relación 7/1. A los 30 días llene las bolsas con este sustrato. En la siembra utilice preferentemente semillas pregerminadas y aplique Dimargon® al suelo y aplicaciones foliares a partir del tercer par de hojas, en todos los casos al 10 % (Bustamante *et al*., 2006). Si utiliza Vitazyme®, realice aplicaciones foliares al 1 % a partir del segundo par de hojas (Bustamante y Varela, 2012). Ejecute las diferentes actividades indicadas en el Instructivo técnico (Díaz *et al*., 2013 a y b).

2. Si no utiliza abonos verdes precedentes, inocule aplicando 10 g en el hoyo previo a la siembra de la semilla. En este caso para conformar el sustrato utilice relaciones de 5/1 (suelo/abono orgánico) para suelos de media fertilidad (Ferralíticos Rojos Lixiviados, Fersialíticos Rojos lixiviados, Pardos Gleyzoso) y para suelos de alta fertilidad como los Pardos sin carbonatos de la región de III Frente aplicar una relación 7/1. Como fuente de abono orgánico estiércol o humus de lombriz. Puede aplicar Dimargon® y Vitazyme® como en la recomendación anterior. Proceda con las labores planteadas en el Instructivo (Diaz *et al*., 2013 a y b).

En establecimiento de la plantación

3. En el área a establecer la plantación siembre un abono verde precedente e inoculado, cortar e incorporar y en 30–40 días trasplante las posturas. Aplicar 50 a 75 % de la fertilización orgánica y el 50 % de la fertilización mineral NPK indicada anualmente.

   A los 30 días de trasplantar el cafeto se intercala canavalia inoculada, de acuerdo con lo indicado en tópico 1.4.4. Se le da un primer corte entre los 60 y 90 días a 15 cm del suelo y se arropa el material debajo de la copa del cafeto, se deja rebrotar y se le da un corte definitivo en noviembre y se arropa para entrar en el periodo poco lluvioso con un arrope. En abril o mayo del próximo año se vuelve a intercalar canavalia inoculada y esta práctica se mantiene hasta que el cafeto cierre. El momento del primer corte anual dependerá de la fecha de siembra y para mantener las calles cubiertas hasta noviembre. No necesita reinocular el cafeto mientras mantenga el Intercalamiento de la canavalia inoculada. Cuando vaya a realizar una poda baja es conveniente hacerlo a la vez en tres surcos contiguos o más, para comenzar entre los mismos la siembra de la canavalia inoculada e intercalada. Puede manejar aplicaciones de otros bioproductos.

   Debe monitorear a partir de la primera cosecha, si la fertilización potásica ha sido suficiente a partir del análisis foliar realizado en la etapa de rápido crecimiento del fruto, mes de junio para condiciones similares

a III Frente con inicio de cosechas en agosto y se desplaza la fecha de este muestreo en función del inicio más tardío de la cosecha. Además realice balance de aportes y exportaciones y dinámica del potasio intercambiable en el suelo al finalizar cada cosecha.

La experiencia en Cuba con el uso de los abonos verdes ha sido con la canavalia; no obstante, pueden utilizarse otras especies como por ejemplo especies de mucuna las cuales también son leguminosas con crecimiento rápido, buen potencial de fijación del nitrógeno atmosférico y responden satisfactoriamente a la aplicación del EcoMic®.

4. Si bien se puede establecer la plantación de cafeto a partir de utilizar posturas micorrizadas y sin utilizar los abonos verdes precedentes inoculados, debe tratar de utilizar los abonos verdes inoculados intercalados (Foto 50), para garantizar el funcionamiento micorrízico efectivo de la plantación de cafeto entre otras ventajas.

Foto 50. Plantación de *C. canephora* con canavalia intercalada en III Frente, Santiago de Cuba. Fíjese la gran producción de biomasa que además de impedir vegetación indeseable, es una buena cobertura, disminuye erosión, recicla y aporta nutrientes y si se inocula mantiene un funcionamiento micorrízico efectivo del cafeto. Foto cortesía del Dr. C. Carlos Bustamante González.

Resultados de campañas de validación a escala productiva.

En el cafeto se realizaron campañas de validación de inoculantes micorrízicos en la década del 90 del pasado siglo, no obstante no disponemos de la información exacta de los resultados. Recientemente en el marco del proyecto AECID se ejecutan diversos trabajos con productores en la provincia Guantánamo, con resultados satisfactorios, obteniendo posturas con mayor área foliar y vigor y disminuyendo el periodo de aviveramiento (Tabla 24) todo lo cual disminuye el costo de producción de la postura.

Tabla 24. Validación del EcoMic® en la producción de posturas de cafeto. Proyecto AECID–Guantánamo . Abril–octubre 2019 (datos no publicados).

MUNICIPIO	ENTIDAD	EcoMic®		TESTIGO	
		AF cm^2	Meses en vivero	AF cm^2	Meses en vivero
Baracoa	Centro Gestión Paso Cuba	398	5	270	6 ½
	CCS "German Grimón Figueroa"	385	6	276	7
		375	6	283	7

AF: área foliar de la postura

2.15. FRUTALES

En este grupo incluiremos diversos cultivos que se incluyen en esta clasificación y que además tienen común que los mismos pasan por una etapa o fase de producción de posturas, antes de pasar al establecimiento de la plantación. En este grupo se encuentran: *Persea americana* Mill. (aguacate), *Mangifera indica* (mango), *Pouteria mammosa* L. (mamey), *Psidium guajava* L. (guayaba), *Carica papaya* L. (fruta bomba o papaya). Las superficies plantadas y los rendimientos alcanzados en el año 2018 (ONEI, 2019) fueron de: fruta bomba (5 973 ha y 29,6 t ha^{-1}); mango (23 058 ha y 20,3 t ha^{-1}) y guayaba (10 500 ha y 14,6 t ha^{-1}). En el caso del aguacate según FAOSTAT (2019) fueron de 224 ha con un rendimiento promedio de 13,3 t ha^{-1}.

Cada una de estas frutas posee propiedades y sabores diferentes, pero constituyen un grupo muy apreciado por la población. Corresponden a especies dependientes de la micorrización y con repuesta a la inoculación. En relación con la respuesta e integración del biofertilizante EcoMic®, el grueso de los trabajos desarrollados ha estado dirigido a la fase de obtención de posturas y se han ejecutado experimentos para encontrar cepas eficientes de HMA, relaciones suelo–abono orgánico que permitan un funcionamiento micorrízico efectivo, métodos para la inoculación, todo lo cual conlleva a posturas más vigorosas, con mayor supervivencia en el trasplante, menores tiempos de aviveramiento, menores cantidades de abonos orgánicos y de inoculantes; sin embargo hay pocos resultados publicados entre ellos Ruiz *et al*., (2010); Curiel (2011) y Fundora *et al*. (2011), en posturas de aguacate y de fruta bomba. En la fase de establecimiento de la plantación y de producción hay pocos resultados, aunque se puede recomendar el manejo de estos inoculantes en base al carácter dependiente de la micorrización de estas especies vegetales, a la mínima cantidad de fertilizantes que se le aplican y a principios generales de trabajo que se han obtenido para el manejo de estos inoculantes.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo o sustrato (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación: en aguacate se han evaluado satisfactoriamente diferentes cv como: `Catalina´, `Julio´, `Govin´, `Choquete´, entre otros, pertenecientes a la especie *Persea americana* var americana, así como en México cultivares de *Persea americana* var. *drymifolia*.

En la guayaba se han evaluado cv. como `E.E.A18–40' (Enana Roja Cubana) y `Suprema Roja´; en fruta bomba el cv. `Maradol´ (roja y amarilla); en mango los cv. `Haden´ y `Super Haden´.

Forma de aplicación

I. En viveros (aguacate, mango, mamey, guayaba)

1. Aplicación directa del EcoMic® en dosis de 10 g en el hoyo antes de colocar la semilla. Las semillas se colocan y manejan de acuerdo a lo indicado en el instructivo para cada cultivo (IICF, 1998).
2. Aplicación del EcoMic® vía recubrimiento haciendo una pasta fluida a partir de 1 kg de EcoMic® en 1 L de agua y sumergiendo las semillas en la misma, de forma que se recubran, se dejan orear a la sombra y se siembran. La forma de ejecutar el recubrimiento varia con el cultivo y en función de las indicaciones para la siembra de cada uno de estos. En el caso del aguacate se introduce solo la parte ancha de la semilla que es la que se va a colocar sobre el sustrato del pregerminador, bolsa o cantero (Foto 52A). En el caso del mango, preferentemente se extrae manualmente el cotiledón para acelerar la germinación y este es el que se recubre. En el caso del mamey se sumerge totalmente la semilla, aunque se puede inicialmente romper la testa.

Foto 51. Respuesta de diferentes frutales a la inoculación con EcoMic® en la etapa de vivero. Nótese en todos los casos un crecimiento muy superior al inocular. A) posturas de mango. B) posturas de mamey. En ambas fotos, las plantas inoculadas se encuentran a la derecha. Fotos cortesía del MSc Alfredo Calderón Puig.

3. Esta aplicación vía recubrimiento se puede integrar con la utilización de pregerminadores por ejemplo de 100 % de cáscara de maní y entonces la semilla recubierta se coloca en los mismos y con posterioridad se trasplanta a bolsas (Foto 52 A, B, C y D).
4. La semilla recubierta también se puede sembrar directamente en la bolsa, lo cual no es aconsejable ya que siempre hay un porcentaje de semillas que no germinan. El procedimiento de siembra en canteros es similar.

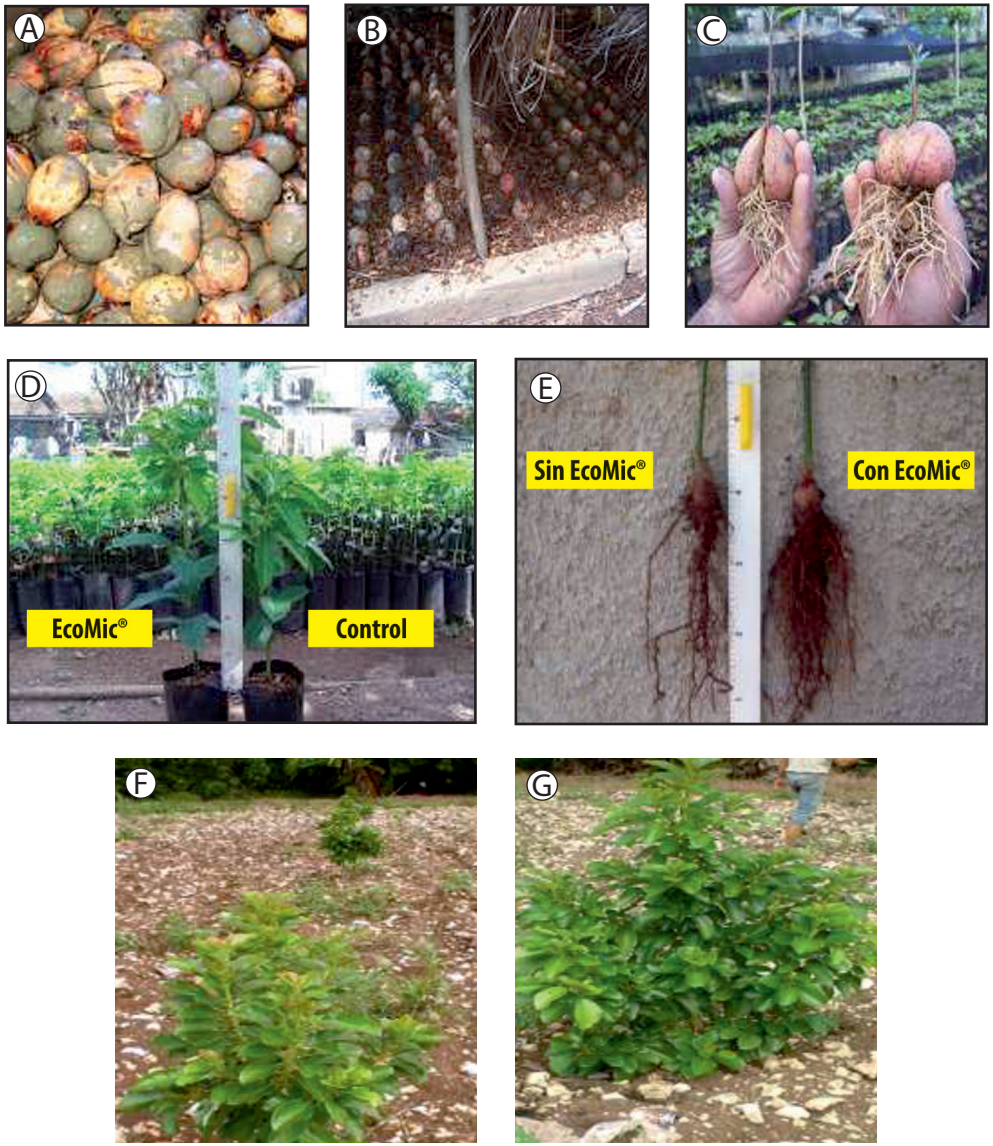

Foto 52. Aplicación y respuesta del aguacate a la inoculación con EcoMic® en la fase de producción de posturas. A) Vista de semillas recubiertas, note que el recubrimiento se realizó en la parte basal de la semilla, B) Siembra en pregerminador de cáscaras de maní, C) Mayor desarrollo radicular al extraer las plántulas del pregerminador (semilla de la derecha recubierta con EcoMic®, D) Mayor desarrollo de las posturas ya injertadas, plantas con EcoMic® a la izquierda 74 cm de altura vs 48 sin EcoMic®, E) mayor desarrollo del sistema radicular de las posturas, F) plantas de 5 meses de trasplante provenientes de posturas no inoculadas G) plantas de 5 meses de trasplantada provenientes de posturas inoculadas. Fotos A, B, C, D, E cortesía de los MSc. Joaquín Curiel Fleites y MSc. Luis R Fundora Sánchez. Fotos F, G cortesía del Dr. C. R. Rivera Espinosa. Año 2006.

5. En el caso de la guayaba y otras especies que se plantan por esquejes, se realiza la inmersión de la punta que se va a plantar (2,5 cm) en una mezcla fluida de EcoMic® y agua de 1/1, se deja orear y se planta. En el caso de los esquejes ha dado muy buen resultado imbibir previamente los esquejes en solución del enraizador Pectimorf ® (1/100).

II. En viveros (fruta bomba)

Recubrir las semillas con una relación de 1 kg EcoMic® cada 600 ml de agua y sumergir en agua durante 24 horas (Foto 53) y después póngalas a pregerminar durante 7 días. Las semillas recubiertas y pregerminadas se ubican en bolsas y se dejan crecer hasta que tengan el tamaño apropiado para su trasplante. Con este método se ahorra más del 90 % del inoculante y se disminuye en 10 días el periodo de aviveramiento con relación a la aplicación del EcoMic® en dosis de 20 g planta debajo de la semilla y en 20 días en comparación con las posturas no inoculadas (Ruiz *et al*., 2010).

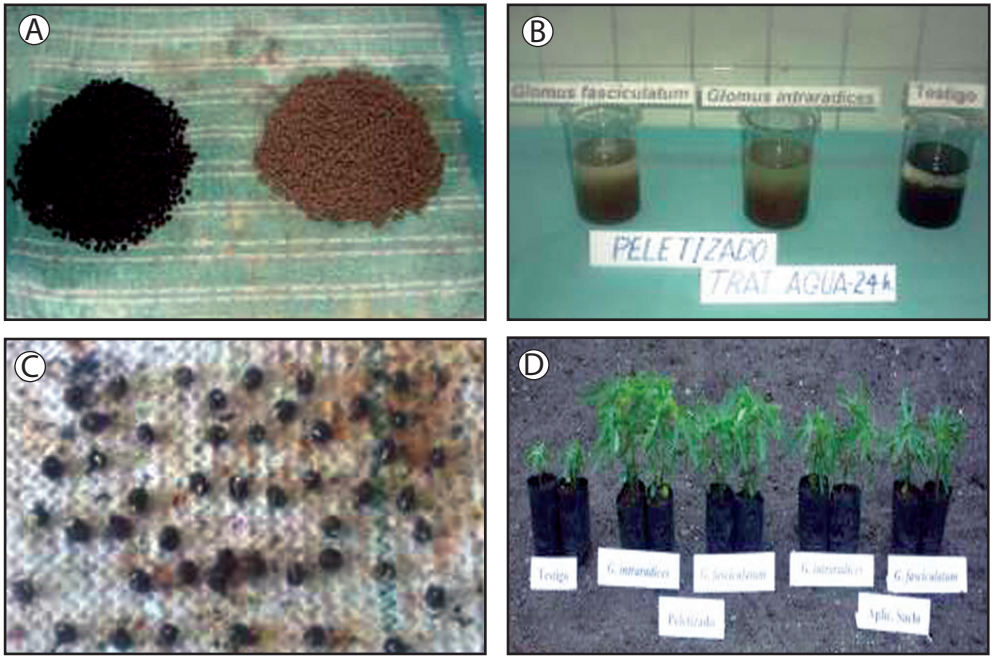

Foto 53. Diferentes etapas de la inoculación con EcoMic® en la producción de posturas de fruta bomba. A) Semillas recubiertas (derecha) y no recubiertas; B) Una vez recubiertas (peletizado) se sumergen en agua durante 24 horas; C) Se sacan y se ponen a pregerminar durante 7 días; D) Efecto de la inoculación en el crecimiento de las posturas: bolsa 1 testigo, bolsa 2 y 3 inoculación vía recubrimiento de dos cepas diferentes, bolsas 4 y 5 inoculación vía 20 g de inoculante debajo de la semilla de las dos cepas anteriores; cepa eficiente *R. irregulare* / INCAM-11 (bolsas 2 y 4). Fotos cortesía de Dr. C. Luis Ruiz Martínez.

III. En plantación (aguacate, mango, mamey, guayaba)

El momento del trasplante se puede aprovechar para realizar la aplicación del EcoMic®. Para el aguacate, mamey y mango que se trabaja con bajas densidades de plantación se pueden utilizar de 20 a 30 g de EcoMic® por planta, colocados en el fondo del hoyo o cuando se ha introducido un tercio de la postura en el hoyo, se aplica y se cubre con tierra.

Las plantaciones de estos cultivos comúnmente no reciben un riego sistemático por lo que de seguro será necesario reinocular en la medida que avance la edad de la mismas y entren en producción, aunque no existe información experimental de en qué momento y con qué frecuencia. Una variante es mantener cultivos intercalados inoculados en los fomentos en desarrollo y siempre que sea posible en las plantaciones en producción, los cuales además de tener valor económico y reflejar ellos mismos los efectos beneficiosos de la inoculación, reproducen los propágulos micorrízicos y ayudan a mantener el funcionamiento micorrízico en el frutal. Este efecto basado en el mismo carácter generalista de las cepas de HMA que se utilizan en el EcoMic®, ha sido encontrado en otros cultivos como morera (Pentón *et al*., 2016 a) y en otros que ya han sido discutidos como yuca, banano y debe cumplirse en los frutales. De forma similar se pueden utilizar abonos verdes inoculados, los cuales además aportan nitrógeno y reciclan nutrientes lo cual favorece la nutrición de los frutales y mantienen una cobertura eficaz en el suelo.

De realizarse en algún momento poda de raíces, es aconsejable aprovechar y reinocular aplicando el producto directamente en las "zanjas" donde se procedió a realizar el corte de las raíces o como una mezcla diluida de 1/5 con una mochila sin boquilla. La dosis será de 15 a 20 g de EcoMic® por planta. El objetivo es que cuando las raíces nuevas comiencen a crecer se encuentren con los propágulos micorrízicos y se micorricen. Este principio de situar el inoculante en el momento y lugar en que ocurra el flujo de nuevas raíces se utiliza en los cultivos perennes de los países templados, en los cuales en el invierno cesa la actividad radicular.

IV. En plantación (fruta bomba)

La experiencia encontrada en este cultivo es que la postura micorrizada mantiene su funcionamiento micorrízico durante todo el ciclo productivo y explicable en que el manejo adecuado del cultivo conlleva riego, suministro de nutrientes y el cultivo está produciendo frutos ininterrumpidamente, manteniéndose a lo largo del ciclo las condiciones para el funcionamiento micorrízico si este se maneja adecuadamente (Ruiz *et al*., 2010).

No obstante, como las calles comúnmente son de 3 metros, si se entiende y siembra un cultivo intercalado hágalo inoculado con EcoMic®.

Manejo recomendado

1. **En vivero**, recubrimiento de las semillas en aguacate, mango, mamey y fruta bomba de acuerdo con los procedimientos específicos ya explicados. En el caso de la guayaba inmersión de los esquejes y adicionando Pectimorf® a la mezcla diluida de EcoMic® y agua. Utilizar pregerminadores para las semillas de aguacate, mamey y mango y con posterioridad pasar a bolsas. En el caso de guayaba y fruta bomba, sembrar en bolsas.
2. **En plantación**, trasplantar posturas inoculadas con cepas eficientes de HMA e intercalar cultivos económicos o abonos verdes en todos los casos inoculados con cepas eficientes de HMA para evitar reinocular en el trasplante y mantener además un potencial de inoculación alto en la plantación. La utilización del cultivo económico ayuda a generar ingresos en la etapa de fomento y la utilización de abonos verdes realiza aportes y reciclaje de nutrientes al cultivo principal y origina una mayor cobertura y control de arvenses. El manejo del abono verde intercalado e inoculado es similar a como se explicó en 1.4.4. Si ejecuta poda de raíces proceda como se declaró anteriormente.

En el caso de la fruta bomba trasplantar las posturas inoculadas con la cepa eficiente de HMA y asegurar las atenciones culturales propias de un cultivo tecnificado, garantizando riego y suministrando menores cantidades de fertilizantes previstos, aunque dependientes del tipo de suelo (Tabla 25).

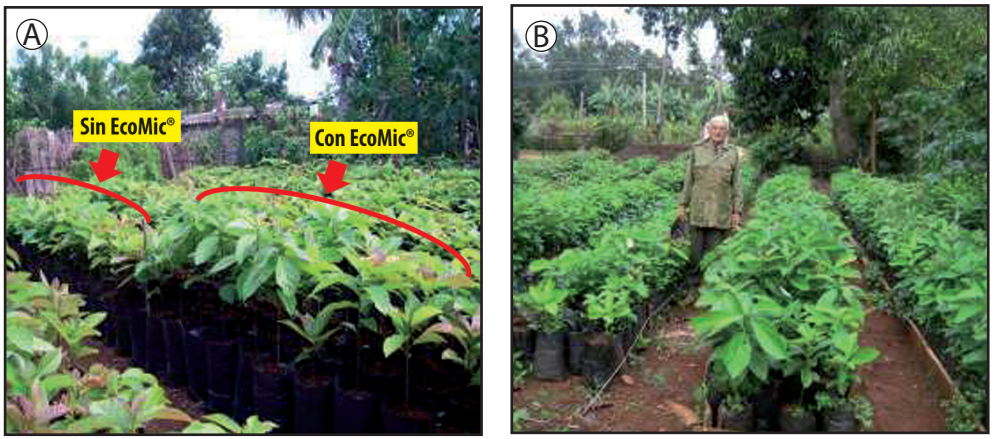

Foto 54. Efecto de aplicaciones de EcoMic® en crecimiento de posturas de aguacate. A) Vivero "Curiel" en Madruga B) Vivero "Las Parcelas", San José de las Lajas, hileras de bolsas a la derecha del productor con EcoMic®, hileras a la izquierda sin EcoMic®. Año 2006. Foto A) cortesía de MSc Joaquín Curiel Fleites y B) MSc Luis Roberto Fundora Sánchez.

Resultados de campañas de validación a escala productiva

Se ejecutó una amplia campaña de validación del uso del EcoMic® en la tecnología de producción de la fruta bomba, obteniendo primero las posturas micorrizadas, vía recubrimiento de las semillas. Con posterioridad las posturas micorrizadas se plantaron y se evaluaron hasta rendimiento. Este trabajo se desarrolló en siete provincias durante el periodo 2006–2008. La respuesta a la inoculación del EcoMic® fue positiva con incrementos promedios en el rendimiento del 16 % (Tabla 25).

Tabla 25. Resultados de la campana de validación del EcoMic® en la tecnología de producción de la fruta bomba (*Carica papaya*) ejecutada en siete provincias en el periodo 2006–2008 (Ruiz *et al*., 2010).

PROVINCIA	ENTIDAD PRODUCTIVA	TIPO DE SUELO	CEPA DE HMA(1)	RENDIMIENTO ($t\ ha^{-1}$)	
				EcoMic®	Testigo
Guantánamo	ECV "Guantánamo"	Pardo con carbonatos	INCAM–11	40,20	32,00
Las Tunas	CCS "V. Martínez"		INCAM–11	45,80	39,10
	ECV "M. Ortiz"			43,30	35,90
Villa Clara	ECV "El Diamante"		INCAM–11	52,10	45,00
Cienfuegos	ECV "Cienfuegos"	Ferralítico Rojo Lixiviado	INCAM–4	50,00	46,00
Matanzas	ECV "Calimete"		INCAM–4	58,60	51,20
La Habana	CCS "S.González"	Pardo con carbonatos	INCAM–11	61,20	50,00
	CCS "N.Pérez"			55,25	48,00
Pinar del Río	Empresa de Semillas	Ferralítico	INCAM–4	59,00	53,30

La cepa de HMA se aplicó en función del pH-H_2O del suelo.
En los suelos Pardos se aplicó en ambos tratamientos el 50 % de la fertilización NPK recomendada por el Instructivo Técnico y en los Ferralíticos Rojos el 75 %.

Foto 55. Plantación de fruta bomba durante la campaña de validación del EcoMic® en este cultivo. CCS "Sergio González", Mayabeque. A) a la derecha el Dr. C. Luis Ruiz, coordinador de la campaña y uno de los investigadores con mayor contribución al manejo de los inoculantes micorrízicos en el país y detrás a la izquierda MSc. Jorge González, impulsor del EcoMic® en la agricultura de la provincia Mayabeque. B) planta inoculada en cosecha. Fotos cortesía de Dr. C. Luis Ruiz Martínez.

2.16. GRAMÍNEAS PRATENSES Y FORRAJERAS

Los pastos y forrajes constituyen las fuentes más baratas de alimentos para el ganado, por sus posibilidades para producir biomasa durante todo el año en los propios predios ganaderos, aun con muy pocos insumos externos. Según datos del Grupo Empresarial Ganadero(GEAN) del Ministerio de la Agricultura publicados en al año 2018, el área de pastos en el país ocupa una superficie total de 2,7 millones de hectáreas, de las cuales, 2,6 millones se encuentran ocupadas por pastos naturales y el resto, que constituye el 4,4 %, por pastos mejorados; no obstante se prevé incrementar fuertemente las áreas de pastos mejorados y de cultivos forrajeros en los próximos siete años.

Los pastos mejorados están conformados por diferentes especies y cultivares con respuesta a la inoculación con cepas de HMA. En el país se ha desarrollado un amplio trabajo de manejo del EcoMic® en las tecnologías de producción de forraje en diferentes condiciones edáficas y relacionados con: selección de cepa eficiente por condición edáfica, vías para inoculación al establecer la plantación y para la reinoculación de estas, integración con los esquemas de fertilización tanto mineral como orgánica, manejo conjunto con otros bioproductos y manejo de cepas de HMA con el encalado (González *et al*., 2008, 2011, 2015 a y b, 2016 a; González, 2014; Ramírez *et al*., 2016 y 2017; Ojeda *et al*., 2018).

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo en que se vayan a cultivar las especies de pastos. (Tabla 2).

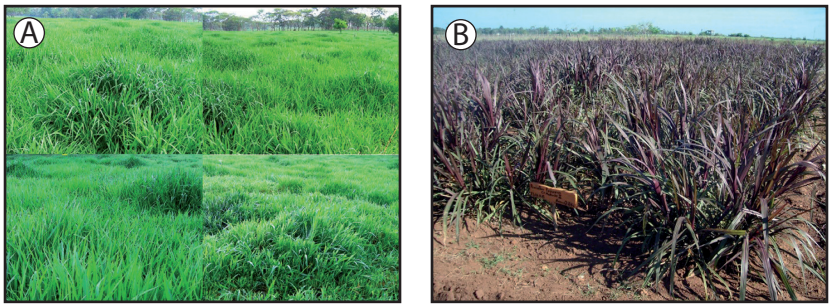

Foto 56. Especies de *Urochloa* (A) y *Pennisetum purpureum* `Morado´ (B) utilizados en Cuba. Fotos tomadas en la Estación de Pastos de Villa Clara y cortesía de MSc. Juan Ramírez Pedroso.

Especies y cultivares evaluados con respuesta a la inoculación de EcoMic®: *Urochloa decumbens*, *U. brizantha*, *U. hibrido* `Mulato I´, *U. hibrido* `Mulato II´, *U. hibrido* `Yacaré´, *U. híbrido* `1794´, *U.* híbrido `02–0465´; *Megathyrsus maximus* `Likoni´, `Tanzania´ y `Mombasa´; *Cynodon lemfuensis* y *P. purpureum* `Morado´ y `Común´.

Forma de aplicación

La forma de aplicación dependerá del tipo de propágulo (semilla) que requiera la especie para su establecimiento.

Establecimiento en especies vía semilla gámica

Vía recubrimiento de las semillas, aplicando el 10 % en peso de EcoMic® con relación a la cantidad de semilla que se vaya a sembrar. En este tipo de cultivo que se utilizan cantidades de semillas no mayores de 15 kg ha^{-1}, las cantidades de EcoMic® son muy económicas y del orden de 1 a 1,5 kg ha^{-1}. El recubrimiento puede ser manual o mecanizado, dependiendo de la cantidad de semilla a tratar.

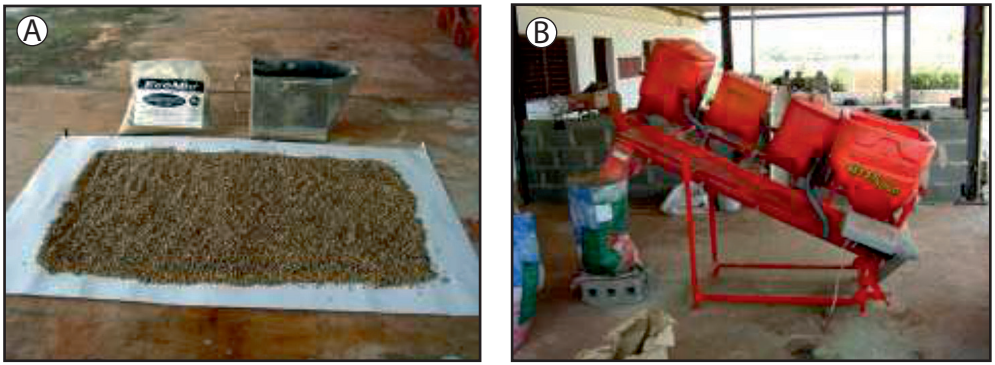

Foto 57. A) vista de semilla de *U.* hibrido `Mulato I´ recubierta de forma manual con EcoMic® y B) máquina Banderaintes MTSB 1060, utilizada para realizar recubrimiento con EcoMic® en forrajes permanentes y temporales. Fotos cortesía del Dr. C. Pedro José González Cañizares.

Establecimiento en especies vía semilla agámica

En este tipo de especies la experiencia que tenemos es con cultivares de *P. purpureum* y la alta cantidad de semilla que se utiliza de 2 a 3 t ha^{-1} hace que la aplicación vía recubrimiento, además de engorrosa no sea factible económicamente. Se aprovecha entonces el efecto de permanencia utilizando una canavalia precedente e inoculada con EcoMic® y rizobios (Azofert–can®), que además de servir de vía para micorrizar el pasto aporta nitrógeno al sistema y recicla nutrientes. También se puede utilizar una leguminosa forrajera, previamente inoculada con ambos biofertilizantes y asociada al "king grass", los resultados que disponemos son utilizando *Teramnus labialis* intercalado (datos no publicados), pero puede ser factible utilizar otra especie tanto como abono verde precedente como en asociación.

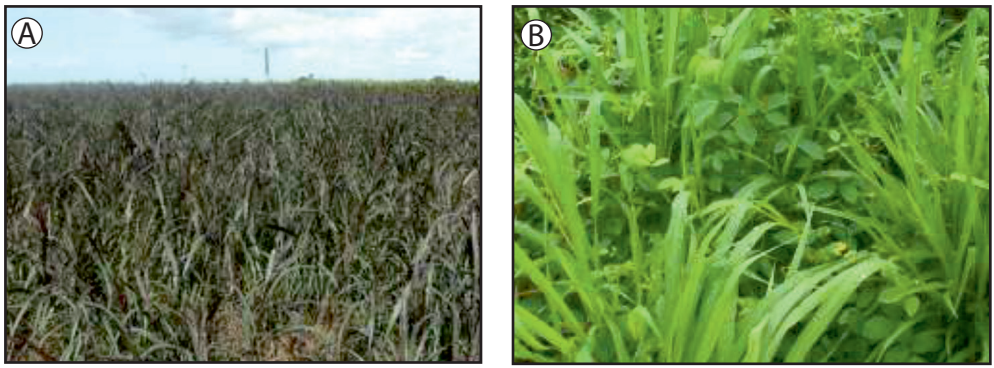

Foto 58. Utilización de abonos verdes inoculados con HMA para micorrizar cultivares de de *P. purpureum*. A) Plantación de *P. purpureum* `Morado´ micorrizado vía canavalia precedente inoculada. Cascajal, Villa Clara. B) *P. purpureum* `Común´ asociado con *Teramnus labilalis* inoculado. Fotos cortesía de MSc. Juan Ramirez y Dr. C. Pedro J. González Cañizares.

Reinoculacion y aplicaciones en pastizales establecidos

En este tipo de cultivo siempre será necesario reinocular dependiendo el momento de la especie vegetal, el manejo de la misma, el suelo y la comunidad micorrízica residente entre otros factores (Tabla 26). De forma general los híbridos bajo manejo intensivo se reinoculan cada dos años y bajo un manejo de 3 a 4 cortes año se reinoculan cada tres. Las especies como *U. decumbens, U. brizantha* y *M. maximus* bajo sistema intensivo se reinoculan anualmente y al espaciarse los cortes, sobre todo en periodo poco lluvioso pasan a reinocularse cada dos años.

Tabla 26. Frecuencia de reinoculacion dependiente de especie, manejo y tipo de suelo.

ESPECIES Y CULTIVARES	MANEJO DEL PASTO	TIPO DE SUELO	FRECUENCIA DE REINOCULACIÓN	PUBLICACIONES
U. decumbens	6 cortes año^{-1}	Ferralitico Rojo Lixiviado	Anual	González *et al*., 2015
U. híbrido `Mulato I´ y `Yacaré´	6 cortes año^{-1}		Cada dos años	González *et al*., 2015
U. decumbens, U. brizantha, U. híbrido `Mulato I´ y `Yacaré´	6 cortes año^{-1}	Vertisoles Pélicos	Anual	González, 2014
U. híbrido `Mulato I´ y `Yacaré´	3–4 cortes año	Gleysol Nodular Ferruginoso	Cada tres años	Datos no publicados
M. maximus `Likoni´	3–4 cortes año	Ferralitico Rojo Lixiviado	Cada dos años	González *et al*., 2015 y datos no publicados

El momento de la reinoculacion será después de hacer el corte con el que termina el periodo poco lluvioso y cuando haya comenzado a llover, con dosis entre 15 a 20 kg ha^{-1} de EcoMic® y mezclándolo con 200 litros de agua y aplicado con mochila o asperjadora a las cuales se le quita la boquilla. La mezcla se debe mantener en movimiento. Si no se dispone de mochila o asperjadora, se puede aplicar a voleo, pero en este caso debe extender el EcoMic® con otro material para evitar gastar innecesariamente el producto, ya que con la aplicación a voleo es difícil aplicar menos de 50 kg ha^{-1}. Estos procedimientos son también los que se utilizan para inocular un pastizal establecido o en la rehabilitación de pastizales.

Foto 59. Aplicación de EcoMic® en pastos establecidos A) Previa suspensión en agua con asperjadora o mochila, B) A voleo. Foto cortesía de Dr. C. Pedro José. González Cañizares.

Manejos recomendados

1. **En áreas de forrajes bajo manejo intensivo** (6 cortes $año^{-1}$) aplicación de EcoMic® en siembra y aplicar 35 kg ha^{-1} de N para cada corte y entre 50 a 100 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de K_2O. Se puede aplicar además Nitrofix® en cada corte. Este manejo se aplica también para pastos establecidos siempre que se inoculen. La fertilización potásica debe monitorearse en base a balance de aportes y exportaciones y dinámica de potasio difícilmente disponible en el suelo. Monitorear la necesidad de aplicación de fertilizante fosfórico en base a contenidos de P en biomasa. Reinocular cada uno o dos años, dependiendo del cv y del tipo de suelo.
2. **En áreas de forraje con 2 a 4 cortes $año^{-1}$**, aplicación de EcoMic® en siembra y aplicar 35 kg ha^{-1} de N en cada corte y 15 – 20 t ha^{-1} $año^{-1}$ de abono orgánico. Se puede aplicar además Nitrofix® en cada corte. La fertilización potásica debe monitorearse en base a balance de aportes y exportaciones y dinámica de potasio difícilmente disponible en el suelo. Monitorear la necesidad de aplicación de fertilizante fosfórico en base a contenidos de P en biomasa. Reinocular cada uno a tres años, dependiendo del cv y del tipo de suelo.

3. **Para áreas de *P. purpureum*.** Sembrar *C. ensiformis* inoculada con EcoMic® y Azofert–can® tan pronto se inicien las lluvias, cortar a los 60 días e incorporar en los primeros 15 cm del suelo. Plantar el *Pennisetum* a los 30 días del corte de la canavalia y aplicar una fertilización de 35 kg ha^{-1} de N al inicio y al final del período lluvioso, y de 30 y 50 kg ha^{-1} de P_2O5 y K_2O respectivamente, al inicio de las lluvias; si fuera en suelo Gley Nodular Ferruginoso las aplicaciones anuales de P_2O5 y K_2O serán de 50 y 100 kg ha^{-1}. Reinocular en suelos Gley Nodular cada seis cortes y en Ferraliticos Rojos cada cuatro cortes. La reinoculación inmediatamente después de un corte y con una dosis de 20 kg ha^{-1} de EcoMic®. Se recomienda además la siembra de alguna leguminosa forrajera inoculada en las calles de la plantación.

Resultados de campañas de validación a escala productiva

Se han ejecutado varias extensiones a escala de decenas y cientos de ha. En la Tabla 27 se resumen los resultados obtenidos en áreas plantadas con *U.* hibrido `Mulato´ para forraje y ubicadas en la Empresa Pecuaria Genética "Nina Bonita". La utilización del EcoMic® garantizo alta producción de biomasa y calidad satisfactoria con ahorros significativos en las aplicaciones de fertilizantes y reinoculando cada dos años.

Tabla 27. Resultados de validación del uso del EcoMic® y esquema de fertilización mineral para *U.* hibrido `Mulato´ en suelo Ferralítico Rojo (elaborada a partir de González, 2014)

CAMPO CONTROL # 1: 100 ha (resultados de 4 años, 5 cortes año^{-1})						
VARIANTES DE FERTILIZACIÓN				**RENDIMIENTO ACUMULADO MASA SECA (t ha^{-1})**	**COSTO DE LA FERTILIZACIÓN (CUP ha^{-1} año^{-1})**	**COSTO DE LA FERTILIZACIÓN DE UNA TONELADA DE FORRAJE (CUP)**
N	**P_2O_5**	**K_2O**	**EcoMic®**			
263	90	117	NO	79,88	1 389,02	17,46
197	38	50	SI	81,97	781,91	10,26
CAMPO CONTROL # 2: 200 ha (resultados de 2 años, 3 cortes año^{-1})						
163	90	117	NO	28,04	276,87	19,82
95	38	50	SI	30,15	149,58	9,92

Cepa HMA. G. cubense / INCAM–4

En el caso anterior producto de no disponer de portadores y solo de fórmula completa, las cantidades de fósforo entregadas en los tratamientos con inoculación fueron muy superiores a las recomendadas por los resultados experimentales y por ende los efectos económicos fueron menores a los que se debieron haber logrado.

Asimismo, la utilización del inoculante EcoMic® ha sido validada a escala de producción en otras especies, manejos y tipos de suelos con resultados satisfactorios manteniendo producciones altas con el 50 % del estiércol y el 66 % de la urea (Tabla 28).

Tabla 28. Resultados de validación del uso del EcoMic® con esquemas de fertilización con estiércol y urea o de aplicación combinada con Nitrofix®, en diferentes especies de pastos y condiciones edáficas. (datos no publicados).

***U*. hibrido `Mulato I´** **3 cortes año^{-1}, 40 ha.** **Biomasa acumulada dos años (1)**		***Cynodon lemfuensis*** **2 cortes año^{-1}, 20 ha.** **Biomasa acumulada de un año (2)**	
Tratamientos	**t ha^{-1}**	**Tratamientos**	**t ha^{-1}**
40 t ha^{-1} Estiércol –150 kg/ha N	19,2	25 t ha^{-1} Estiércol–100 kg ha^{-1} N	10,9
EcoMic®+20 t ha^{-1} Estiércol –105 kg ha^{-1} N	20,22	EcoMic®+12,5 t ha^{-1} Estiércol – 70 kg ha^{-1} N	11,2
Testigo	10,65	Testigo	4,5
***U*. hibrido `Mulato II´** **4 cortes año^{-1}, 10 ha.** **Biomasa acumulada de un año (3)**		***P. purpureum* `CT169´** **4 cortes año^{-1}, 10 ha.** **Biomasa acumulada de un año (4)**	
Tratamientos	**t ha^{-1}**	**Tratamientos**	**t ha^{-1}**
100 kg ha^{-1} N	16,81	20 t ha^{-1} Estiércol –100 kg/ha N	15,32
EcoMic®+ Nitrofix® sin aplicaciones de N durante el primer año	15,92	EcoMic®+10 t ha^{-1} Estiércol –70 kg ha^{-1} N	13,89
Testigo	10,47	Testigo	9,81

(1)) Cascajal, VillaClara. EcoMic® (INCAM–2); (2) CCSF "Orlando López", Habana (EcoMic® INCAM–4); (3) UBPC "Juan Oramas", La Habana. EcoMic® (INCAM–11); (4) Granja Siboney, La Habana. EcoMic® (INCAM–4). Las cepas HMA aplicadas se seleccionaron en función del pH–H_2O del suelo.

Foto 60. Validación del EcoMic® en la producción de forrajes (*U*. híbrido `Mulato I´) con dosis medias de fertilización y correspondiente a la información presentada en la Tabla 27. En la foto y a la izquierda el Dr. C. Pedro José González Cañizares máximo impulsor de las investigaciones sobre uso y manejo de EcoMic® en pastos y forrajes. A la derecha Joan Arzola Batista, jefe de microestación de pastos en la empresa ganadera.

Encalado y manejo de cepas de HMA

En los suelos Gley Nodular Ferruginoso de baja fertilidad y con pH en agua de 4,7 hay respuesta al encalado, pero además la aplicación de cal, incrementa el pH y cambia la efectividad de las cepas de HMA. Mientras que en estos suelos originalmente con pH–H_2O entre 4,7 y 5,3 la cepa más efectiva resulta ser *F. mosseae* / INCAM–2, al encalarse con dosis de 2 a 4 t ha^{-1} el pH-H_2O asciende entre 6 y 7 y entonces la cepa más efectiva será *G.cubense* / INCAM–4. (Ramírez *et al*., 2016).

Leguminosas forrajeras

Estas especies son altamente dependientes de la micorrización, presentando alta respuesta a la inoculación con EcoMic®. Las investigaciones realizadas han estado encaminadas a encontrar respuesta a la inoculación y cepas eficientes por condición edáfica y cultivo. Las especies estudiadas han sido: *Pueraria phaseoloides* `CIAT 9900´, *Stylosantes guianensis* `CIAT 184´, *Macroptilium atropurpureum* `Siratro´ y *Centosema pubescens* `CIAT 417´ (González *et al*., 2016 b). La forma de aplicación vía recubrimiento de las semillas con dosis de 8 a 10 % de EcoMic® y por los procedimientos ya discutidos (1.4.1).

Si bien algunas de estas especies como *P. phaseoloides* y *C. pubescens* son promiscuas y establecen asociaciones micorrízicas efectivas no solo con la cepa eficiente por condición edáfica, cuando se vayan a utilizar como vías para micorrizar cultivos en sucesión o intercalados se deben inocular con la cepa eficiente por condición edáfica, para garantizar un funcionamiento micorrízico efectivo del cultivo económico.

2.17. MORERA (*Morus alba*, L.), MORINGA (*Moringa oleífera,* Lam), TITONIA [*Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray] y LEUCAENA (*Leucaena leucocephala*, Lam)

En este tópico se agrupan diferentes cultivos que tienen como común su utilización para la alimentación de rumiantes y monogástricos, aunque algunos de ellos como la morera es la base de alimentación del gusano de la seda y a la moringa se le consideran además un amplio grupo de usos para la nutrición humana, extracción de aceites, medicinas, biodiesel entre otros. Asimismo, estos cultivos pasan por una fase inicial de producción de posturas, antes de pasar a la etapa de plantación.

La alta producción de biomasa, de muy buena calidad para la alimentación animal, sobre todo en moringa, morera y titonia conllevan a la necesidad de monitorear el balance de aportes y exportaciones de los nutrientes con vistas a garantizar la sostenibilidad y calidad de las plantaciones. En Colombia reportan extracciones del orden de 800 y 400 kg^{-1} $año^{-1}$ de N y K_2O en plantaciones de titonia (Botero *et al., 2019*).

En Cuba no hay información publicada sobre extracción y exportación de macronutrientes por moringa y titonia. En el caso de la morera los trabajos de Pentón *et. al,* (2014 a), dejan claro la alta producción de biomasa comestible entre 12 a 16 t ha^{-1} $año^{-1}$, con exportaciones entre 320 y 430 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de N y K dependientes del rendimiento en biomasa y con cantidades similares de ambos nutrientes, por lo cual la fertilización o el suministro de nutrientes debe considerar de forma general su aplicación a partes iguales y sobre todo en suelos con bajas o medias cantidades de potasio intercambiable. Incluso en este tipo cultivo, aunque el animal consume las hojas y tallos tiernos, el resto del material lignificado se corta y normalmente sale de la plantación o es de muy difícil descomposición, por lo que la exportación de los nutrientes prácticamente se iguala a la extracción y se debe pensar en formas de reintegrar la mayoría de los nutrientes contenidos en tallos y ramas lignificados, aunque fuera en forma de cenizas.

En el caso específico de la morera las formas difícilmente disponibles de potasio en el suelo participan activamente en la nutrición potásica del cultivo, por lo que su evaluación debe ser tenida en cuenta para definir el suministro de potasio a este cultivo (Pentón *et al*., 2016 b). Con relación a la moringa y a la titonia no existe información publicada al respecto.

Son cultivos micótrofos con respuesta a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. En el país es bastante reciente la conducción de

experimentos en que se estudia la respuesta a la inoculación con cepas de HMA (Pita y García, 2012; Ojeda (datos no publicados); Pentón (datos no publicados), de vías de inoculación y de integración con la fertilización mineral (Lok *et al*., 2014; Pentón *et al*., 2014 b y c, 2016 a) y actualmente en varios de estas especies los trabajos experimentales están en proceso en diferentes condiciones edafoclimáticas representativas de las áreas de pastos y forrajes de Cuba.

Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA): de acuerdo al pH–H_2O del suelo (Tabla 2).

Cultivares evaluados con respuesta a la inoculación con EcoMic®. En la morera: `Tigriada´. En la moringa: `Criolla´ y `Supergenius´. En la leucaena: `Perú´, `Cunningham´ y `CNIA–250´.

Formas de aplicación

1. Producción de posturas. La aplicación de EcoMic® cuando se utiliza semilla botánica, se realiza en base al 10 % del peso de la semilla y siguiendo el procedimiento descrito en 1.4.1; aunque en el caso de la morera se puede disminuir el porcentaje de aplicación al 8 %.
2. Cuando se utilizan esquejes como en la morera, la moringa o la propia titonia, la aplicación se realiza vía inmersión en una mezcla 1:1 de EcoMic® y agua, de la punta del esqueje que se va a introducir en el suelo o sustrato.
3. La aplicación directa del EcoMic® (2 a 5 g bolsa^{-1}) en el fondo del hoyo donde se va a colocar la semilla o la estaca, no se recomienda para estas especies por las altas densidades de plantación que se utilizan (la morera y la titonia oscilan entre 20 000 y 40 000 plantas ha^{-1} y la moringa entre 200 000 a 1000 000 plantas ha^{-1}); sin embargo puede aplicarse para las áreas de producción de semillas.
4. A partir de la información que se ha obtenido para otros cultivos y basado en el carácter generalista de las cepas que conforman el EcoMic®, una variante que debe ser válida para garantizar la micorrización con la cepa eficiente de HMA, es la siembra de un abono verde preferentemente leguminosa inoculado con EcoMic® y con rizobios (si fuera una leguminosa), cortar entre 60 y 90 días después de la germinación, incorporar y con ese sustrato llenar las bolsas para sembrar o plantar los esquejes de morera y moringa y de las otras plantas. En este caso no necesita inocular con EcoMic® al sembrar o plantar los esquejes. La inoculación con rizobios, es para lograr mayor cantidad de biomasa y aportes de nitrógeno vía FBN al sistema.

Establecimiento de plantación para forraje

Aun cuando se utilicen posturas micorrizadas con la cepa eficiente de HMA por condición edáfica, es conveniente mantener una "presión de inoculación" en el establecimiento y mantenimiento de la plantación. Pro-

ducto de las altas densidades de plantación las aplicaciones directas de EcoMic® en el fondo del hoyo, no deben ser utilizadas en el momento del trasplante.

En el caso de la morera en que generalmente se utilizan calles separadas a 90 cm se ha obtenido una respuesta positiva en el rendimiento al intercalamiento de *C. ensiformis* inoculada con EcoMic® y rizobios, alcanzando además las plantas de morera porcentajes de colonizaciones altos e indicativos de una micorrización eficiente (Pentón *et al.*, 2016 a). Como el intervalo de corte de 90 días ha sido en nuestras condiciones el más apropiado para el cultivo de la morera, se puede vincular el momento del corte de la canavalia al corte de la morera; el primer corte de la canavalia a 15 cm de alto para que rebrote y se procede como se explicó en 1.4.4. En la India se recomienda intercalar con maíz inoculado con cepas de HMA (Jadhav, A.D, comunicación personal). Las plantaciones de titonia plantadas a 1 x 0.5 m, se pueden manejar de forma similar al descrito para la morera, con intercalamiento de canavalia inoculada.

Foto 61. Respuesta de *Morus alba* a la aplicación de EcoMic® en fase de vivero. De izquierda a derecha **Bolsa 1**: 2/1 Suelo/Abono orgánico (S/AO)/ Testigo; **Bolsa 2**: 2/1 S/AO + INCAM–2; **Bolsa 3** : 2/1 S/AO + INCAM–11; **Bolsa 4** : 2/1 S/AO + NPK. Suelo Pardo grisáceo con pH < 6. La respuesta a la inoculación con INCAM–2 > INCAM–11 y ambos con mayor biomasa que el Testigo. Foto cortesía Dr. C. Lázaro Ojeda Quintana.

Foto 62. Respuesta de *Tithonia diversifolia* a la aplicación de EcoMic® en fase de vivero. De izquierda a derecha **Bolsa 1**: Suelo (Testigo); **Bolsa 2**: INCAM–2; **Bolsa 3**: INCAM–11; **Bolsa 4**: NPK. Suelo Pardo grisáceo con pH < 6. La biomasa obtenida al inocular INCAM–2 fue superior en 54 % al testigo y en 36 % con relación a la inoculación con INCAM–11. Foto cortesía Dr. C. Lázaro Ojeda Quintana.

Foto 63. Respuesta de *Leucaena leucocephala* a la aplicación de EcoMic® en fase de vivero. De izquierda a derecha **Bolsa 1**: 2/1 Suelo/Abono orgánico (S/AO)/ Testigo; **Bolsa 2**: 2/1 S/AO + INCAM–2; **Bolsa 3** : 2/1 S/AO + INCAM–11; **Bolsa 4** : 2/1 S/AO + NPK. Suelo Pardo grisáceo con pH < 6. La respuesta a la inoculación con INCAM–2 > INCAM–11 y ambos con mayor biomasa que el Testigo. Foto cortesía Dr. C. Lázaro Ojeda Quintana.

Manejo recomendado

1. **Producción de posturas**. Inocular vía recubrimiento la semilla botánica. En el caso de utilizar esquejes es conveniente previamente realizar una inmersión de la punta del esqueje en el enraizador Pectimorf® y después se introduce en la mezcla de EcoMic® y agua (Reynaldo, datos no publicados). Utilice relaciones suelo/ abono orgánico de 5/1. Si utiliza abonos verdes precedentes inoculados para conformar el sustrato, disminuya la utilización de abono orgánico hasta 7/1 en suelos Ferralíticos Rojos y no aplique abono orgánico en suelos Pardos.

2. **Establecimiento de la plantación.** Establecer la plantación a partir de posturas micorrizadas vía inoculación de la semilla o esquejes. También se pueden utilizar abonos verdes precedentes inoculados con EcoMic® y rizobios y procediendo de forma similar a lo explicado en 1.4.4 y posteriormente plantar cualquiera de estas especies.

En el caso de plantaciones de morera y titonia para forrajes, intercalar canavalia u otro abono verde inoculado con EcoMic® y rizobios. Para el intercalamiento siembre dos surcos de canavalia (5 plantas/metro lineal) separados a 20 cm y en el centro de la calle y distantes a 35 a 40 cm de los surcos de morera y titonia respectivamente. Vincule los cortes de la canavalia a los intervalos de corte del cultivo principal y arrope la biomasa cortada en las hileras del cultivo principal. El primer corte de canavalia a 15 cm para que rebrote. Repita este proceso anualmente al inicio de las lluvias y coincidente con el ultimo corte del periodo poco lluvioso (1.4.4).

Para cualquiera de estas especies mantenga aplicaciones del 75 % del fertilizante nitrogenado, después de cada corte, aunque vinculadas con la época y la producción de biomasa. Si está manteniendo canavalia intercalada las aplicaciones de nitrógeno en el segundo corte pueden ser del orden del 50 % de las recomendadas.

En el caso del potasio las cantidades no deben ser menores al 75 % de la dosis recomendada y nunca inferiores a las de nitrógeno, aunque aplicadas en un solo momento al inicio de las lluvias. Mantenga el monitoreo en base a aportes y exportaciones de los macronutrientes y además la dinámica del potasio difícilmente disponible en el suelo.

Silvopastoriles

A partir del carácter micótrofo de estas especies y la información obtenida sobre el manejo de la micorrización vía intercalamiento de cultivos inoculados con EcoMic®, se puede plantear el uso de este inoculante en sistemas silvopastoriles. A manera de ejemplo en el establecimiento y manejo de un sistema silvopastoril de tres estratos (leucaena, titonia y guinea), utilice de ser posible posturas micorrizadas de leucaena y titonia. Siembre de conjunto surcos de canavalia inoculada e intercalada (1.4.4). Cuando la leucaena se haya establecido, corte a ras la canavalia y arrope esa biomasa en los surcos de leucaena y titonia y siembre gramíneas como *Megathyrsus maximus* inoculadas con EcoMic® y reinocule posteriormente dependiendo del manejo que se le dé a esta especie (2.14). De esta forma se mantiene una reproducción de propágulos micorrízicos asociados a la cepa eficiente inoculada, que actuará positivamente sobre las diferentes especies vegetales presentes en el sistema silvopastoril. La explotación de este sistema debe requerir aplicaciones de abono orgánico u otras fuentes de nutrientes.

2.18. DOSIS EcoMic®. ha^{-1} EN DIFERENTES ESPECIES VEGETALES Y MODOS DE CULTIVO

APLICACIÓN DIRECTA

CULTIVOS	SEMILLAS kg ha^{-1}	PLANTAS ha^{-1}	VÍA DE APLICACIÓN EcoMic® en el momento de la siembra	DOSIS EcoMic® kg ha^{-1}
Maíz	25		Recubrimiento de semilla, 8 %	2,0
Frijol	50 – 70		Recubrimiento de semilla, 8 %	4 – 5,6
Arroz	100		Recubrimiento de semilla, 6 %	6
Arroz bandejas para trasplante	30		Recubrimiento de semilla, 10 %	3,0
Soya	50		Recubrimiento de semilla, 8 %	4,0
Sorgo	10 – 15		Recubrimiento de semilla, 10 %	1,0 – 1,5
Girasol	4		Recubrimiento de semilla, 10 %	0,4
Pepino	4		Recubrimiento de semilla, 10 %	0,4
Cebolla	5		Recubrimiento de semilla, 10 %	0,5
Ajo	410 - 512		Recubrimiento de semilla, 6 %	24 a 30
Canavalia	100 a 125		Recubrimiento de semilla, 8 %	8 a 10
Pastos (nuevos pastizales de *Urochloa* spp. y *Megathyrsus maximus*)	10		Recubrimiento de semilla, 10 %	1,0

APLICACIÓN DIRECTA

CULTIVOS	SEMILLAS kg ha^{-1}	PLANTAS ha^{-1}	VÍA DE APLICACIÓN EcoMic® en el momento de la siembra	DOSIS EcoMic® kg ha^{-1}
Pastos establecidos			Suspensión de 15 a 20 kg en 200 L de agua, homogenizar y aplicar con mochila sin boquilla	15 a 20 kg ha^{-1}
Tomate casa de cultivo		27 000	0,7 g/alveolo	19
Pimiento casa de cultivo		27 000	0,7 g/alveolo	19
Pepino casa de cultivo		27 000	0,7 g/alveolo	19
Melón casa de cultivo		27 000	0,7 g/alveolo	19
Tomate		28 000 a 40 000 y 1 000 plántulas/m^2 en semillero	10 g/metro lineal (100 g m^2)	2,8 a 4,0
Pimiento		60 000 y 800 plántulas/m^2 en semillero	10 g/metro lineal (100 g m^2)	7,5
Lechuga		112 000 a 160 000 y 1 200 plántulas/m^2 en semillero	10 g/metro lineal (100 g m^2)	11 a 16
Melón		18 000	0,5–1,0 g/nido	9 a 18
Plátano vianda		2 364	Aplicar trasplante 15 g propágulo^{-1}	36
Plátano fruta		1 850	Aplicar trasplante 15 g propágulo^{-1}	28

APLICACIÓN DIRECTA

CULTIVOS	SEMILLAS kg ha^{-1}	PLANTAS ha^{-1}	VÍA DE APLICACIÓN EcoMic® en el momento de la siembra	DOSIS EcoMic® kg ha^{-1}
Plátano extradenso		3 332	Aplicar trasplante 15 g propágulo^{-1}	50
Establecimiento de plantaciones (mango, aguacate, cítricos)		150 a 300 posturas ha^{-1}	Aplicar trasplante 60 g postura^{-1} en el hoyo	9 a 18
Establecimiento de plantaciones cafetos (*C. arabica*)		5 000 posturas ha^{-1}	Aplicar trasplante 10 g postura^{-1} en el hoyo.	50
C. canephora		1 666 posturas ha^{-1}	Aplicar trasplante 20 g postura^{-1} en el hoyo	33,3
Plantas ornamentales (begonias, anturios, panetela, peperonias)			Aplicar 7 g/maceta	
Yuca		9 200 a 13 000	Recubrir las puntas del cangre, con una pasta de 1 kg EcoMic® en 600 mL de agua	10 a 14
Boniato		37 037	Recubrir 1/3 inferior del bejuco, con una pasta de 35 kg/175 L	35

APLICACIÓN DIRECTA

CULTIVOS	SEMILLAS kg ha^{-1}	PLANTAS ha^{-1}	VÍA DE APLICACIÓN EcoMic® en el momento de la siembra	DOSIS EcoMic® kg ha^{-1}
Boniato			Micorrizar vía precedente de maíz o frijol inoculados con EcoMic®	2 a 4
Malanga		31 746	Recubrir la semilla con una pasta de 68 kg/340 L	68

PRODUCCIÓN DE POSTURAS (VIVEROS)

CULTIVO	SEMILLA kg ha^{-1}	PLANTAS ha^{-1}	VÍA DE APLICACIÓN EcoMic® en el momento de la siembra	DOSIS EcoMic® kg ha^{-1}
Cafeto (*C. arabica*)		5 000	Aplicar debajo semilla (10 g/semilla)	50
Cafeto (*C. canephora*)		1 666	Aplicar debajo semilla 10 g /semilla	16,6
Cítricos y Frutales		420	Aplicar debajo semilla 10 g /semilla	4,2
Adaptación de vitroplantas de plátano		1 850 a 2 364	10 g/vitroplanta	18,5 a 23,6
Fruta Bomba		1 831	Recubrimiento de semilla, 10 %	0,5

PRODUCCIÓN DE POSTURAS (VIVEROS)

CULTIVOS	SEMILLAS kg ha^{-1}	PLANTAS ha^{-1}	VÍA DE APLICACIÓN EcoMic® en el momento de la siembra	DOSIS EcoMic® kg ha^{-1}
Aguacate en pregerminador o bolsas		208 – 400	Recubrimiento de semilla en pasta 1 kg/ 250 semillas	0,8 a 1,6
Mango en pregerminador o bolsas		208 – 400	Recubrimiento de semilla en pasta 1 kg/ 300 semillas	0,65–2,7
Mamey		208 – 400	Recubrimiento de semilla en pasta 1 kg/ 250 semillas	0,8 a 1,6
Guayaba		1 000 – 1 300	Inmersión de extremo del esqueje en mezcla fluida de 1/1	
Forestales posturas Teça, Melina, Eucalipto			10 g/bolsa	

APLICACIÓN INDIRECTA
vía *Canavalia ensiformis* inoculada con EcoMic® como precedente y/o intercalada

<table>
<tr><th>CULTIVOS</th><th>SEMILLAS DE CANAVALIA PRECEDENTE kg ha^{-1}</th><th>CANAVALIA PLANTAS ha^{-1}</th><th>VÍA DE APLICACIÓN EcoMic®</th><th>DOSIS APLICACIÓN EcoMic® kg ha^{-1}</th></tr>
<tr><td>Malanga</td><td rowspan="7">100 a 125</td><td rowspan="8">80 000 a 100 000</td><td rowspan="15">Recubrimiento de semilla 8 %</td><td rowspan="7">8 a 10</td></tr>
<tr><td>Tabaco</td></tr>
<tr><td>Banano y Plátano</td></tr>
<tr><td>P. purpureum</td></tr>
<tr><td>Ajo</td></tr>
<tr><td>Yuca</td></tr>
<tr><td>Establecimiento de plantación de cafetos, cítricos y frutales</td></tr>
<tr><td>Producción de posturas de cafeto</td><td>100 a 125</td><td>10 kg por 650 000 posturas</td></tr>
<tr><td>CULTIVOS</td><td>SEMILLAS DE CANAVALIA INTERCALADA kg ha^{-1}</td><td>CANAVALIA PLANTAS ha^{-1}</td><td><b>DOSIS APLICACIÓN EcoMic® kg ha^{-1}</td></tr>
<tr><td>Yuca</td><td>90 – 111</td><td>88 000</td><td>7,2 a 8,8</td></tr>
<tr><td>Banano y plátano</td><td>80 – 100</td><td>80 000</td><td>6,4 a 8,0</td></tr>
<tr><td>Morera</td><td>90 – 111</td><td>88 000</td><td>7,2 a 8,8</td></tr>
<tr><td>Frutales (mango, aguacate, mamey, cítricos entre otros)</td><td rowspan="2">60 – 100</td><td rowspan="2">60 000 a 80 000</td><td rowspan="2">6 a 8</td></tr>
<tr><td>Cafeto</td></tr>
</table>

De ser posible inocule también la canavalia con Azofert-can® para incrementar fijación biológica del nitrógeno atmosférico.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arora, N. K.; Mehnaz, S.; Balestrini, R. 2016. Bioformulations: for Sustainable Agriculture. Springer (India) 299 p., DOI 10.1007/978–81–322–2779–3.
2. Bárzana, G. 2014. Regulación por micorrizas arbusculares de la fisiología y las acuaporinas de maíz (*Zea mays* L.) en relación con la tolerancia de la planta hospedadora al déficit hídrico. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Biológicas. Granada, España, p. 297.
3. Bárzana, G.; Aroca, R.; Ruiz-Lozano, J. M. 2015. Localized and non-localized effects of arbuscular mycorrhizal symbiosis on accumulation of osmolytes and aquaporins and on antioxidant systems in maize plants subjected to total or partial root drying. Plant Cell and Environment, 38:1613-1627. ISSN: 0140-7791.
4. Bulgarelli, R. G.; Castro M. F. Ribeiro, R.V.; López de Andrade, S. 2017, Mycorrhizae enhance nitrogen fixation and photosynthesis in phosphorus starved soybean (*Glycine max* L. Merrill). Environmental and Experimental Botany, 140: 26-33.
5. Botero, J.M.; Gómez, A.; Botero, M. A. 2019. Nutrient absorption in *Tithonia Diversifolia*. Univ. Sci. 24 (1): 33-48. doi 10.11144/Javeriana.SC24-1.nait
6. Bunn, R.; Simpson, D.T.; Bullington, L.S.; Lekberg, Y.; Janos, D.P. 2019. Revisiting the 'direct mineral cycling' hypothesis: arbuscular mycorrhizal fungi colonize leaf litter, but why? The ISME Journal, doi.org/10.1038/s41396–019–0403–2
7. Bustamante C.; Ledesma, M. 2002. Formas de inoculación de hongos micorrizógenos en injertos de *Coffea arabica* sobre patrón de C*offea canephora*. Café y Cacao, Vol. 3. No. 3, p. 53 – 54.
8. Bustamante C.; Ochoa, M.; Sánchez, C.; Rivera, R.; Rodríguez. M. 2002. Interacción entre bacterias fijadoras de N (Azotobacter) y las micorrizas arbusculares en la biofertilización de posturas de *Coffea arabica* L. Café y Cacao, Vol. 3 No. 3, p. 47 – 50.
9. Bustamante, C.; Sánchez, C.; Rodríguez, M.; Cupull, R.; Pérez, A. 2006. Utilización de Azotobacter en *Coffea arabica* L y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. Resultados de 13 años de investigaciones. Informe Técnico, Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao (MINAG). 15 p.

10. Bustamante, C; Rodríguez, M.; Pérez. A. 2010 a. Respuesta de clones de *Coffea canephora* a la aplicación de Azotobacter en fase de vivero. Café y Cacao, Vol. 9 (1): 8- 12.
11. Bustamante, C.; Rivera, R.; Pérez, G.; Viñals, R. 2010 b. Promoción del crecimiento de *Canavalia ensiformis* L. mediante la coinoculación de cepas de *rhizobium* y hongos formadores de micorrizas en suelo Pardo sin carbonatos. Café y Cacao, Vol. 9 (2) : 5–9,
12. Bustamante, C.; Varela, M. 2012. Efecto de la aplicación del Vitazyme en Coffea I. Respuesta varietal de plántulas de *Coffea arabica*. Café y Cacao, Vol. 11 (1): 27–37.
13. Buysens, C.; Cesar, V.; Ferrais, F.; Dupré de Boulois, H.; Declerck, S. 2016. Inoculation of Medicago sativa cover crop with *Rhizophagus irregularis* and *Trichoderma harzianum* increases the yield of subsequently-grow Potato under low nutrient conditions. Applied Soil Ecology, 105: 137-143. http://dx.doi.org/10.1016 /j.apsoil. 2016.04.011
14. Cabral , L.; Soares, C.R,F.S.; Siqueira, J.O.; Giachini, A.J. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of contaminated areas by trace elements: mechanisms and major benefits of their applications. World J Microbiol Biotechnol, DOI 10.1007/s11274–015–1918–y
15. Cabrera J.C. *et al*., 2003. Procedimiento de obtención de una mezcla de oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal. Oficina Cubana Propiedad Industrial No. Certificado 22859.
16. Casanova, A.; Gómez, D. O.; Cardoza, I. H.; Piñeiro, I. F.; Hernández, I. J. C.; Murguido, D. C. A.; Fundora, D. M. L.; Hernández, I. A. 2010. Guía Técnica para la Producción del Cultivo del Tomate. 2da ed. La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales.
17. Cavagnaro, T.R., Bender, S.F., Asghari, H.R., van der Heijden, M.G.A. 2015. The role of arbuscular mycorrhizas in reducing soil nutrient loss. Trends in Plant Science, 20:283–290.
18. Cheng, L.; Weile, C.; Wei, X.; Li, L.; Mccormack, L.M.; Deforest, J.I.; Koide, R.T.; Eissenstat, D. M. 2016. Mycorrhizal fungi and roots are complementary in foraging within nutrient patches. Ecology, doi. org/10.1002/ecy.1514
19. Coll F; Jomarrón I; Robaina Caridad; Alonso Esther; Cabrera M T. 1995. Polyhydroxy spirostanones as plant growth regulators. PCT Int. Appl. W09713, 780 [C.A. 126, 343720]
20. Corbera, J.; Nápoles, M.C. 2000. Evaluación agronómica de la coinoculación de Bradyrhizobium japonicum y hongos micorrizógenos arbusculares en el cultivo de la soya, sobre suelo Ferralítico Rojo compactado. Cultivos Tropicales, vol. 21, no. 1, p. 21–25.
21. Corbera, J.; Núñez, M. 2004. Evaluación agronómica del análogo de brasinoesteroides BB-6 en soya, inoculada con Bradyrhizobium japonicum y HMA, cultivada en invierno sobre un suelo Ferralsol. Cultivos Tropicales, vol. 25, no. 3, p. 9–14.

22. Corbera, J. ; Nápoles, M.C. 2010. Evaluación de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium japonicum*–hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya, cultivada en época de invierno. Cultivos Tropicales, vol. 31, no. 4, p. 43–50.
23. Cruz, Y.; García, M.; León, Y.; Hernández, J. M. 2012. Influencia de las micorrizas arbusculares en combinación con diferentes dosis de fertilizante mineral en algunas características morfológicas de las plántulas de tabaco. Cultivos Tropicales, vol. 33, no. 3, pp. 23-26.
24. Cruz, Y.; García, M.; León, Y.; Hernández, J. M.; Acosta, Y. 2014. Influencia de la aplicación de micorrizas arbusculares y la reducción del fertilizante mineral en plántulas de tabaco. Cultivos Tropicales, vol. 35, no. 1, pp. 21-24.
25. Curiel, J. 2011. Efectividad de la inoculación de cepas de hongos Micorrízicos Arbusculares en el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) en fase de vivero. Tesis de Maestría, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 47 p.
26. De Jaeger, de la Providencia, Dupre de Boulois, H.; Declerck, S. 2011. Trichoderma harzianum might impact phosphorus transport by arbuscular mycorrhizal fungi. FEMS Microbiol Ecol., 77: 558–567. DOI:10.1111/j.1574-6941.2011.01135.x
27. Dehariya, K.; Shukla, A.; Ganaie. M.A.; Vyas, & D. 2014 Individual and interactive role of Trichoderma and Mycorrhizae in controlling wilt disease and growth reduction in *Cajanus cajan* caused by *Fusarium udum*. Archives Of Phytopathology And Plant Protection, DOI: 10.1080/03235408.2014.882119.
28. Dell'Amico, J.; Rodriguez, P.; Torrecillas, J.; Morte, A.; Sánchez-Blanco, M. J. 2002. Influencia de la micorrización en el crecimiento y las relaciones hídricas de plantas de tomate sometidas a un ciclo de sequía y recuperación. Cultivos Tropicales, vol. 23, no. 1, p. 29-34.
29. Díaz, W.; Caro, P.; Bustamante, C.; Sánchez, C.; Rodríguez, M.; Vázquez, E.; Grave de Peralta, G.; Ramajo, J.; Ramos, R.; Navarro, D.; Fernández, I.; Martínez, F.; Rodríguez, Y.; Arañó, L.; Yero, A.; Morán, N. 2013 a. Instructivo Técnico Café Arábico (*Coffea arabica* L.). Instituto de Investigaciones Agro–Forestales. Ministerio de la Agricultura. Dirección de Café y Cacao del Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña. Estación Experimental Agro–Forestal Tercer Frente, Santiago de Cuba. 137 pp.
30. Díaz, W.; Caro, P.; Bustamante, C.; Sánchez, C.; Rodríguez, M.; Vázquez, E.; Grave de Peralta, G.; Ramajo, J.; Ramos, R.; Navarro, D.; Fernández, I.; Martínez, F.; Rodríguez, Y.; Arañó, L.; Yero, A.; Morán, N. 2013 b. Instructivo Técnico Café Robusta (*Coffea canephora*). Instituto de Investigaciones Agro–Forestales, Ministerio de la Agricultura. Dirección de Café y Cacao del Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña, Estación Experimental Agro–Forestal Tercer Frente, Santiago de Cuba. 71 pp.

31. Dibut, B.; Martínez. R.; Ríos Y; Ortega, M. 2003. DIMARGON-M, nueva variante nutritiva para la producción de biofertilizantes y bioestimuladores a base de Azotobacter. En: Resúmenes del V Encuentro de Agricultura Orgánica, La Habana, 36pp.
32. Espinosa, A.; Ruiz, L.; Rivera, R.; Espinosa, E. 2015. Efecto del Nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre un suelo Pardo mullido carbonatado. Centro Agrícola, 42(2):39–46.
33. Espinosa A.; Ruiz L.; Rivera, R.; Espinosa E. 2016. Inoculación de HMA y requerimientos de fertilizante fosfórico en *Ipomea batata* (L.) Lam. Centro Agrícola, 43 (3) pp. 37–45.
34. Espinosa, A.; Ruiz, L.; Rivera, R.; Espinosa, E. 2017. Efecto de dosis de potasio y hongos micorrízicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre suelo Pardo mullido carbonatado. Agrotecnia de Cuba, 41 (1): 1–16
35. Espinosa, A.; Rivera, R.; Ruiz, L.; Espinosa, E.; Lago, Y. 2018. Inoculación micorrízica de cultivos precedentes: vía para micorrizar eficientemente el boniato (*Ipomoea batatas* Lam.). Cultivos Tropicales, vol. 39, no. 2, pp. 51-58.
36. Espinosa A.; Rivera, R.; Ruiz, L.; Espinosa E.; Lago, Y. 2019. Manejo de precedentes inoculados con HMA para micorrizar eficientemente el boniato (*Ipomoea batatas* L.) en sucesión. Cultivos Tropicales, 40 (2) : (en edición).
37. Espinosa, E. 2013. Manejo agrotécnico del cultivo de la malanga (*Xanthosoma sagittifolium* (l.) Schott y *Colocasia esculenta* Schott) para el combate de las pudriciones secas. Universidad Central "MARTA ABREU" Villa Clara, Cuba. 100 p.
38. Falcón-Rodríguez, A.B.; Costales, D.; Cabrera, J.C.; Martínez–Téllez, M.A. 2011. Chitosan physico–chemical properties modulate defense responses and resistance in tobacco plants against the oomycete Phytophthora nicotianae, Pesticide Biochemistry and Physiology, 100: 221-228. ISSN: 0048-3575
39. FAOSTAT. Datos de producción de los cultivos.http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC revisado 30/10/2019.
40. Fernández, F. 1999. Manejo de las asociaciones micorrízicas en la producción de posturas de cafeto en algunos suelos de Cuba. Tesis de Grado (Dr. en Ciencias Agrícolas) Universidad Agraria de la Habana–INCA 102 p.
41. Fernández, F.; Gómez, R.; Vanegas, L. F.; Martínez, M. A.; de la Noval, B.; Rivera, R. 2000. Producto Inoculante micorrizógeno. Certificado Nro. 22641. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial, La Habana.
42. Fernández, F.; Rivera, R.; Providencia, I.; Fernández, K.; Rodríguez, Y. 2005. Effectiveness of mycorrhizal inoculation by seed dressing. fungal functioning and agrobiological effect. En: "Avances en el conocimiento de la biología de las Micorrizas". Editores: Frías–Hernández,

J.T, Olalde–Portugal, V. and Ferrera–Cerrato, R. Universidad de Guanajuato, México. p. 252-267. ISBN: 968–864–333–5. 2005.
43. Fernández, R.; Veitía, M.M.; Rodríguez, Y. 2011. Compatibilidad entre nuevos plaguicidas químicos sistémicos y el hongo micorrizógeno Glomus intraradices Schenk y Smith. Fitosanidad, vol. 15, no. 2, 99–105.
44. Fundora, L.R.; Rivera, R.; Martín, J.V.; Calderón, A.; Torres, A. 2011. Utilización de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo de portainjertos de aguacate en un sustrato suelo–cachaza. Cultivos Tropicales, vol. 32, no. 2, p. 23-29.
45. Gañán, L., Bolaños-Benavides, M.M., Asakawa, N. 2011. Effect of mycorrhization on the growth of plantain seedlings in substrate with and without the presence of plant parasitic nematodes. ACTA AGRONÓMICA (60), 4: 297-305
46. García, M.; Ponce de León, D.; Acosta, Y.; Martínez, L. 2015. Influencia de la Canavalia ensiformis (L). D.C en la actividad biológica y distribución de los agregados del suelo en un área dedicada al cultivo del tabaco. Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 24, no. 1, 2 pp. 59-64.
47. García, M.; Ponce de León, D.; Acosta, Y; Cruz, Y. 2017 a. Influencia de Canavalia ensiformis micorrizada en algunas variables morfológicas y de rendimiento del tabaco Negro cultivado al sol. Cultivos Tropicales, vol. 38, no. 2, pp. 22–27.
48. García, M.; Rivera, R.; Cruz, Y.; Acosta, Y.; Cabrera, J.R. 2017 b Respuesta de *Canavalia ensiformis* (L.) a la inoculación con diferentes cepas de hongo micorrízico arbuscular en un suelo FARL. Cultivos Tropicales, vol. 38, no. 1, pp. 16-21.
49. García, M.; Ponce de León, D.; Rivera, R.; Acostar, Y.; Martínez, L. 2020. Beneficios del manejo de *Canavalia ensiformis*, HMA y fertilizantes en la producción de tabaco. (enviado a publicar).
50. García, R.; Guijarro, R.; Díaz, B. 1979. Modificaciones del estado nutricional del banano por efecto del potasio en suelos rojos de Cuba. Relación con el rendimiento y control de la fertilidad. Cultivos Tropicales, 1 (1), 9-22.
51. González, J. 2008. Efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y un fitoestimulador sobre los cultivos de la yuca (*Manihot esculenta*, Kantz) y el boniato (*Ipomoea batata* Lam.) en suelo Ferralítico Rojo lixiviado. Tesis de Maestría, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 68 p.
52. González P.J.; Rivera, R.; Plana, R.; Fernández, F.; Arzola, J. 2008. Efectos de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en pastos del género *Brachiaria* cultivados en suelo Pardo Mullido. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 42, No. 1: 101-106. .
53. González, P. J.; Arzola, J.; Morgan, O.; Rivera, R.; Ramirez, J. 2011. Efecto de la inoculación de la cepa de hongo micorrízico arbuscular *Glomus hoi*–like en la respuesta de *Brachiaria* híbrido cv. mulato ii (CIAT 36087) a la fertilización orgánica y nitrogenada. Cultivos Tropicales, 32 (4): 5–12.

54. González P. J. 2014. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica arbuscular vía inoculación y la fertilización mineral en pastos del género *Brachiaria*. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de la Habana, 99 p., DOI: 10.13140/ RG.2.2.27770.95685
55. González, P.J.; Ramírez, J.F.; Morgan, O.; Rivera, R.; Plana, R. 2015 a. Contribución de la inoculación micorrízica arbuscular a la reducción de la fertilización fosfórica en *Brachiaria decumbens*. Cultivos Tropicales, vol. 36, no. 1, pp. 135-142.
56. González, P.J.; Ramírez, J.F.; Rivera, R.; Hernández, A.; Plana, R.; Crespo, G. 2015 b . Management of arbuscular mycorrhizal inoculation for the establishment, maintenance and recovery of grasslands. Cuban Journal of Agricultural Science, 49(4): p. 535–40.
57. González et al., 2016 a. Resultados del estudio de la canavalia como antecedente cultural y vía para la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en king–grass (*Pennisetum purpureum*). Red temática de Manejo de la simbiosis micorrízica via inoculación en agrosistemas. Febrero 25 y 26. INCA.
58. González P.J.; Ramírez, J. F.; Rivera, R.; Hernández, A.; Crespo, G. 2016 b. Efectividad de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en dos leguminosas forrajeras cultivadas en dos tipos de suelos. Tropical Grasslands–Forrajes Tropicales, 4(2): 82-90, Doi 10.17138/TGFT (4) 82–90
59. González, P. J.; Ramírez, J.E.; Rivera, R.; Hernández–Jiménez, A.; Crespo, G. 2018. Critical levels of phosphorus in the soil for forage legumes, inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. Technical Note. Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 50, Number 2, pp.315-320.
60. Hamel, C. and Plenchette, C. 2017. Implications of past, current and future agricultural practices for mycorrhiza mediated nutrient flux. In: Mycorrhizal mediation of soil: fertility, structure, and carbon storage. Elsevier, Amsterdam. htpp:// dx.doi.org/10.1016/B978–0–12804312–7.00010–3.
61. Hernández, A.; Pérez, J.; Castro, N.; Bosch, D. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba. Ediciones INCA, 91 p .
62. Hernández–Zardón, A. 2005. Informe final sobre la gestión realizada en la República de Bolivia con la Empresa Desarrollos Agrícolas S.A. (DESA), correspondiente al contrato de Distribución No. 12 / 04 MERCADU–DESA. Del 17 de Abril del 2004 al 24 de Marzo de 2005. 106 p.
63. Hodge, A. and Storer, K. 2015. Arbuscular mycorrhiza and nitrogen: implications for individual plants through to ecosystems. Plant and Soil, vol. 386, p. 1-19. ISSN 0032-07. DOI 10.1007/s11104–014–2162–1.
64. INCA, 1999. Dossier del biofertilizante micorrízico EcoMic®. Ediciones INCA, San José de las Lajas, 45 p.
65. Instituto de Investigaciones del Tabaco (IIT). 2012. Instructivo Técnico para el cultivo del Tabaco en Cuba. Ed. Ministerio de la Agricultura - Instituto de Investigaciones del Tabaco, Artemisa, Cuba, 148 p., ISBN 978–959–7212–07–2.

66. Instituto de Investigaciones en Cítricos y Frutales (IICF). 1998. Viveros de frutales. 19 p.
67. Jaizme-Vega, M.C.; Tenoury, P.; Pinochet, J.; Jaumot, M. 1997. Interactions between the root–knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. Plant Soil, 196: 27-35
68. João, J.P.; Espinosa, A.; Ruiz, L.; Simó, J.; Rivera R. 2016. Efectividad de cepas de HMA en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* crantz) en dos tipos de suelos. Cultivos Tropicales, vol. 37, no. 1, pp. 48-56.
69. Joao, J. P. 2017. Inoculación micorrízica, Canavalia ensiformis y fertilización mineral en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en dos suelos de Cuba y su potencialidad en Angola. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de la Habana/ INCA. 101 p.
70. Joao, J.P.; Rivera, R.; Martín, G.; Riera. M.; Simó, J.E. 2017. Sistema integral de nutrición con HMA, abonos verdes y fertilizantes minerales en Manihot esculenta Crantz. Cultivos Tropicales, vol. 38, no.3, 117-128.
71. Johnson, N. C.; Graham, J. H.;Smith, F. A. 1997 Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism–parasitism continuum. New Phytol., 135, 575–585.
72. Lambers, H.; Raven, J.; Shaver, G.A.; Smith, S.E. 2008. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. Trends in Ecology & Evolution, 2008. DOI:10.1016/ j.tree.2007.10.008.
73. Larimer, A. L., Clay, K.; Bever, J. D. 2014. Synergism and context dependency of interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia with a prairie legume. Ecology, 2014, 95, 1045–1054.
74. Lehmann, A.; Leifheit, E.F.; Rillig, M.C. 2017. Mycorrhizas and Soil Aggregation. In: Mycorrhizal Mediation of Soil. Elsevier. p 241-262. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-804312-7.00014-0
75. Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R.I., Ma, B.L., Smith, D.L. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. Mycorrhiza, 9: 331-336.
76. Liu, A., Hamel, C., Elmi, A., Costa, C., Ma, B. and Smith, D. L. 2002. Concentrations of K, Ca and Mg in maize colonized by arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. Can. J. Soil Sci., 82: 271–278.
77. Lok., S.; Suarez, Y. 2014. Effect of fertilizers on the biomass production of Moringa oleifera and on some soil indicators during the establishment. Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 48, Number 4, 399- 403.
78. Marín, M.; Mena, J.; Franco, R.; Pimentel, E.; Sánchez, I. 2010. Effects of the bacterial-fungal interaction between *Tsukamurella paurometabola* C 924 and *Glomus fasciculatum* and *Glomus clarum* fungi on lettuce mycorrhizal colonization and foliar weight. Biotecnología Aplicada, 27:48-51
79. Marrero, Y.; Simó, J.; Ruiz, L.; Rivera, R.; Plana, R. 2008. Influencia del laboreo sobre el manejo de la simbiosis micorrízic a efectiva en una secuencia de cultivos sobre un suelo Pardo con carbonatos. Cultivos Tropicales, vol. 29, no. 2, p. 11-15.

80. Marschner, H.; Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal simbiosis. Plant Soil, 159, 89-102.
81. Martín, G. 2009. Manejo de la Canavalia ensiformis, la simbiosis micorrízica y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays* L.), cultivadas sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de la Habana–INCA, 103 p.
82. Martín, G. M.; Rivera, R.; Pérez, A.; Arias, L. 2012. Respuesta de la Canavalia ensiformis a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (cepa INCAM–4), su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. Cultivos Tropicales, vol. 33, no. 2, p. 20–28.
83. Martinez, B.; *et al*., 2017. Informe de Proyecto conjunto CENSA–INCA.
84. MINAG. 2008. Instructivo Técnico para el cultivo de la malanga. Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). 14 p.
85. MINAG, 2011. Instructivo Técnico para el Cultivo del Plátano. La Habana: Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). 12 p.
86. MINAG, 2012 a. Instructivo técnico del cultivo de la yuca. INIVIT, 25 p.
87. MINAG, 2012 b. Instructivo técnico del cultivo del boniato. INIVIT, 25 p.
88. MINAG. 2014. Instructivo técnico, cultivo del arroz. Ed. Instituto de Investigación en Granos, JAICA, 2014, p. 73. ISBN: 978-959-7210-86-3.
89. Montano, R.; Zuarnabar, R.; Garcia, A.; Viñals, M.; Villar, J. 2007. Fitomas® E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera.Ciudad de la Habana: ICIDCA, 10p.
90. Mosse, B. 1956. Fructifications of an Endogone species causing endotrophic mycorrhiza in fruit plants. Ann. Bot., 20:349–362.
91. Mosse, B. 1957. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non-mycorrhizal apples. Nature, 179:922
92. Nápoles, M. C.; Gutiérrez, A.; Corbera, J. 2002. "Medio de cultivo para *B. japonicum*. Biopreparado resultante". Oficina Cubana Propiedad Industrial No. Certificado 22 797.
93. Ojeda, L. J.; Hernández, M. E.; Sánchez, L.; Sainz, R. 2019. Respuesta de *Crotalaria juncea* (L.) a la inoculación con especies de hongos micorrízico arbusculares en un suelo Pardo grisáceo. Revista Científica Agroecosistemas, 7(2), 23-30 Recuperado de https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes
94. ONEI. 2019. Anuário Estadístico de Cuba 2018. CAPÍTULO 9: Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. Disponible en: http://www.one.cu/aec2018.htm. Consulta octubre de 2019.
95. PCC. 2016. Actualización de los Lineamientos de la política económica y social económicos del Partido y la Revolución para el periodo 2016-2021. VII Congreso del Partido Comunista de Cuba. 57 p.
96. Pellegrino, E.; Opik, M.; Bonari, E.; Ercoli, L. 2015. Responses of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi: A meta–analysis of field studies from 1975 to 2013. Soil Biology & Biochemistry, 210 – 217. DOI: 10.1016/j.soilbio.2015.02.020.

97. Pentón, G.; Martín, G.J.; Rivera, R. 2014 a. Efecto de la combinación de HMA y fertilización química en la extracción de nitrógeno y potasio realizadas por *Morus alba*. Pastos y Forrajes, vol 37. (1) Ene-mar: 38-46.
98. Pentón G, R. Rivera, G. J. Martín, Aracelis Mena, F. Alonso; Aida Medina. 2014 b. Efecto de la simbiosis micorrízica, la fertilización química y su combinación, en la relación suelo–planta del cultivo de morera. Pastos y Forrajes, Vol. 37, No. 4, 399–407.
99. Pentón, G.; Rivera, R.; Martín, G.J.; Oropeza, K., Alonso, F. 2014 c. Manejo de *Canavalia ensiformis* coinoculada con HMA y Rhizobium e intercalada en plantaciones de morera (*Morus alba* L.). Rev. Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia, 31:377-392.
100. Pentón, G.; Martín, G.; Rivera, R. 2016 a. Efecto del arreglo espacial y el intercalamiento con *Canavalia ensiformis* micorrizada en la respuesta agroproductiva de Morus alba. Pastos y Forrajes, Vol. 39, No. 3, pp.92–99.
101. Pentón, G.; Martín, G.; Hernández, A.; González, P.J.; Rivera, R. 2016 b. Estudio sobre la participación del potasio del suelo en la nutrición de *Morus alba* (L.). Cad. Cienc. Agra., Vol. 8, n.3, p. 68-77.
102. Pérez, A. 2002. Influencia de la inoculación de diferentes cepas de Azotobacter y HMA en el crecimiento y desarrollo de posturas de Coffea canephora cultivadas en suelos Pardos. Tesis de Maestría en Agroecología y Agricultura Sostenible. ISCAH, San José de las Lajas, La Habana.
103. Pérez E. 2009. Hongos micorrízicos arbusculares (HMA) para la bioprotección de patógenos en el cultivo del tomate (*Solanum Lycopersicum* L.). Tesis de Grado (Dr. En Ciencias Biológicas), Facultad de Biología, Universidad de la Habana 100 p.
104. Pérez, E.; de la Noval, B.; Martínez, B.; Torres, W. Medina, A.; Hernández, A.; León, O. 2015. Inducción de mecanismos de defensa en plantas de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) micorrizadas frente al ataque de *Oidiopsis taurica* (Lev.) Salm. Cultivos Tropicales, 36, (1): 98–106.
105. Pita, A.; García, E. 2012. Efectos del *Glomus fasciculatum* en la nutrición de Moringa oleifera Lam. Avances, Vol. 14, No.3: 241-250.
106. Plana, R.; González, P. J.; Rivera, R.; Varela, M.; Álvarez, M.A. 2016. Producción de forraje a base de triticale (x. *Tritico secale* wittmack) en suelo Nitisol ferrálico líxico, con dosis variables de nitrógeno e inoculación con hongos micorrízicos arbusculares. Cultivos Tropicales, vol. 37, no. 2, pp. 22-32.
107. Polón, R. 2007. Impacto nacional en el incremento del rendimiento agrícola, economizar agua de riego y energía en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) como consecuencia del estrés hídrico. XVI FÓRUM DE CIENCIA Y TÉCNICA 2007. Código: 0109604 02. [en línea] [Consultado: 12/2007]. Disponible en: <www.forumcyt.cu/UserFiles/forum/Textos/0109604.pdf>
108. Porcel, R.; Aroca, R.; Ruiz-Lozano, M. 2012. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. Agron. Sustain. Dev., 32:181-200. DOI 10.1007/s13593–011–0029–x

109. Puertas, A.; de la Noval, B.; Martinez, B.; Miranda, I.; Fernández, F.; Hidalgo–Díaz, L. 2006. Interacción de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* con *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* y *Glomus clarum* en el control de Meloidogyne incognita. Rev. Protección Veg., Vol. 21 No. 2 (2006): 80–89
110. Ramírez, J.; González, P.J.; Salazar, X.; Rivera, R.; Hernández–Jiménez, A.; Plana, R. 2016. Efecto del encalado y la inoculación de las especies de HMA en el rendimiento del pasto *Brachiaria* hibrido Bro1752 cv. Yacaré. XX Congreso Científico Internacional de Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Nov 23 al 25 del 2016.
111. Ramírez, J.; González, P.J.; Salazar, X.; Llanes, D.; Rivera, R.; Hernández-Jiménez, A.; Plana, R. 2017. Inoculación micorrízico arbuscular y reducción de la fertilización orgánica y nitrogenada en *Megathyrsus maximus* cv. Likoni. Pastos y Forrajes, Vol. 40, No.2, abril – junio, 108-117.
112. Rillig, M.C.; Aguilar-Trigueros, C.A.; Camenzind, T.; Cavagnaro, R.T.; Degrune, F.; Hohmann, P. et al., 2018. Why farmers should manage the arbuscular mycorrhizal simbiosis? New Phytologist. DOI: 10.1111/nph.15602
113. Rivera, R.; Fernández, F.; Sánchez, C.; Bustamante, C.; Herrera, R.; Ochoa, M. 1997. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos (VA) y bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de cafeto. Cultivos Tropicales, 18 (3): 15-23.
114. Rivera, R.; Fernández, F.; Hernández-Jiménez, A.; Martín, J. R.; Fernández, K. 2003. El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible: Estudio de caso El Caribe. Ediciones INCA, La Habana, Cuba. 166 p. ISBN: 959–7023–24–5. DOI: 10.13140/2.1.1813.9203
115. Rivera, R.; Cabrera, A.; Calderón, A., et al. 2010. a Informe de la campaña de validación 2010 del EcoMic® y Fitomas® en el maíz FRBt1. / R. Rivera et al., INCA, Mayabeque, 18 p.
116. Rivera, R.; Sánchez C.; Caballero D.; Cupull D.; Gonzalez, C.; Urquiaga, S. 2010 b. Abonos verdes e inoculación micorrízica de posturas de cafeto sobre suelos Fersialíticos Rojos Lixiviados. Cultivos Tropicales, vol. 31, no. 2, p. 75-81.
117. Rivera R.; Ruíz, L.; Riera, M.; Simó, J.; Fundora, L.R.; Calderón, A.; Martín, J.V.; Marrero, Y.; Joao, J.P. 2012. La efectividad del biofertilizante EcoMic® en el cultivo de la yuca. Resultados de las campañas de extensiones con productores. Cultivos Tropicales, 33 (1): 5 – 10.
118. Rivera R.; González P.J.; Hernández–Jiménez A. *et al*. 2015 a. La importancia del ambiente edáfico y del pH sobre la efectividad y la recomendación de cepas eficientes de HMA para la inoculación de los cultivos. VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, del 2 al 5 de junio. La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-296-039-8.
119. Rivera, R.; Nápoles, M.C.; Falcón, A.; Plana, R.; Marrero, Y.; Calderón, A.; Martín, J.V.; Hernández, I.; Calaña, J.M.; Hernández Zardón A.; Lara,D.

2015 b. Factibilidad e impacto económico de la aplicación conjunta del EcoMic®, Azofert® y Quitomax® en la producción de frijol y su generalización en la provincia de Mayabeque. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 16 p., doi10.13140./R.G.2.2.24077.95200

120. Rivera, R.; Martín, G.; Simó, J.; Pentón,, G.; Joao J.P.; García, M. 2017 a. "Bases y beneficios del manejo conjunto de Canavalia ensiformis e inoculantes micorrízicos arbusculares en los sistemas de suministro de nutrientes de diferentes cultivos". Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. Informe del megaproyecto Código: P131LH0010003, 70 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.29685.06884
121. Rivera, R.; Simó, J.; Martín, G.; García, M., Espinosa, A.; Nápoles, M. C.; Hernández, I.; Ruíz, M.; Ruiz, L.; Pérez, E.; Rodríguez, Y.; Ramírez, J.; González, P.J.; et al. 2017 b. Informe Final del Proyecto "Manejo conjunto e impacto de biofertilizantes micorrízicos y otros bioproductos en la producción agrícola de diferentes cultivos". Código: P131LH0010003. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 135 p.
122. Rosolem, C.A.; Steiner, F. 2017. Effects of soil texture and rates of K input on potassium balance in tropical soil. European Journal of Soil Science, vol 68 : 658–666. doi: 10.1111/ejss.12460
123. Royal Society of London. 2009. Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture. Royal Society, London, RS Policy document RS1608. ISBN: 978-0-85403-784-1.
124. Ruiz, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en raíces y tubérculos en dos tipos de suelos. Tesis de Grado para Dr. En Ciencias Agrícolas. UNAH-INCA, 100 p.
125. Ruiz, L.; Carvajal, D; Rivera, R.; Simó, J.; Romero, R.; González, J. 2010. Validación en la producción de un nuevo método de inoculación con EcoMic® en el cultivo de la papaya. XVII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba.
126. Ruiz, L.; Simó, J.; Rivera, R.; Maza, N.; Carvajal, D.; Albert-Llerena, J. 2011 Validación en la producción de un nuevo método de inoculación con EcoMic® en yuca y boniato para la provincia de Villa Clara. MINAG.
127. Ruiz, L.; Simó, J.; Rodríguez, S.; Rivera, R. 2012. Las micorrizas en cultivos tropicales. Una contribución a la sostenibilidad agroalimentaria. Editorial Académica Española, 239 p. ISBN: 978-3-8484-5382-5.
128. Ruiz, l.; Carvajal, D.; Espinosa, E.; Simó, J.; Rivera, R.; Espinosa, A. 2015. Efecto de las micorrizas y bioplaguicidas sobre cultivares de raices y tuberculos en un suelo Pardo mullido carbonatado. Rev. Agricultura Tropical, vol. 1 no. 1:1-6.
129. Ruiz, L.; Espinosa, A.; Camejo, M.; Simó, J.; Rivera, R. 2016 a Efecto de dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio combinadas con micorrizas sobre el cultivo de la yuca en un suelo Pardo mullido carbonatado. Rev. Agricultura Tropical, 2 (2) :1-13.
130. Ruiz, L.; Armario, D.; Rivera, R.; Espinosa, A.; Simó, J.; Espinosa, E. 2016 b. Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con

micorrizas en el cultivo del banano. Rev. Agricultura Tropical, 2 (1), pp.1-8.
131. Ruiz-Lozano, J. M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress: new perspectives for molecular studies. Mycorrhiza, 13:309-17. ISSN: 0940-6360.
132. Ruiz-Lozano, J. M.; Porcel, R.; Bárzana, G.; Azcón-Aguilar, R.; Aroca, R. 2012. Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant drought tolerance. State of the art. In: Plant Responses to Drought Stress: From Morphological to Molecular Features. Ed. R. Aroca. Springer–Verlag, Heidelberg, Germany, p. 335-362. ISBN: 978–3–642–32652–3.
133. Ruiz-Sánchez, M.; Ruiz-Lozano, J.M.; Muñoz, Y. 2011. Las acuaporinas, su relación con los hongos micorrízicos arbusculares y el transporte de agua en las plantas. Cultivos Tropicales, 32(3):18-26. ISSN 1819-4087.
134. Ruiz-Sánchez, M. 2015. Comportamiento del arroz (*Oryza sativa* L.) inoculado con hongos micorrízico arbusculares y expuesto a diferentes condiciones hídricas en el suelo. Tesis de doctorado. Universidad Agraria de la Habana. Mayabeque, Cuba.
135. Ruiz-Sanchez, M.; Muñoz, Y.; Dell'Amico, J.; Cabrera, A.; Simó, J. 2016. Evaluación de diferentes cepas de micorrizas arbusculares en el desarrollo de plantas de arroz (*Oryza sativa* l.) en condiciones inundadas del suelo. Cultivos Tropicales, vol. 37, no. 4, pp. 67-75.
136. Ryan, M.H.; Graham, J.M.; Morton, J.B.; Kirkegaard, J.A. 2018. Research must use a systems agronomy approach if management of the arbuscular mycorrhizal symbiosis is to contribute to sustainable intensification. New Phytologist, Forum 1-3.
137. Sánchez, C.; Caballero, D.; Rivera, R.; Cupull, R. 2006 a. Respuesta de cepas de hongos micorrizógenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de cafeto (Parte I). Suelo Pardo Gleyzoso. Centro Agrícola, 33(1): 33-38.
138. Sánchez, C.; Caballero, D.; Rivera, R.; Cupull, R et al. 2006 b Respuesta de cepas de hongos micorrizógenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de cafeto (Parte III) Suelo Fersialítico Rojo Lixiviado. Centro Agrícola, 33(2): 11-16, abril–junio.
139. Sánchez, C.; Caballero, D.; Rivera, R.; Cupull, R et al. 2006 c Respuesta de cepas de hongos micorrizógenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de cafeto (Parte II) Suelo Ferralítico Rojo de Montaña. Centro Agrícola, 33(2):17-22.
140. Sánchez, C.; Rivera, R.; Caballero, D.; Cupull, R.; Gonzalez, C. Urquiaga, S. 2009. Los abonos verdes y la inoculación micorrízica de plántulas de *Coffea arabica* sobre suelos Cambisoles Gléyicos. Cultivos Tropicales, 30 (1): 5–10.
141. Sánchez, C.; Rivera, R.; Caballero, D.; Cupull, R.; Gonzalez, C. 2011. Abonos verdes e inoculación micorrízica de posturas de cafeto sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Cultivos Tropicales, 32 (3) :11 – 17.

142. Sánchez-Romera, B.; Calvo-Polanco, M.; Ruiz-Lozano, J.M.; Zamarreño, A.M.; Arbona, V.; García-Mina, J.M.; Gómez-Cadenas, A.; Aroca, R. 2018. Involvement of def-1 mutation in the response of tomato plants to arbuscular mycorrhizal symbiosis under well-watered and drought conditions. Plant and Cell Physiology, 59: 248-261. DOI 10.1093/pcp/pcx178/4642916.
143. Schütz, L.; Gattinger, A.; Meier, M.; Müller, A. Boller, T. Mäder, P.; Mathimaran, N. 2018. Improving Crop Yield and Nutrient Use Efficiency via Biofertilization—A Global Meta-analysis. Frontiers in Plant Science, | Volume 8 | Article 2204, doi: 10.3389/fpls.2017.02204.
144. Sieverding, E. 1991. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in Tropical Agrosystem. Deutsche Gesellsschaft fur techniische Zusammenarbeit GTZ) GMBH, Federal Republic of Germany. 371 p.
145. Simó, J.E.; Ruiz, L.; Rivera, R. 2015. Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular y suministro de nutrientes en plantaciones de banano cultivar 'FHIA-18' sobre suelos Pardos mullidos carbonatados. Cultivos Tropicales, vol. 36 no. 4, pp 43-54.
146. Simó, J. E. 2016. Manejo integrado de inoculantes micorrízicos arbusculares, el abono verde y fuentes orgánico minerales en la nutrición del banano FHIA–18 (AAAB) en suelo Pardo mullido carbonatado. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de la Habana/ INCA 100 p. doi: 10.13140/RG. 2.2.33143.32160.
147. Simó, J.E.; Rivera, R.; Ruiz, L.; Espinosa, E. 2016. Necesidad de reinoculación micorrízica en el trasplante del banano en áreas con precedente de canavalia inoculada con HMA. Centro Agrícola, 43 (2): 28-35.
148. Simó, J.E.; Ruiz, L.A.; Rivera, R. 2017. Inoculación de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y relaciones suelo Pardo–abonos orgánicos en la aclimatización de vitroplantas de banano. Cultivos Tropicales, vol. 38, no. 3, pp. 102-111.
149. Siqueira, J. O.; Franco, A. A. 1988. Biotecnología do solo. Fundamentos e Perspectiva. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS. Brasilia, D. F . 235 p.
150. Siqueira, J. O. ; Collozzi-Filhho, A. ; Saggin – Junior, O.J. ; Guimaraes, P.T.G. ; Oliveira, E. 1993. Crecimento de mudas e producao de cafeeiro sob influencia de fungos micorrizicos e superfosfato. R. Bras. Ci. Solo, 17 (1), 53-60.
151. Smith, S. E.; Smith, F.A. 2011. Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Nutrition and Growth: New Paradigms from Cellular to Ecosystem Scales Annu. Rev. Plant Biol., 62:227–50. doi: 10.1146/annurev-arplant-042110-103846
152. Soudzilovskaia, N.A.; van der Heijden, M.C.G.; Cornelissen, J. H. C.; Makarov, M. I.; Onipchenko, , M. I.; Maslov, M.N.; Akhmetzhanova, A. A.; van Bodegom, P.M. 2015. Quantitative assessment of the differential impacts of arbuscular and ectomycorrhiza on soil carbon cycling. New Phytologist, doi: 10.1111/nph.13447

153. Tamayo, Y.; Martín, G.; Corona, Y.; Barraza, F.V. 2015. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* (L) D.C. ante la coinoculación de Rhizobium y hongos micorrízicos arbusculares. Hombre, Ciencia y Tecnología, 19(1):100–8.
154. Terry, A; Pino, S, M.A; Leyva, G.A. 2001. Efectividad de la combinación biofertilizantes – análogo de brasinoesteroide en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Cultivos Tropicales, 22(2):59-65.
155. Terry, E.; Terán, Z.; Martínez-Viera, R.; Pino, M.A. 2002. Biofertilizantes, una alternativa promisoria para la producción hortícola en organopónicos. Cultivos Tropicales, vol. 23, no. 3, p. 43-46
156. Terry, E; Leyva, A; Marái M, D. 2005. Uso combinado de microorganismos y productos bioactivos como alternativas para la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Revista Cultivos Tropicales, Vol. 26(3):77–81
157. Terry, E.; Leyva, A; Ruiz, J.; Díaz, M. 2007. Manejo de bioproductos para producción ecológica de tomate (Solanum lycopersicum, L). Revista Cultivos Tropicales, Vol. 28(3):23-27
158. Terry, E.; Ruiz, J. 2008. Evaluación de bioproductos para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill) bajo sistema de cultivo protegido. Revista Cultivos Tropicales, Vol. 29(3):11–15
159. Terry, A. E; Ruiz, P. J.; Carrillo, S.Y. 2018. Efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate. Agronomia Mesoamericana, 29(2):389-401. doi:10.15517/ma.v29i228889
160. Thirkell, T.J.; Cameron, D.D.; Hodge; A. 2016. Resolving the 'nitrogen paradox' of arbuscular mycorrhizas: fertilization with organic matter brings considerable benefits for plant nutrition and growth. Plant, Cell & Environment, doi: 10.1111/pce.12667.
161. van der Heijden, M.G.A.; Martin, F.C.; Selosse, M.A.;Sanders, I.R. 2015. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. New Phytologist, 205: 1406–1423. doi: 10.1111/nph.13288
162. Vázquez, E.; Martínez, F.; Arañó, L.; Rodríguez, Y.; Bustamante, C.; Carracedo, C. 2018. Indicaciones técnicas para el cultivo del café en el llano a baja altitud. INAF, 93 p.
163. Volf, M.R.; Guimarães, T. M.; Scudeletti, D.; Cruz, I.V.; Rosolem, C.A. 2018. Potassium Dynamics in Ruzigrass Rhizosphere. Rev Bras. Cienc Solo. 42:e0170370. https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170370
164. Vos, C.; Schouteden, N.; van Tuinen, D.; Chatagnier, O.; Elsen, A.; De Waele, D.; Gianinazzi-Pearson, V.; Panis, B. 2013. Mycorrhiza-induced resistance against the rooteknot nematode Meloidogyne incognita involves priming of defense gene responses in tomato. Soil Biology & Biochemistry, 60: 45-54. http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013 .01.013
165. Waugh, D. L.; Cate J.; R. B. y Nelson, L. A. 1973. Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelo y las respuestas a los fertilizantes. Proyecto Internacional de Evaluación y Mejoramiento de la Fertilidad del Suelo. North Carolina State University. Boletín Técnico 7. 106 p.

4. RELACIÓN DE INSTITUCIONES CIENTÍFICAS Y UNIVERSIDADES QUE PARTICIPAN EN LA RED DE "MANEJO EFECTIVO DE LA SIMBIOSIS MICORRÍZICA ARBUSCULAR EN AGROSISTEMAS"

1. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) – MES
2. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) – MINAG
3. Estaciones Experimentales de Café del Instituto de Investigaciones Forestales (INAF) – MINAG
4. Instituto de Ecología y Sistemática (IES) – CITMA
5. Estaciones Experimentales del Instituto de Investigación de Pastos y Forrajes (IIPF) – MINAG
6. Estaciones Experimentales del Instituto de Investigaciones de Tabaco (IIT) – MINAG
7. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" – MES
8. Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical (IIFT) – MINAG
9. Instituto de Investigaciones en Agricultura Tropical (INIFAT) – MINAG
10. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) – MES
11. Instituto de Investigaciones en Sanidad Vegetal (INISAV) – MINAG
12. Unidad de Extensión Investigación y Capacitación Agropecuaria de Holguín (UEICAH)
13. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" (IIHLD) – MINAG
14. Instituto de Suelos – MINAG
15. Instituto de Ciencia Animal (ICA) – MES
16. Universidad de Guantánamo – MES
17. Universidad de Holguín – MES
18. Universidad de Granma – MES
20. Universidad de Oriente – MES
19. Universidad de Las Tunas – MES
21. Universidad de Cienfuegos – MES
22. Universidad Agraria de la Habana – MES
23. Facultad de Biología de la Universidad de la Habana – MES

Foto 64. Reunión de la Red efectuada en el INCA en Noviembre del 2009.

Foto 65. Reunión de la Red efectuada en el INCA en Febrero del 2016.

5. RELACIÓN DE ENTIDADES PRODUCTIVAS EN QUE SE HAN DESARROLLADO TRABAJOS DE VALIDACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE EcoMic® EN CUBA

(solo incluye periodo 2007 en adelante)

PROVINCIA	MUNICIPIO	ENTIDAD	CULTIVO
Pinar del Rio	San Juan y Martínez	CCS "Ormani Arenado"	Tabaco
	Palacios	Granja Sierra Maestra UEB "28 de octubre" UEB Militar	Arroz, frijol
	Pinar del Rio	Empresa de Semillas	Fruta bomba
	Consolación del Sur	CCS "Enrique Troncoso"	Frijol
Artemisa	Bauta	EPG "Niña Bonita"	Pastos
		CCS "Sergio González"	Fruta bomba
Habana	Boyeros	UEB "Villena–Revolución"	Pastos
	Guanabacoa	UBPC "Juan Oramas"	Pastos
	La Lisa	CCSF "Orlando López"	Pastos
Municipio Especial Isla de la Juventud		Empresa Integral Agrícola Isla de la Juventud UBPC "Camilo Cienfuegos" Empresa Constructora Isla de la Juventud Áreas de Autoconsumo	Frijol
Mayabeque	San José de las Lajas	CCSF "Orlando Cuellar" CCSF "Paco Cabrera" CCSF "Nelson Fernández" CCS "Hugo Rivero" CCS "28 de Octubre" ECV "San José" (UBPC "Valle Rojo") UEB "Siboney" EPG "Valle del Perú"	Frijol, maíz, habichuelas, ajo, pastos, yuca, plátano

PROVINCIA	MUNICIPIO	ENTIDAD	CULTIVO
Mayabeque	Jaruco	CCSF "Pepito Tey" CCSF "Noelio Capote" CCSF "Niceto Pérez" CPA "Crucero Aurora" UBB "Santa Clara"	Yuca, boniato, frijol, maíz, pimiento, maní
	Güines	UBPC "Rolando Pérez Quintosa" CCS "17 de Mayo" CCS "Humberto Hernández" ECV "Miguel Soneira" (UBPC "Camilo Cienfuegos" y Desembarco Granma) CPA" Cubano–Búlgara"	Frijol, maíz, yuca
	Nueva Paz	CCS "Abel Santamaría"; CCS "Santa Elena" CPA "26 de Julio" UBPC "Blas Roca" Granja Urbana/ Finca "Pedroso" UBPC "Antonio Maceo"	Frijol, maíz, plátano y maní
	Batabanó	CCS "Ciro Redondo" CCS "9 de Abril" CCS "Deris García" CCS "Niceto Pérez" CCS "9 de Abril" ECV "Batábano" (UBPC "Vitalio Acuña") UBPC "José A Fernández" UBPC "Jesús Suarez Gayol"	Frijol, maíz, yuca
	Quivicán	UBPC "Marcos Martí" UBPC "William Soler" CCS "Mártires de Barbados" Productor Luis Reyes	Frijol
	Melena del Sur	UBPC "Borreguito"	Frijol

PROVINCIA	MUNICIPIO	ENTIDAD	CULTIVO
Mayabeque	Madruga	CCS "Niceto Pérez" CCS "Pedro González"	Pimiento, tomate, yuca, posturas de aguacate y mango
Matanzas	Jovellanos	Empresa Agropecuaria de Jovellanos–UEB MADAM (MADAM 2 y MADAM 11) ECV "Lenin" (UBPC "Rosita 1" y UBPC "Condesa 4"	Maíz, frijol, yuca
	Máximo Gómez	UBPC "E. Hernández" Finca Referencia del productor Ernesto Jiménez	Maíz, frijol
	Martí	UBPC "El Sordo" Empresa Pecuaria "Martí" CCS "Ramón Rodríguez"	Maíz, frijol, yuca
	Perico	CCS "Mario Muñoz" EEPF "Indio Hatuey"	Morera, césped, frijol, maíz
	Agramonte	CCS "Félix Duque" UBPC "10 de Octubre"	Frijol
	Limonar	UBPC "San Francisco", Granja 2	Yuca
	Ceiba Mocha	UBPC "Ceiba Mocha"	Yuca
	Matanzas	Empresa Integral Matanzas Huerto Intensivo de la Granja Urbana Municipal UBPC "El Roque" (San Juan) CCS "Ramón Rodríguez Milián" (El Majá)	Yuca
	Calimete	ECV "Calimete"	Fruta bomba
	Jagüey Grande	CCS "Wilfredo Díaz" UBPC "Eliseo Reyes"	Fruta bomba, guayaba

PROVINCIA	MUNICIPIO	ENTIDAD	CULTIVO
Cienfuegos	Aguada	Granja Hortícola	Yuca
	Cienfuegos	Empresa Hortícola ECV "Cienfuegos"	Yuca
	Rodas	CCS “El Vaquerito”	Yuca
	Cruces	Emp. Agropecuaria MINAZ CCS “R. Balboa”	Yuca
	Abreu	UBPC “Che Guevara” E.C.V “Horquita” (Finca "Cuban–1")	Yuca
	Palmira	CCS “Jesús Menéndez”	Yuca
	Lajas	UBPC “La Modelo”	Yuca
Villa Clara	Santo Domingo	Empresa Agropecuaria Santo Domingo IPA “Martin Torres” CAI “Carlos Baliño” (UBPC Bermejal y Granja Agropecuaria) Empresa Agropecuaria “Macún” UBPC “Típica A”; CCS "Rubén Martínez Villena" Granja Cascajal	Frijol, pastos, yuca, fruta bomba
	Ranchuelo	UEB Integral Agropecuaria “Osvaldo Herrera” ECV “El Diamante”	Frijol, boniato, fruta bomba, yuca
	Manicaragua	CPA “Julio Pino Machado” UEB Integral Agropecuaria "Manicaragua" Empresa Agroforestal de Jibacoa	Maíz, boniato, yuca, posturas de cafeto
	Remedios	Finca de Semillas "La Fuerte” CCSF “A. González”	Frijol, yuca

PROVINCIA	MUNICIPIO	ENTIDAD	CULTIVO
Villa Clara	Santa Clara	ECV "Valle del Yabú" (UBPC 3, 5) UEB" El Pirey"	Yuca, boniato, frijol
	Sagua la Grande	Empresa Cultivos Varios Sagua	Frijol, yuca
	Quemado de Güines	UBPC "Grito de Yara", UEB Empresa Agricola	Frijol, yuca
	Cifuentes	Empresa. Agropecuaria "Unidad Proletaria"	Yuca
	Encrucijada	Empresa Agropecuaria "Emilio Córdova"	Yuca
	Caibarién	UEB Caibarién "La Papaya"	Yuca
Santi Spíritus	Yaguajay	Empresa de Granos "Valle Caonao" E.A. "Obdulio Morales" UBPC "Caguanes" CCSF "Juan Darias" CCSF "Felino Rodríguez" CCS "Luis Lago" CCSF "Alberto Pis "	Maíz, frijol
	Fomento	E.A. "Ramón Ponciano" UEB "Fomento"	Frijol
	Santi Spíritus	CPA "Angel Montejo" CCS "Julio Calviño"	Maíz
	La Sierpe	UEB "Peralejo" Empresa arrocera "Sur del Jibaro"	Arroz
Ciego de Ávila	Baragua	Empresa "La Cuba"	Frijol
	Chambas	Finca de Semillas "La Fortuna" CCS "Ignacio Agramonte"	Frijol
	Venezuela	UEB Agropecuaria "Venezuela"	Yuca

PROVINCIA	MUNICIPIO	ENTIDAD	CULTIVO
Las Tunas	Las Tunas	CCS "Omar Pérez" CCS "Calixto Sarduy"; CCS "Victoriano Martínez" EVC "Melanio Ortiz"	Maíz, frijol, pimiento, tomate, tabaco, fruta bomba
	Puerto Padre	CCS "Paco Cabrera" CCS "Otilio Díaz"	Yuca, maíz
Granma	Jiguaní	CCSF "Cristino Naranjo" CCSF "Willian Soler" Empresa Municipal Agropecuaria Huerto escolar "Conrado Benítez" UEB "La Huerta" UEB "El Tamarindo"/ Máquina 3 y Máquina 4	Yuca, maíz, boniato, frijol, cebolla
Holguín	Gibara	UEICAH CCS "Manuel A. de Uñas" CCS "Ñico López" CCS "Pedro Blanco"	Maíz, yuca, frijol
	Urbano Noris	CCS "Omar de la Peña" CCS "Frank País"	Maíz
	Cacocúm	CCS "10 de Octubre"	Maíz, frijol
	Calixto García	CCS " Juan M. Romero"	Yuca
Santiago de Cuba	Contramaestre	CCS "Ruta Invasora" Estación de Extensión del INIVIT	Maíz, boniato
	Mella	UEB "Mella" (Polo Productivo "El Venado")	Maíz, boniato
	Santiago de Cuba	Unidades de Cultivo Protegido "Campo Antena" y "Veguitas"/ Empresa Estatal Socialista "América Libre"	Pimiento, tomate

PROVINCIA	MUNICIPIO	ENTIDAD	CULTIVO
Guantánamo	El Salvador	Facultad Agroforestal (CETA)	Yuca, café, posturas de caoba
	Guantánamo	CCS " Lino Alvarez" Empresa de Semillas UBPC "Batalla del Jobito" Pastos y Forrajes, "Monte Samón" ECV "Guantánamo" CCS "Niceto Pérez" IPA "Manuel Simón Guerra"	Yuca, fruta bomba, pimiento, guayaba, cebolla y pimiento
	Manuel Tames	Empresa Forestal y parceleros	Aji chay, tomate, pepino y guayaba
	San Antonio del Sur	CCS "C. Lores" CCSF "Timoteo Samón" CCS "Armando Barrero" UEB "Cultivos Varios Yateritas"	Frijol, tomate, plátano, posturas de cafeto, guayaba
	Yateritas	Finca de la productora Ramona Ochoa Finca de Semillas	Plátano, yuca
	Baracoa	Empresa de Café y Cacao CCS "German Grimón" Centro de Gestión Paso de Cuba	Posturas de cafeto