



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
"JOSÉ MARTÍ PÉREZ"
FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



Trabajo de Diploma

**Título: EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON
MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN *Andropogon
gayanus*, EN PRESENCIA DE ETRES POR SEQUÍA.**

Autor: *Rance Rojas Pérez*

Tutores: M. C. *Adelaida Benita Puentes Pérez*

D. C. *Carlos José Bécquer Granados*

2018-2019

DEDICATORIA

- A Dios, por la vida que me regala, por la salud, la sabiduría y el entendimiento en cada una de las etapas de este proceso académico, por habernos permitido culminar nuestros estudios y por la oportunidad de realizar este sueño.
- A mis padres Ramón Rojas La O y María Elena Pérez, por ser lo mejor de mi vida, por su apoyo incondicional, por los valores inculcados, su ejemplo y su motivación para seguir adelante en el transcurso de mi vida y de mi carrera.
- A mi esposa Lianet Fernández Bonilla que me ha dado su amor y apoyo incondicional, y ha sido partícipe de todo este proceso y por la motivación que me ha brindado.

AGRADECIMIENTOS

- Al Señor mi Dios por haberme guiado y darme la voluntad, la fuerza y la perseverancia en el proceso investigativo, por colmarme de amor y paz y permitir que haya llegado al final de este camino, las palabras no son suficientes para explicar lo que siento dentro de mí.
- A mis padres y a mi esposa, por darme el apoyo incondicional, económico y moral para la culminación de los estudios superiores y la realización de esta investigación.
- A mi tutora MSc. Adelaida Benita Puentes Pérez por brindarme su tiempo, por transmitirme paz y tranquilidad, su conocimiento y aportar ideas para la realización y culminación de la investigación.
- A mi tutor el D.rC. Carlos José Bécquer Granados por brindarme sus conocimientos, su tiempo y su apoyo incondicional para la realización de esta investigación.
- Al cuerpo académico de la carrera de Agronomía, que han transmitido sus conocimientos para la culminación de los estudios superiores durante todos estos años.
- A todos mis familiares y amigos que de una forma u otra me han brindado su apoyo y su ayuda para la realización de esta investigación.
- A mi país, por brindarme la oportunidad de recibir educación y cultura de forma general e integral.

A todos muchas gracias

SINTESIS

Se desarrolló un experimento de campo en condiciones de estrés de sequía agrícola para evaluar el efecto de *Azospirillum brasilense* y *Glomus cubense* en variables agroproductivas de *Andropogon gayanus*, en presencia de estrés por sequía. Se empleó un diseño experimental de distribución en serie sencilla, con 7 tratamientos y ocho réplicas. Se realizó análisis de ANOVA. Las diferencias entre medias se determinaron por LSD de Fisher. Los datos porcentuales se transformaron por $2\arccos\sqrt{P}$. Se evaluó longitud del tallo (LT, cm), longitud de la panícula (LP, cm), longitud de la espiga (LE, cm), peso seco de la espiga (PSE, g) e inflorescencia (Inflor., %). Se halló el índice de eficiencia de la inoculación sobre la base del PSE y de la Inflor. Se determinó el estado de la sequía agrícola. El tratamiento EcoMic®+INICA-8 mostró superioridad estadística en LT (189.71 cm), en PSE (0.071 g) y en Inflor. (83.71%). Por otra parte, EcoMic®(corte)+INICA-8(15d) fue superior en LE (16.39 cm) y en LP (56.08 cm), aunque el testigo fertilizado tuvo letras comunes con estos tratamientos. Se concluye que se seleccionan EcoMic+INICA-8, así como EcoMic®(corte)+INICA-8(15d), por tener efecto superior en un mayor número de variables. La aplicación simple de INICA-8 no tuvo efecto superior en ninguna variable. Se destaca que la eficiencia de la inoculación, así como la eficiencia agronómica relativa, fue mayor para EcoMic+INICA-8 en PSE e Inflor., pero la mayor eficiencia de este tratamiento fue en Inflor. Las variables que más se favorecieron con la inoculación, fueron longitud del tallo y longitud de espiga. Se recomienda evaluar los tratamientos seleccionados en otros ensayos de campo con *Andropogon*, en diferentes condiciones edafoclimáticas y con varios cortes.

Abstract:

A field experiment under drought stress conditions was carried out in order to evaluate the effect of *Azospirillum brasilense* and *Glomus cubense* on agroproductive variables of *Andropogon gayanus*, under drought stress conditions. An experimental design of distribution on simple serie was used, with 7 treatments and 8 replicates. ANOVA analysis was made. Differences of averages were determined by Fisher's LSD. Percentages were transformed by $2\arccos\sqrt{P}$. Variables such as length of stem (LT, cm), length of the panicle (LP, cm), length of the spike (LE, cm), as well as dry weight of the spike (PSE, g), and florescence (Inflor., %), were evaluated. The index of inoculation efficiency on the basis of the PSE and Inflor. was determined, as well as the state of agricultural drought. Treatment EcoMic+INICA-8 showed statistical superiority on LT (189.71 cm), in PSE (0.071 g) and in Inflor. (83.71%). On the other hand, EcoMic[®](corte)+INICA-8(15d) was higher in LE (16.39 cm) and in LP (56.08 cm), although the fertilized control showed common letters with these treatments. It is concluded that EcoMic+INICA-8, as well as EcoMic[®](corte)+INICA-8(15d), were selected for its higher effect on a major number of variables. The simple application of INICA-8 had no higher effect on any variable. It is emphasized that the inoculation efficiency, as well as the relative agronomic efficiency, was higher for EcoMic+INICA-8 in PSE and Inflor., yet more efficiency of this treatment was observed in Inflor. The higher effect of inoculation was observed in length of stem and length of the spike. It is recommended to evaluate selected treatments in other field experiments with *Andropogon*, under different pedoclimatic factors and with several harvests

INDICE:

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1 La sequía como fenómeno recurrente adverso.....	5
1.2 Tipos de sequía.....	6
1.3 Caracterización botánica de <i>Andropogon gayanus</i> y otros elementos de este cultivar	7
1.3.1 Información taxonómica.....	7
1.3.2 Botánica del cultivo.....	7
1.3.3 <i>Andropogon gayanus</i> Kunth.....	8
1.4. Condiciones edafoclimáticas para su desarrollo en Cuba.....	9
1.5 Caracterización de los inoculantes utilizados en la investigación.....	9
1.5.1 Micorrizas.....	10
1.5.2 Tipos de micorrizas.....	10
1.5.3 Principales beneficios de las micorrizas.....	11
1.5.5 Importancia agronómica de las micorrizas.....	12
1.6 <i>Azospirillum</i> spp,.....	13
1.6.1 <i>Azospirillum</i> : Su significado en la Agricultura	14
1.8 Los inoculantes microbianos solos o combinados y su efecto en cultivos interés agrícola como alternativa para el incremento de la productividad.....	15
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
2.1 Localización del experimento.....	18
2.2 Cepa bacteriana:.....	18
2.2.1 Cepa de hongos micorrízicos arbusculares (HMA).....	18
2.4 Agrotecnia del experimento:.....	18
2.4.1 Evaluación de las variables climáticas en el área y período experimental.....	18
2.4.2 Valores promedios de temperatura y humedad relativa.....	18
2.4.3 Precipitaciones.....	19
2.4.5 Determinación del estado de sequía agrícola:.....	19
2.5 Composición agroquímica básica del suelo experimental.....	19
2.6 Diseño experimental y análisis estadístico:.....	20
2.7 Variables que se evaluaron.....	20
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
3.1 Estado de la sequía agrícola.....	21
3.2 Longitud del tallo.....	22
3.3 Longitud de la panícula.....	23
3.4 Longitud de la espiga.....	24
3.5 Peso seco de la espiga.....	26
3.6 Inflorescencia.....	28
Conclusiones.....	31
Recomendaciones.....	32
Bibliografía.....	33

INTRODUCCIÓN:

En los últimos tiempos, tanto para el hombre como para el balance económico la sostenibilidad agrícola ha cobrado especial interés al conocer de su incidencia directa en estos factores (Martínez *et al.*, 2012). Para fortalecer los sistemas agrícolas sostenibles, es necesario conocer los componentes que lo integran y que puedan determinar la funcionalidad de los mismos. De ahí la importancia de reconocer que la productividad de los cultivos viene dada por la fertilidad de los suelos, que puede ser evaluada por sus características físicas, químicas y biológicas. Cuando en el sistema se introducen las plantas, la situación de los microorganismos cambia drásticamente, por el aporte de sustratos energéticos (Pedroso, 2011).

El manejo integrado de la nutrición se encuentra entre las tecnologías que incrementan los rendimientos y el valor nutritivo de la biomasa en los pastos y forrajes, a la vez que contribuyen a conservar los recursos naturales, por sus potencialidades para aumentar la productividad y la calidad de la biomasa, mejorar la fertilidad de los suelos y hacer un uso racional de los fertilizantes (Lambrecht *et al.*, 2016). No obstante, el estrés hídrico debido a la sequía es el principal factor abiótico limitante en la producción de los cultivos (Nakashima y Yamaguchi-Shinozaki, 2013), especialmente en áreas áridas y semiáridas (Yang *et al.*, 2008). Ante cualquier estrés abiótico existe decrecimiento significativo en la fotosíntesis y, consecuentemente, reducción en la cantidad de metabolitos y energía. Es muy importante para las plantas usar esta reducida cantidad de recursos para maximizar su crecimiento y potencial reproductivo (Yang *et al.*, 2008)

Una de las opciones para garantizar rendimientos aceptables en el pasto durante la temporada seca, es la utilización de especies resistentes a dicho estrés ambiental. *Andropogon Gayanus* se considera una especie forrajera importante para los trópicos ya que esta gramínea es cultivada de forma extensiva en ecosistemas áridos y semiáridos en varios países, pues ésta es capaz de desarrollarse y crecer en condiciones de estrés de sequía y en condiciones de humedad (Funes *et al.*, 1998). Se adapta bien a regiones de suelos pobres de baja fertilidad y drenaje regular, donde se

producen prolongadas sequías. En nuestro país las primeras introducciones procedentes de América tropical (década del 60) incluyen *Andropogon gayanus* y *A.*

squamulatus (Cerdas *et al.*, 2011). Por otra parte, se introducen otras variedades con el objetivo de adaptarlas a suelos marginales y pobres para reemplazar otras especies de menos valor.

Por otra parte, existen estudios que revelan que los microorganismos del suelo contribuyen con un amplio rango de servicios esenciales a la sostenibilidad de todos los ecosistemas, actuando como los principales agentes impulsores del ciclo de nutrientes, regulando la dinámica de la materia orgánica del suelo, la secuestración del carbono y la emisión de gases de invernadero, modifican la estructura física del suelo y régimen de agua, mejorando la eficiencia de la adquisición de nutrientes de las plantas (Singh *et al.* 2011).

Con anterioridad, los estudios relacionados con la fertilización se basaban en el incremento de la producción agropecuaria por unidad de superficie y el establecimiento de límites económicos para el uso de los fertilizantes. Actualmente, sin perder de vista el aspecto económico, se le concede mucha importancia a la preservación del ambiente y el acceso de la población a alimentos sanos, de modo que se ha acrecentado la necesidad de diseñar modelos agrícolas que incluyan estrategias para esta práctica, dirigida a garantizar una nutrición adecuada de los cultivos y, a la vez, asegurar la protección de los recursos naturales (Lara-Mantilla *et al.*, 2011). Entre esas estrategias se incluye el manejo de la simbiosis micorrízico-arbuscular, por sus potencialidades para mejorar la productividad de los cultivos y, a la vez, reducir la necesidad de fertilizantes, a partir del aumento en la eficiencia de la absorción de nutrientes por las plantas (Yang *et al.*, 2014). Tal manejo se puede lograr mediante la inoculación de especies de hongos micorrízico-arbusculares (HMA), cuando las comunidades residentes de estos microorganismos no son capaces de establecer una simbiosis efectiva con las plantas hospederas (Priyadharsini y Muthukumar, 2015). Trabajos realizados por Carneiro *et al.* (2007) y González *et al.* (2015) demostraron que la inoculación de especies eficientes de HMA constituye una vía efectiva para disminuir las dosis de fertilizantes a aplicar a los pastos, sin reducir su rendimiento ni

valor nutricional. La colonización micorrízica radical por los HMA ha demostrado incrementos de productividad de diversos cultivos en suelos con estrés hídrico, lo cual contribuye al combate contra los efectos de la sequía en la agricultura.

También, entre los microorganismos que son evaluados por su potencial contribución de promoción al crecimiento vegetal, se encuentra *Azospirillum brasilense*. La actividad de estimulación del crecimiento de la planta se explica por Bashan (2010) por un proceso multifactorial que incluye la producción de fitohormonas, fijación de nitrógeno, reducción de estrés ambiental y posible influencia contra fitopatógenos. El impacto negativo de las condiciones de sequía parece disminuir cuando se aplica *Azospirillum brasilense* a cultivos, como trigo. Las plántulas de trigo, inoculadas con cepas de *Azospirillum*, se benefician con un nivel de agua mejorado durante el estrés salino y estrés osmótico, debido a que los conductos del xilema se ensanchan, así como se mejora la conductancia hídrica coleóptila (Pereyra *et al.*, 2012). Aspectos similares se notan también en plantas de tomate, ya que la inoculación con *A. brasilense* incrementa el área de los conductos del xilema, así como la conductividad hidráulica del tallo, por lo que se mitiga así el estrés hídrico impuesto por una falla vascular (Romero *et al.*, 2014).

Por lo anteriormente expuesto se llevó a cabo la siguiente investigación.

Problema Científico: ¿Qué combinación de microorganismos benéficos es la más efectiva al inocularlos en *Andropogon gayanus* para lograr un comportamiento agroproductivo adecuado, en presencia de estrés por sequía, en un ecosistema ganadero de Sancti Spíritus?

Hipótesis: La inoculación de *Andropogon gayanus*, con microorganismos benéficos, conlleva a una expresión aceptable desde el punto de vista agronómico, del potencial de rendimiento de la planta, en presencia de estrés por sequía.

Objetivo general:

Evaluar el efecto de *Azospirillum brasilense* y *Glomus cubense* en variables agroproductivas de *Andropogon gayanus*, en presencia de estrés por sequía.

Objetivos específicos:

- Evaluar variables agroproductivas estrechamente relacionadas con la producción de semillas, en *Andropogon gayanus*.
- Evaluar la eficiencia de los inoculantes microbianos en presencia de estrés por sequía.
- Seleccionar las mejores combinaciones de inoculantes microbianos que se aplicaron, por su efecto superior en las variables estudiadas.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 La sequía como fenómeno recurrente adverso y su incidencia en el desarrollo de los cultivos. Tipos de sequía.

La sequía es un fenómeno climático recurrente adverso caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal, que no presenta epicentro ni trayectorias definidas. Tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y del espacio, y provoca que el agua disponible sea insuficiente para satisfacer las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas. Ortega-Gaucin, (2012).

Asimismo, desde tiempos inmemoriales diferentes estudios revelan que la sequía ha sido siempre una amenaza para la supervivencia de la humanidad. Con frecuencia ha sido la causa de migraciones masivas, hambrunas y guerras, e incluso ha llegado a alterar el curso de la historia misma. Hoy en día, la sequía sigue afectando a toda la población mundial de diferentes maneras, y se considera como el fenómeno natural que afecta a más personas que cualquier otro desastre en el planeta. Wilhite, (2000). No obstante, la sequía es un fenómeno complejo y quizá el menos comprendido de todos los peligros naturales. Hagman. (1984). De hecho, todavía se están descubriendo las complejas interrelaciones entre la sequía, los ecosistemas y la sociedad, y se implementan diversas estrategias de respuesta y mitigación a la sequía que permitan reducir los impactos del fenómeno y, por lo tanto, los riesgos y la vulnerabilidad de las generaciones futuras. Según estudios realizados por(Rilling., 2006) que tratan el tema del clima y el cambio climático existen dos grandes categorías: Las de origen natural, representadas por las modificaciones en los patrones de la circulación atmosférica, las variaciones en la actividad solar y los fenómenos de interacción entre el océano y la atmósfera, como El Niño/ Oscilación del Sur (ENOS), entre otros; y las de origen antropogénico, constituidas por la quema de combustibles fósiles, la degradación ambiental (deforestación, degradación del suelo, la desertificación) y la alteración de los sistemas ecológicos naturales. Ante estas circunstancias se han generado polémicas a nivel mundial sobre como mitigar los

efectos de la sequía y sus consecuencias para el desarrollo de la humanidad, la preservación de las especies y el incremento de la productividad agrícola.

En Cuba los procesos de sequía se han intensificado en los últimos 40 años y se presentan con mayor frecuencia en cantidad e intensidad en diferentes regiones del país, cerca del 76% de las áreas cultivables se encuentran afectadas en la textura del suelo, afectaciones por plagas agrícolas, bajos rendimientos, por déficit hídrico, esto significa mayor requerimiento de agua en dependencia del cultivo (Lapinel, 2011).

1.2 Tipos de sequía

Según Solano *et al*(1999), existen cuatro tipos de Sequía” las cuales se clasifican en correspondencia con el efecto que generan Sequía Meteorológica, Hidrológica, la Económica –Social y la Agrícola Por la significación del tema objeto de estudio, es importante destacar que en el contexto de la agricultura, la sequía “no comienza cuando cesa la lluvia, sino cuando las raíces de las plantas no pueden obtener más humedad del suelo” y puede ser definida sobre la base de la humedad de este, más que sobre alguna interpretación indirecta de los registros de precipitación.

La Organización Meteorológica Mundial, (OMM) 2014, define la sequía agrícola cuando la cantidad de precipitación y su distribución, en las reservas de agua del suelo y las pérdidas debidas a la evaporación, se combinan para causar disminuciones considerables del rendimiento de los cultivos y del ganado. Al ponerse de manifiesto este fenómeno conlleva a bajos resultado en la productividad, condiciones inadecuadas de pastoreo, se incrementa el coste de los trabajos y de las inversiones agrícolas y las consecuencias sociales y económicas ligadas al fenómeno de la sequía aumentan incluida la inseguridad en los suministros alimentarios

Por otra parte, Camacho (2013), refiere que la sequía meteorológica se produce cuando existe una escasez continuada de las precipitaciones. Es la sequía que da origen a los restantes tipos de sequía y normalmente suele afectar a zonas de gran extensión. El origen de la escasez de precipitaciones está relacionado con el comportamiento global del sistema océano-atmósfera, donde influyen tanto factores

naturales como factores antrópicos, como la deforestación o el incremento de los gases de efecto invernadero.

- **Sequía meteorológica**
- **Sequía Hidrológica**
- **Sequía socioeconómica**
- **Sequia Agrícola / Hidroedáfica. Camacho (2013):**

Puede definirse como déficit de humedad en la zona radicular para satisfacer las necesidades de un cultivo en un lugar en una época determinada. Dado que la cantidad de agua es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de una misma planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola válidos ni tan siquiera para un área geográfica. En zonas de cultivos de secano va ligada a la sequía meteorológica con un pequeño desfase temporal dependiente de la capacidad de retención de humedad del suelo edáfico. En zonas irrigadas la sequía agrícola está más vinculada a la sequía hidrológica. .

1.3 Caracterización botánica de *Andropogon gayanus* y otros elementos de este cultivar

Información taxonómica

Nombre científico: *Andropogon gayanus*

Nombre común: Zacate llanero (Cuadrado 2006).

Reino: Planta

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Andropogon*

1.3.2 Botánica del cultivo

Por sus características botánicas y su taxonomía este cultivar clasifica como hierba perenne, que alcanza una altura de hasta 2.5 m de alto. hojas alternas, dispuestas en

2 hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, divididas en dos porciones, la inferior llamada vaina que envuelve al tallo, y la parte superior de la hoja llamada lámina que es larga (de hasta 60 cm) y angosta (de hasta 2 cm). Inflorescencia en pares de racimos (de hasta 9 cm de largo) más o menos envueltos en su base por una bráctea herbácea, lanceolada, de hasta 8 cm de largo. Las espiguillas se disponen en pares sobre el racimo: una espiguilla es fértil y la otra estéril. Espiguillas fértiles (sésiles), oblongas, dorsalmente aplanadas, de hasta 8 mm de largo, en la madurez se desprenden enteras. Cada una compuesta de dos flores, la basal es estéril, muy reducida y la superior fértil; sus glumas desiguales y más largas que las flores. Presentan una sola semilla fusionada a la pared del fruto. Tiene tres tipos de raíces, la mayoría son raíces fibrosas cerca de la superficie que probablemente promuevan el crecimiento vigoroso inicial; gruesas raíces adventicias que almacenan almidón y anclan el macollo; y raíces verticales que pueden extraer agua a profundidad durante la estación seca (Cuadrado 2006).

1.3.3 *Andropogon gayanus Kunth* es una gramínea forrajera perenne, de porte alto, y de origen africano. El mérito de la introducción de este cultivar en la región de América se debe a Bert Grof, Agrónomo del CIA T, quién llevó esta gramínea a Colombia en 1973, donde se denominó CIAT 621. Esta introducción ha sido ya liberada como cultivar (o variedad comercial) en los siguientes países: en 1980, en Colombia, donde recibió el nombre de 'Carimagua 1'; en 1980, en Brasil, como 'Planaltina'; en 1982, en Venezuela como 'Sabanero' y en Perú como 'San Martín'; y en 1983, en Panamá, como 'Veranero' Características inherentes al cultivar -como la altura de las plantas, la distribución de las inflorescencias en diferentes nodos de los tallos, y la notable falta de uniformidad en la aparición de su floración y madurez suelen obstaculizar las labores de la cosecha. Asimismo, las características morfológicas de las espiguillas -tales como el bajo peso específico, y la presencia de aristas, de espiguillas estériles y de abundante pelusa (pubescencia)-plantean problemas específicos durante el beneficio de las semillas. Botham,*et al*; (2009)

1.4 Condiciones edafoclimáticas para su desarrollo en Cuba.

El hábitat ideal para este cultivo es en potreros y orillas de caminos. Su distribución por tipo de zona climática es en trópicos secos y húmedos con estaciones secas. En cuanto al clima sabemos que es una especie ideal para el trópico que requiere una temperatura alta de temporada seca y resiste hasta 9 meses de sequía, no tolera heladas. Tolerancia también suelos de alcalinos a ácidos, pero prospera más sobre limos de fertilidad media. Si tolera algo de agua encharcado pero no salinidad. Por estos elementos es evidente que nuestro país posee unas condiciones edafoclimáticas aceptables para esta gramínea Moya, (2007)

1.5 Caracterización de los inoculantes utilizados en la investigación

Es criterio de Barea (2013), que los principales grupos de microorganismos beneficiosos claves para la sustentabilidad de los agroecosistemas son los hongos formadores de micorrizas. Esto obedece a la compleja relación simbiótica entre las hifas de estos hongos y las raíces de una planta huésped que se denomina micorriza (Azcón *et al*, 2015).

Por otra parte, dentro de los diversos grupos de micorrizas, las del tipo arbusculares se encuentran presentes en la mayoría de las plantas silvestres y cultivadas. Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) pertenecen al *phylum* Glomeromycota, clase Glomeromicetes, incluyen varios géneros pertenecientes a diferentes familias (Redecker *et al.*, 2013). Se caracterizan por la producción a lo largo de su ciclo de vida de estructuras típicas denominadas arbusculos, esporas y, en algunos casos, vesículas (Peterson y Massicotte, 2004).

Según (Rilling *et al.* 2006), los HFMA aumentan el área explorada por las raíces, incrementan la absorción de nutrientes del suelo, aumentando la eficiencia de uso de los recursos disponibles y favorecen la agregación del suelo siendo esta asociación planta-microorganismo importante para el buen funcionamiento del agroecosistema (Barea *et al.*, 2013).

1.5.1 Micorrizas Los hongos formadores de micorrizas están ampliamente distribuidos en una gran variedad de suelos y son capaces de establecer asociaciones mutualistas

con el 95% de las especies vegetales. Desde hace tiempo se conoce su efecto favorable en especies perennes y forestales, pero últimamente se ha indagado su utilidad en cultivos anuales. Se reconoce de las micorrizas su capacidad para mejorar la estructura del suelo gracias al crecimiento del micelio y la secreción de glomalinas. (Trappe, 1977).

Asimismo, actúan como una prologación del sistema radicular (Peterson *et al*, 2004), facilitando la adquisición de agua y nutrientes de baja movilidad como potasio (K), zinc (Zn) y especialmente P. Al incrementar el flujo de P a la raíz, de manera indirecta se mejoran otros procesos fisiológicos en que participa este nutriente. Las hifas de estos hongos poseen un menor diámetro y, en consecuencia, una mayor superficie de absorción que las raíces y pelos radicales del vegetal. Si bien utilizan P bajo las mismas formas que las plantas, tienen mayor afinidad por el nutriente y una concentración crítica en solución más baja para lograr su absorción (García *et al.*, 2003).

1.5.2 Tipos de micorrizas:

Ectomicorrizas

Ectendomicorrizas

Micorrizas vesículo–arbusculares. Este tipo de micorrizas, vesículo arbusculares (VA), son muy diferentes de las ectomicorrizas: no modifican la morfología radicular y los componentes del hongo son invisibles a simple vista. Las raíces deben ser teñidas y observadas bajo el microscopio para verificar su estructura y el grado de colonización en la raíces. Como está implicado en el nombre, dos estructuras caracterizan a las micorrizas VA, las vesículas y los arbusculos. Las vesículas son estructuras en forma de un balón, usualmente compuestas de lípidos (gotitas de aceite), que sirven tanto de órganos almacenadores de energía, como de estructuras reproductivas. Los arbusculos son estructuras finamente ramificadas, intracelulares, de vida corta, que sirven de sitios para el intercambio de nutrientes entre el hongo y el hospedante. Este tipo de micorrizas además tienen abundantes micelios que se ramifican a través de la corteza de la raíz y se extienden hasta el suelo. (Plana, 2012).

Los hongos *Zygomycetes* del orden Glomales forman micorrizas del tipo VA en algunos cientos de especies entre los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerosystis* y *Scutellospora*. A diferencia de los macromicetos y los

Sclerodermatales característicos de las ectomicorrizas, el hongo micorrícico VA usualmente forma esporas relativamente grandes (de 30 a 900 μm de diámetro) solitarias o en grupos en el suelo. Debido a su tamaño y ubicación, estas esporas no pueden ser diseminadas por el viento, como la mayoría de las pequeñas esporas de los hongos ectomicorrícicos. Por ello su desplazamiento es principalmente mediante procesos de movimiento del suelo; pequeños insectos y animales también pueden comérselas y diseminar las esporas en las heces fecales. Este mecanismo restrictivo de dispersión de esporas es significativo, dado que reduce grandemente la posibilidad de colonizar los sustratos artificiales de las plantas producidas en vivero, los cuales carecen de hongos micorrícicos VA. Otro orden de la clase Zigomycetes, el orden Endogonales, es formador de ectomicorrizas. Mujica *et al* (2008).

1.5.3 Principales beneficios de las micorrizas

Las micorrizas benefician la nutrición, el crecimiento y la supervivencia de las plantas de muchas formas. El beneficio más conocido es el incremento en la absorción del agua y los nutrientes minerales, especialmente el fósforo y nitrógeno. Estos beneficios son debidos en parte a la exploración de las hifas en el suelo en la búsqueda de nutrientes y agua, lo cual amplía con mucho las capacidades de las raíces por sí solas. Algunas investigaciones estiman que las hifas de los hongos micorrícicos pueden explorar volúmenes de suelo cientos o miles de veces mayores que las raíces. Los hongos ectomicorrícicos también producen reguladores de crecimiento al estimular la ramificación y elongación de las raíces alimenticias, por lo cual se incrementa el número total de raíces absorbentes producidas. Este tipo de ramificaciones de las raíces también beneficia la absorción de nutrientes mediante el incremento de la superficie radicular. (Ruiz-Lozano 2016).

Algunos hongos ectomicorrícicos producen densos mantos de micelios en el suelo, para la absorción de nutrientes, mientras que otros además producen rizomorfos (largos filamentos de hifas paralelas), que actúan como conductores del flujo de nutrientes hacia y desde las ectomicorrizas. El anterior tipo de micorrizas también reduce la respiración de las raíces, con lo cual es posible incrementar su longevidad. Aunque los hongos micorrícicos VA no alteran la morfología de la raíz, también exploran grandes volúmenes de suelo con sus micelios externos, y en consecuencia

proporcionan agua y nutrientes del suelo más allá de los límites de los pelos absorbentes de las raíces. (Chamorro. 2007)

Los viveristas deberán estar conscientes de la interacción de las micorrizas con las enfermedades como otro aspecto de importancia: Las micorrizas protegen indirectamente a las plantas contra muchos tipos de patógenos debido al beneficio en crecimiento. Las plantas saludables, con una nutrición bien balanceada, resisten de mejor forma las enfermedades, que aquellas con una baja nutrición. Las micorrizas contribuyen de manera vital a la adecuada nutrición de las plantas, y de este modo incrementan de manera indirecta la resistencia a las enfermedades. Dado que el tiempo puede ser crítico para la resistencia, mientras más pronto el hongo micorrícico esté en el sustrato, incrementará el potencial de control del patógeno. Para asegurarse que las micorrizas se desarrollan en las plantas, los viveristas además deberán proporcionar algún tipo de protección contra los patógenos. (Calderón, *et al.* 2007).

Otros beneficios de las micorrizas incluyen un mayor enraizamiento de estacas incremento en la regeneración de raíces, aumento en la tolerancia a las sales, y reducción en el estrés producido por la sequía. Algunos de estos atributos benéficos pueden ser importantes en el manejo del vivero para las micorrizas, mientras que otros son importantes para la supervivencia de las plantas una vez que han sido llevadas a terreno (Franco. 2006).

1.5.4 Importancia agronómica de las micorrizas

La proliferación e importancia agronómica de las micorrizas es más relevante en suelos deficientes de P. Ante situaciones de carencia, contribuyen con la síntesis de proteínas de estrés en planta. El estrés conduce a la expresión diferencial de la información genética, produciendo cambios en la síntesis de nuevas proteínas, llamadas micorrizinas, las cuales posiblemente dotan a las plantas con la capacidad de adaptación al estrés. La respuesta agronómica en rendimiento podría estar asociada a suelos con baja disponibilidad de P, pero no se ha visto afectada por la dosis de fertilizante agregado (Ferraris y Couretot, 2008). Asimismo, las micorrizas necesitan oxígeno para vivir, por ello las poblaciones son muy bajas en suelos de

drenaje pobre y anegables. También en suelos salinos y/o sódicos (Abbot y Robson, 1991).

Por otra parte, un suelo poroso y bien estructurado las favorece. Cultivos de cobertura aumentan mucho la micorrización, lo mismo que la siembra de maíz y sorgo, que tienen alta dependencia micorrítica e incrementan su población. Las labranzas rompen el entramado de micelios del hongo, destruyendo el efecto benéfico sobre la estructura del suelo. Dosis medias de fertilizante no afectan a las micorrizas, al igual que insecticidas y herbicidas, a dosis normales. Se ha mencionado que los funguicidas aplicados sobre semilla pueden ser muy tóxicos para las micorrizas. (Faggioli *et al.*, 2009)

1.6 *Azospirillum* spp,

Azospirillum es por lejos el promotor de crecimiento vegetal, el más estudiado en gramíneas, reportándose las primeras experiencias hace más de treinta años (Döbereiner *et al.* 1976). En la actualidad, se han identificado 12 especies de *Azospirillum* spp, aunque en la producción de inoculantes comerciales se han utilizado *A. brasilense* y *A. lipoferum*, siendo la primera la más común a nivel mundial, y la preferida en Argentina (Puente y Peticari, 2006). Algunos años atrás, se valoró la importancia del género *Azospirillum* como fijador libre de nitrógeno (N) atmosférico, al punto de considerarse como el principal aspecto de interés agronómico. Esto se explica por la producción de cereales con escaso o nulo empleo de fertilizantes nitrogenados, deficiencias moderadas a severas del nutriente.

En la actualidad, con mayores niveles de fertilización y cultivos cercanos a la suficiencia nutricional, se considera que esta bacteria posee la capacidad de promover el crecimiento vegetal en los primeros estadios del ciclo del cultivo, especialmente bajo estrés moderado, como la principal cualidad con valor agronómico de este género. La promoción del crecimiento se origina en la producción y liberación de hormonas que estimulan e incrementan el crecimiento radical (ej. auxinas, giberelinas, citoquininas), y de enzimas tales como las pectinolíticas, que distorsionan la funcionalidad de células de las raíces y contribuyen al aumento en la producción de exudados (Okon y Labandera-González, (1994). Asimismo, de manera indirecta, la inoculación con *Azospirillum* spp podría promover la proliferación y establecimiento en la rizosfera de otros microorganismos favorables para el cultivo (Russo *et al.* 2005).

En correspondencia con ello, investigaciones realizadas reportan que las bacterias del género *Azospirillum*, según morfológica, fisiológica y bioquímica de las rizobacterias se caracterizan físicamente mediante la observación al microscopio con la prueba de Gram, la motilidad en gota pendiente, la presencia de cápsula con la tinción negativa y la presencia de volutina con azul de metileno diluido. Para estos estudios se utilizaron como pruebas fisiológicas para diferenciar los géneros diazotróficos *Azotobacter*, *Rhizobium* y *Azospirillum*, el crecimiento de *Azotobacter* en el medio de manita, el de *Rhizobium* en los medios de ELMARC, agar glucosa peptona púrpura de bromocresol (GPA) y agar extracto de levadura manitol azul de bromotimol (ELMABAT), y el de *Azospirillum* en el medio Nfb-glucosa, buscando caracterizar la obtención de estos tres géneros según (Aguirre-Medina F 2008).

Las pruebas bioquímicas empleadas para la caracterización posterior de cada uno de los aislamientos fueron: la actividad de la catalasa utilizando el peróxido de hidrógeno como sustrato, la tolerancia salina evaluándose según el crecimiento en medio de cultivo líquido al 2, 3 y 5% de NaCl, la disolución de fosfatos utilizándose los medios MM, manita, ELMARC y Nfb-glucosa, sustituyendo la fuente soluble de fosfato por HA (hidroxiapatita), fosfatos de hierro (FePO_4) y de aluminio (AlPO_4), según fuese el caso. Para esto, se sembró en el medio sólido 5 μL del inóculo en fase de crecimiento exponencial y se observó, a partir de las 24 h durante 5 días, la presencia de crecimiento y/o formación de un halo de disolución de los fosfatos. Todas estas pruebas permitieron realizar una primera pre-selección de las diferentes cepas bacterianas con potencial promotor del crecimiento vegetal (Díaz-Franco, 2006).

1.6.1 *Azospirillum*: Su significado en la Agricultura

Azospirillum es el género mejor caracterizado de las PGPR siendo *A. brasilense* representa la especie más estudiada de género (Steenhoudt y Vanderleyden, 2000). Su actividad promotora del crecimiento fue descrita en la década del 70 por J. Dobereiner y colaboradores en Brasil.

Las diferentes especies han sido aisladas de las rizosfera de diferentes pastos y cereales de todo el mundo tanto en climas tropicales como de templados (Weber *et al.* 1999) El género *Azospirillum* ha demostrado su efecto benéfico sobre el crecimiento vegetal tanto en cultivos de invernadero como en campo abierto. Los resultados de 20

años de estudios han demostrado que entre el 60 y 70% de los experimentos llevados a cabo han tenido éxito, con un incremento significativo en la producción que varía entre el 5 y el 30%.

Se han descrito 7 especies de género, *A. irakense*, *A. doebereinearae*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*, *A. halopraefens*, *A. brasilense* y *A. largomibile* transferido al género *Conglomeromonas* a *Azospirillum* en base a su proximidad filogenética (Dekhil *et al.*, 1997),

1.7 Los inoculantes microbianos solos o combinados y su efecto en cultivos de interés agrícola como alternativa para el incremento de la productividad.

El cultivo de *C. pepo*, bajo condiciones de estrés por sequía duró 57 d, durante el cual ocurrió la floración. El análisis factorial mostró variaciones en el peso seco del vástago (PSV) y de la raíz (PSR), por el efecto combinado de la sequía y el inóculo de HMA ($p < 0.05$). Sin embargo la relación vástago: raíz (V: R) cambió únicamente con o sin sequía, obteniéndose los valores más altos en plantas sin estrés (10-25 %) vs. cultivadas con sequía. Con el estrés por sequía, las plantas inoculadas con las cepas nativas de HMA (In2 e In7) aumentaron el PSV en 0.03-0.06 g en comparación con los otros dos tratamientos; además, con In2 e In7 aumentó el PSR (> 0.05 g) vs. testigo. señalan que la presencia de HMA permite a las raíces de las plantas alcanzar un mayor crecimiento en comparación con plantas no micorrizadas, debido a un aumento en la cantidad de nutrimentos transferidos al tejido radical. (Citlalli *et al* 2013).

Asimismo, en la Estación Experimental Agrícola Marcos Juárez se realizó un experimento con la finalidad de evaluar el efecto de la inoculación con micorrizas sobre los porcentajes de micorrización de raíces de cereales de invierno. Los cultivos evaluados fueron cebada (*Hordeum vulgare* var Copetona), centeno (*Secale cereale* var. Choiqué), trigo (*Triticum aestivum* var Themix) y triticale (*Triticosecale* sp. var. Espinillo INTA). Cada especie recibió dos tratamientos: a) sin inoculación y b) con inoculación. Faggioli *et al.*, 2009)

De acuerdo a la información consultada en promedio las plantas inoculadas tuvieron 33.5% de micorrización mientras que las no inoculadas llegaron a 24.5%. No se observaron diferencias significativas entre cultivos. Sólo se observó respuesta a la

inoculación en triticale ya que para esta especie los valores fueron de 21% y 35% en las plantas sin inoculación y las inoculadas, respectivamente. En ninguna de las especies se observó diferencias en la producción de materia seca en diferentes momentos del ciclo de los cultivos como respuesta a la inoculación (datos no mostrados). En cambio, en un experimento llevado a cabo en la Estación Experimental Agrícola de Pergamino en México sobre cultivo de maíz inoculado con micorrizas, el cultivo respondió significativamente a la inoculación en términos de acumulación de materia seca y rendimiento. (Álvarez 2004).

Por otra parte, en el área de desarrollo rural de INTA Pergamino entre los años 2003 y 2009 se realizaron 32 ensayos en cultivo de trigo bajo condiciones habituales de producción, utilizando inoculantes de diferentes marcas comerciales. Como resultado, se obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento en ocho experimentos ($P < 0,10$). Los autores refieren que al analizar la interacción sitio x tratamiento, el efecto del tratamiento de inoculación es significativo ($p < 0,05$). La respuesta media alcanzó a 297 kg ha⁻¹, representando un 7,8 % de incremento. Dicha mejora en la producción se relacionó en forma inversa con las lluvias totales durante el ciclo del cultivo y las ocurridas entre octubre y noviembre, más que con ninguna variable. El incremento de respuesta asociado a menores precipitaciones se basa en la ventaja competitiva para la adquisición de agua y nutrientes que tendrían los tratamientos inoculados, otorgada por un mayor crecimiento aéreo y radicular inicial. Se sabe además, que la tolerancia al stress hídrico en plántulas de trigo inoculadas con *Azospirillum* está explicada por modificaciones en el patrón de distribución de fosfolípidos de las raíces (Pereyra *et al.*, 2012).

Por otra parte el rendimiento de trigo en la región Pampeana inoculados con *Azospirillum brasilense* incrementó la producción de materia seca aérea y de raíces fue generalmente mayor que en los controles sin la aplicación de este tratamiento. Este comportamiento es concordante con los efectos esperados por la presencia del microorganismo permitiendo mejoras relevantes en el crecimiento inicial del cultivo y en su capacidad de exploración del suelo y uso eficiente de recursos tales como agua y nutrientes (Martín *et al.* 2014).

Estos resultados concuerdan con Díaz-Franco *et al.* (2008), quienes observaron que la aplicación simple de *Glomus intraradices* en sorgo, tuvo un efecto superior en la

altura de la planta, que la aplicación de *Azospirillum brasilense*. Carneiro *et al.* (2007) encontraron incrementos de los contenidos de nutrientes y rendimientos con la inoculación de HMA en *Andropogon gayanus*.

Sin embargo, Sánchez de la Cruz *et al.* (2008), encontraron que, en experimentos de invernadero, la inoculación simple de *G. intraradices*, así como de *A. brasilense*, incrementó la altura de la planta en trigo, pero la combinación de estos microorganismos, no ejerció un efecto perceptible en las variables estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización del experimento:

El experimento se montó el 29 de abril del 2018 en una parcela experimental perteneciente a la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Sancti Spíritus, situada a 21° 53' 00'' de latitud Norte y los 79° 21' 25'' de longitud Oeste, y a una altura de 40 msnm.

Material vegetal:

Se evaluó *Andropogon Gayanus*, procedente del banco de germoplasma de la Estación Experimental Sancti Spíritus.

2.2 Cepa bacteriana:

Se aplicó la cepa INICA-8, de *Azospirillum brasilense*, provista por el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF). Según recomendaciones del fabricante, el preparado se diluyó en agua común, en proporción de 1:10. La inoculación se realizó después del corte de establecimiento (o a los 15 días, según correspondía), con un inóculo que tenía una concentración celular de 10^9 – 10^{10} UFC/m. Se utilizó una bureta graduada de 1 L, cuyo contenido se vertió sobre las macollas recién cortadas (o a los 15 días), de tal forma, que al regular el surtidor, cada macolla recibió cerca de 125mL del inóculo líquido (40 L/ha).

2.2.1 Cepa de hongos micorrízicos arbusculares (HMA):

Se utilizó el producto ECOMIC[®], fabricado a base de *Glomus cubense*, provisto por LABIOFAM Sancti Spíritus. Según recomendaciones del fabricante, el preparado se diluyó en agua común, en proporción de 1:10. La inoculación se realizó mediante el inoculante micorrízico ECOMIC[®], con una concentración de 30 esporas/g, cuya dilución acuosa se aplicó en las macollas recién cortadas (o a los 15 días), a razón de 125mL/macolla, con una dosis equivalente a 50 kg/ha.

2.4 Agrotecnia del experimento:

Se realizó el experimento sobre un área previamente establecida, de 10m x 10m, destinada a la producción de semillas de *Andropogon*. Se efectuó un corte de establecimiento para proceder inmediatamente a la inoculación, y no se aplicó riego durante el período experimental. Se cosechó el 30 de septiembre del 2018, a los 155

días de realizarse el corte. No se midió el rendimiento de semilla, al ocurrir pérdida de ésta en el área experimental, por intensas lluvias al momento de la cosecha.

2.4.1 Evaluación de las variables climáticas en el área y período experimental:

Los datos de temperatura, precipitaciones y humedad relativa, se colectaron por la Estación Meteorológica Sancti Spíritus.

2.4.2 Temperatura y humedad relativa:

Se observa en la tabla 1 que las temperaturas promedio más altas en el período experimental ocurrieron entre junio y septiembre, mientras que hubo predominio de una alta humedad relativa, especialmente en los meses de mayo, agosto y septiembre.

Tabla 1. Valores promedios de temperatura (T prom., °C) y humedad relativa (Hr prom., %)

Año	Mes	T prom. (°C)	Hr prom. (%)
2018	abril	24,3	78
2018	mayo	24,6	86
2018	junio	26,4	79
2018	julio	27,2	77
2018	agosto	26,7	80
2018	septiembre	26,3	83

2.4.3 Precipitaciones:

En la figura 1 se muestran las precipitaciones del año 2018. En el caso del período experimental, se caracterizaron por ser muy bajas en abril (105,2 mm), junio (84,6 mm) y septiembre (102,3 mm). Excepto en abril y mayo, en el resto de los meses fue por debajo de la media histórica. En mayo, a pesar del alto nivel total de precipitaciones en el mes, en las dos primeras decenas fueron muy escasas (CMP, 2019). En esos dos primeros meses (abril, hasta la 2^{da} decena de mayo), acontecieron importantes etapas fenológicas del cultivo experimental (desde la germinación hasta el desarrollo incipiente de la planta), que coincidieron con un nivel muy bajo de precipitaciones.

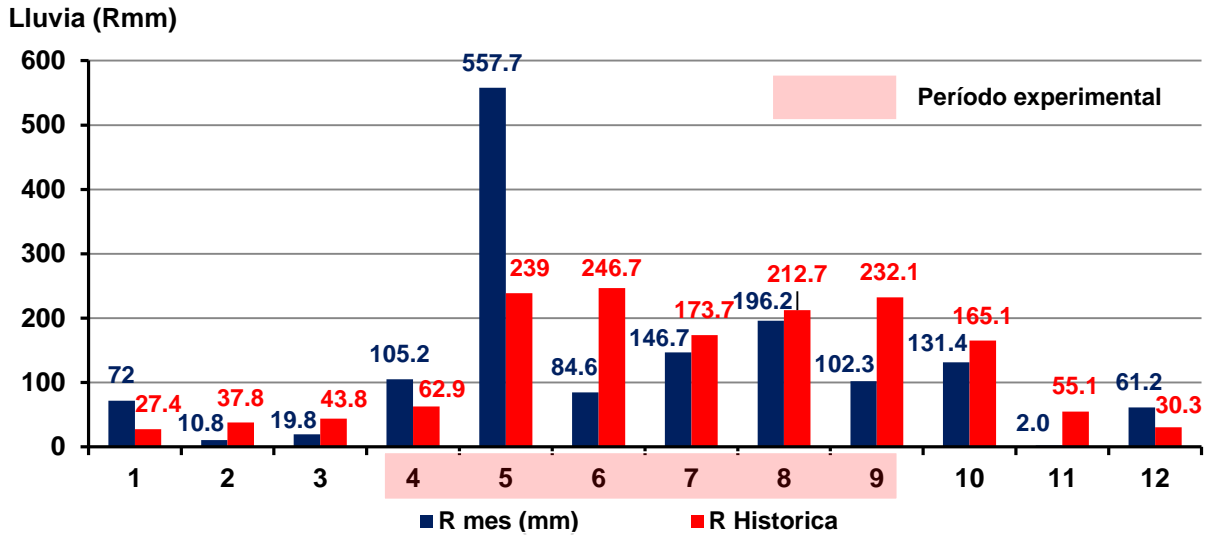


Fig. 1: Precipitaciones (mes e histórica), ocurridas en el año 2018. Se señala en rojo el período experimental

2.4.5 Determinación del estado de sequía agrícola:

El estado de sequía agrícola se determinó a través del índice de Aridez o índice de Sequia Agrícola (IE) (Solano *et al.*, 1999), el cual se utilizó para comprobar si el experimento se efectuaba en condiciones de estrés hídrico:

IE = ETR / ETP, donde:

ETR - Evapotranspiración real estimada, dependiente del estado de humedad del suelo. **ETP**- Evapotranspiración potencial estimada, dependiente de las condiciones atmosféricas.

Cuando **ETR=ETP**, el aprovisionamiento de agua del suelo es adecuado.

Cuando **ETR<ETP**, hay insuficiencia de agua.

2.5 Composición agroquímica básica del suelo experimental:

El suelo del área experimental correspondió al tipo Pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2015). El contenido de macronutrientes fue muy bajo en fósforo y potasio, así como de materia orgánica (tabla I).

Tabla I: Características básicas del suelo del sitio experimental

Tipo de suelo	P ₂ O ₅ , mg/100g	K ₂ O, mg/100g	M.O., %	pH (KCl)
---------------	--	------------------------------	------------	-------------

Pardo mullido carbonatado	2,63	6,0	1,51	5,9
---------------------------	------	-----	------	-----

2.6 Diseño experimental y análisis estadístico:

Se aplicó un diseño experimental de distribución en serie sencilla, con 7 tratamientos y ocho réplicas (tabla II). Este diseño se aplicó, por adecuarse más a la estructura del área de multiplicación de semilla de *Andropogon*, que se utilizó para el experimento. Se realizó un análisis de ANOVA.

Las diferencias entre medias se determinaron por LSD de Fisher. Los datos porcentuales se transformaron por $2\arccos\sqrt{P}$. Se utilizó el Programa Estadístico StatGraphics Centurion XV.

2.7 Variables que se evaluaron:

Longitud del tallo (LT, cm), longitud de la espiga (LE, cm), longitud de la panícula (LP), peso seco de la espiga (PSE, mg) e inflorescencia (Inflor., %), así como el índice de eficiencia de la inoculación (IEI, %), según la fórmula (Santillana *et al.*, 2012): **IEI: [(Tratamiento inoculado - Control absoluto)/Control absoluto] x 100**

Tabla II: Tratamientos que se utilizaron en el experimento

No.	Tratamientos
1	ECOMIC® (inmediatamente después del corte)
2	INICA-8 (inmediatamente después del corte)
3	INICA-8+ ECOMIC® (inmediatamente después del corte)
4	ECOMIC® en el corte+ INICA-8(15 días)
5	INICA-8 en el corte+ ECOMIC®(15 días)
6	Control Absoluto (C. A.)
7	Testigo Fertilizado (T. F.) (150 kgN/ha, NH ₃ NO ₄)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio demostró, a través de variables agronómicas, el efecto positivo de la inoculación combinada de microorganismos benéficos en *Andropogon gayanus*, en presencia de estrés por sequía agrícola.

3.1 Estado de la sequía agrícola:

La intensidad de la sequía agrícola durante el tiempo que duró el experimento (tabla 2), varió de Severa (3^{era} decena de abril, 1^{ra} y 2^{da} decena de mayo), Moderada (2^{da} y 3^{era} decena de julio y 1^{era} decena de agosto), Ligera (3^{era} decena de mayo, mes de junio, 1^{ra} decena de julio y 2^{da} decena de agosto), y el resto se consideró Muy Ligera. Este dato indica que el experimento, en general, transcurrió en condiciones de sequía agrícola, la cual se acentuó en las decenas mencionadas de los meses de abril, mayo, julio y agosto (CMP, 2019). Las decenas de mayor intensidad de sequía, correspondieron al período de montaje del experimento, rebrote y desarrollo inicial de las plantas, por lo que se infiere, que, tanto la gramínea, como los microorganismos que se inocularon, se sometieron a un estrés hídrico considerable durante ese espacio de tiempo.

Tabla 2: Categoría de la intensidad de la sequía agrícola en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus, abril-septiembre/2018 (CMP, 2019)

Mes/decena	Categoría de Intensidad de la Sequía Agrícola	Clave
abril 03	4	Sequía severa
mayo 01	4	Sequía severa
mayo 02	4	Sequía severa
mayo 03	2	Sequía ligera
junio 01	2	Sequía ligera
junio 02	2	Sequía ligera
junio 03	2	Sequía ligera
julio 01	2	Sequía ligera
julio 02	3	Sequía moderada
julio 03	3	Sequía moderada
agosto 01	3	Sequía moderada
agosto 02	2	Sequía ligera
agosto 03	1	Sequía muy ligera
septiembre 01	1	Sequía muy ligera
septiembre 02	1	Sequía muy ligera
septiembre 03	1	Sequía muy ligera

3.2 Longitud del tallo (cm) (fig. 2):

Se observa que el tratamiento inoculado con EcoMic (198.78 cm), fue superior ($p < 0.001$) al control absoluto (150.81 cm), a INICA-8 (167.30 cm), a EcoMic(corte)+INICA-8(15d) (173.27 cm) y a INICA-8(corte)+EcoMic(15d) (182.96 cm), aunque compartió letras con el testigo fertilizado (192.02 cm) y con EcoMic+INICA-8 (189.71 cm).

Estos resultados concuerdan con Díaz-Franco *et al.* (2008), quienes observaron que la aplicación simple de *Glomus intraradices* en sorgo, tuvo un efecto superior a la aplicación de *Azospirillum brasilense*, en la altura de la planta. Carneiro *et al.* (2007) encontraron incrementos de los contenidos de nutrientes y rendimientos con la inoculación de HMA en *Andropogon gayanus*. Por otra parte, Castillo *et al.* (2018), en experimentos con tomate, observaron que la longitud del tallo se incrementaba más con la aplicación de *G. cubense*, que con otras especies de dicho género.

Sin embargo, Sánchez de la Cruz *et al.* (2008), encontraron que, en experimentos de invernadero, la inoculación simple de *G. intraradices*, así como de *A. brasilense*, incrementó la altura de la planta en trigo, pero la combinación de estos microorganismos, no ejerció un efecto perceptible en las variables estudiadas.

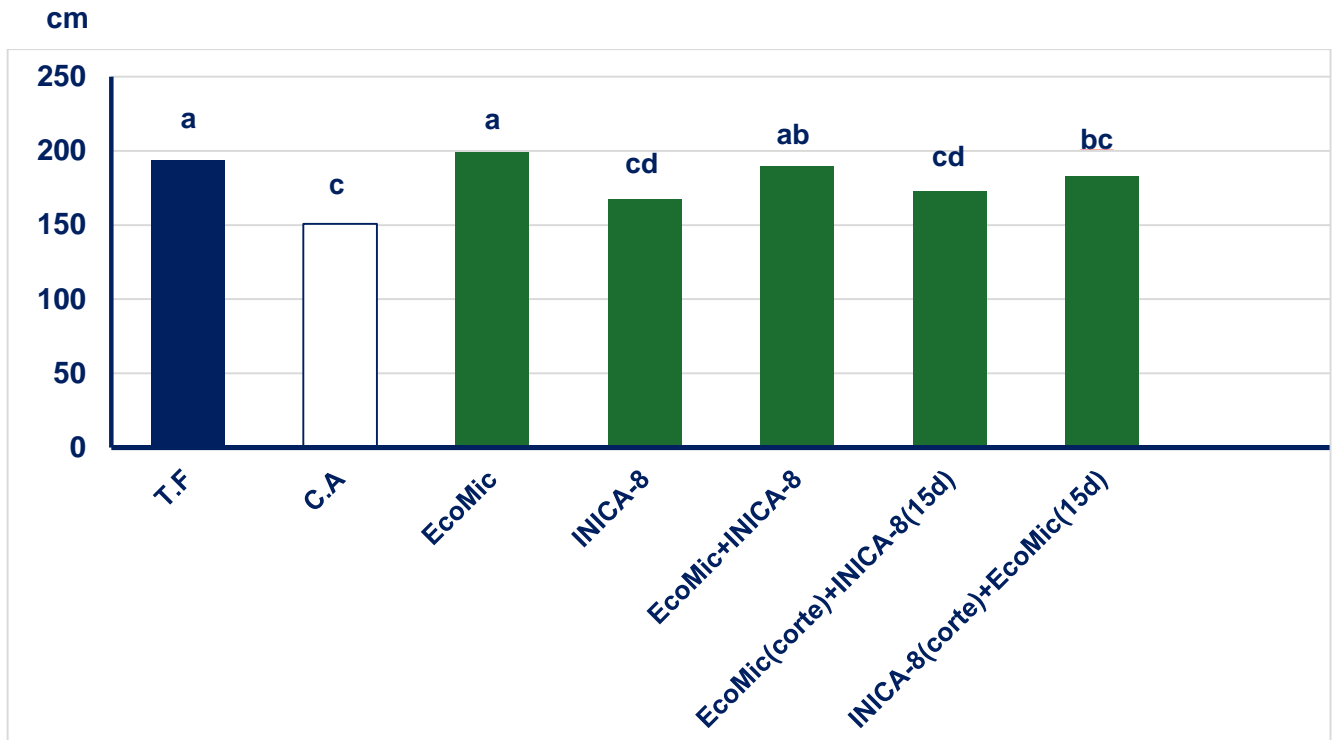


Fig. 2: Longitud del tallo. E. E.: 1,89 p<0,001

3.2 Longitud de la panícula (cm) (fig. 3):

En esta variable, se corrobora el efecto superior en la planta de la aplicación combinada de los biofertilizantes, aunque sólo el tratamiento combinado EcoMic(corte)+INICA(15d) (56.08 cm), fue superior ($p < 0.01$) a la aplicación simple de EcoMic (47.94 cm), a INICA-8 (40.30 cm) y al control absoluto (47.08 cm).

Nótese que EcoMic(corte)+INICA(15d) compartió letras con INICA-8(corte)+EcoMic(15d) (50.50 cm), con EcoMic+INICA-8 (50.43 cm), así como con el testigo fertilizado (51.32 cm). Estos tres últimos tratamientos, a su vez, fueron estadísticamente similares al control absoluto.

Se observa que la aplicación inicial de los HMA y la aplicación posterior de *Azospirillum*, a través del producto INICA-8, influyó en el efecto superior de ese tratamiento. Se conoce que los HMA incrementan la absorción y translocación de los nutrientes, a partir de las modificaciones morfológicas y fisiológicas que producen en las raíces de la planta hospedera, las cuales aumentan la superficie de contacto con el suelo y su

capacidad para acceder a aquellos elementos que se encuentran menos disponibles para las plantas (Kavanova *et al.* 2006).

Por otra parte, Veresoglou y Menexes (2010), mostraron los efectos beneficiosos de los inoculantes elaborados a base de *A. brasilense* y *A. lipoferum* en trigo.

Es posible que la formación de micorrizas en las raíces de la planta, a través de la inoculación con los HMA, facilitara la entrada posterior de la bacteria en el tejido radical, donde tendría un mayor efecto en la planta, la producción de sus metabolitos.

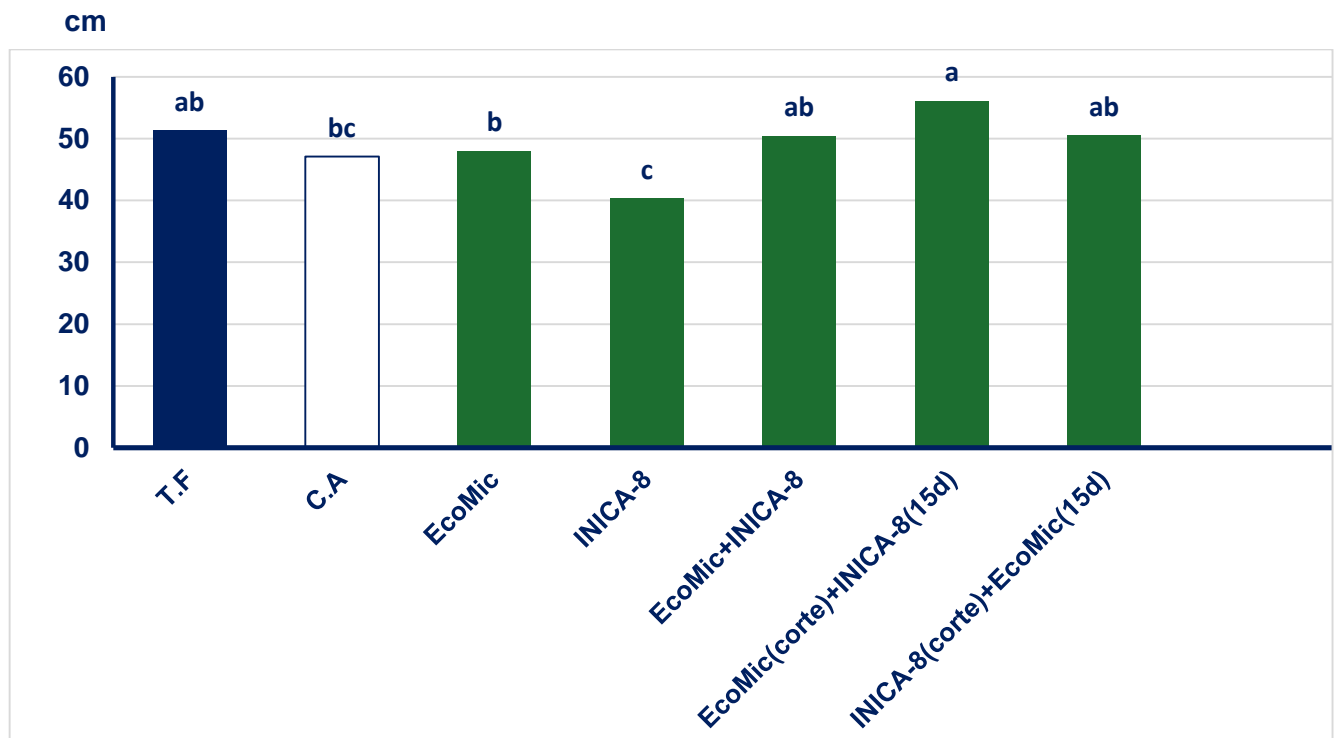


Fig. 3: Longitud de la panícula. E. E.: 1,06 p<0,01

3.4 Longitud de la espiga (cm) (fig. 4):

Los tratamientos EcoMic(corte)+INICA-8(15d) (16.39 cm) e INICA-8(corte)+EcoMic(15d) (16.64 cm), fueron superiores ($p < 0,05$) al control absoluto (15.25 cm), a EcoMic (15.34 cm) y a INICA-8 (15.24 cm), así como compartieron letras comunes con el testigo fertilizado (16.50 cm) y con EcoMic+INICA-8 (16.31 cm).

Por encontrarse el experimento en condiciones de sequía agrícola en determinados momentos de su desarrollo, no se descarta que *Azospirillum* haya influido en la tolerancia a estrés hídrico de las plantas.

En ese sentido, Saleem *et al.* (2007) afirmaron que muchas rizobacterias contienen la enzima 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) desaminasa, la cual escinde el precursor del etileno, el ACC, en α -cetobutirato y amonio, por lo tanto, reduce los niveles de etileno en las plantas sometidas a estrés por sequía. Esto permite que el sistema radical pueda desarrollarse sin la inhibición propia de este compuesto, lo cual propicia una mayor absorción de nutrientes por la planta y por ende un mayor desarrollo de la misma.

Por otra parte, según Douds y Seidel (2013), el mayor efecto que las plantas reciben al ser colonizadas por los HMA, es la adquisición de sustancias minerales que son inmóviles en el suelo, así como una relación hídrica mejorada por permitirle a la planta una mayor exploración de volumen de suelo, por lo que las plantas soportan las condiciones de sequía y se recuperan con mayor facilidad. También, en esta variable, la combinación de estos dos microorganismos, influyó de manera significativa en la planta.

Acorde a Meenakshisundaram *et al.* (2011), al inocular *Delonix regia*, con una cepa de *Azospirillum*, sola, o en diferentes combinaciones con HMA, tuvo un efecto beneficioso en el crecimiento, la biomasa, y el contenido de nitrógeno y de clorofila.

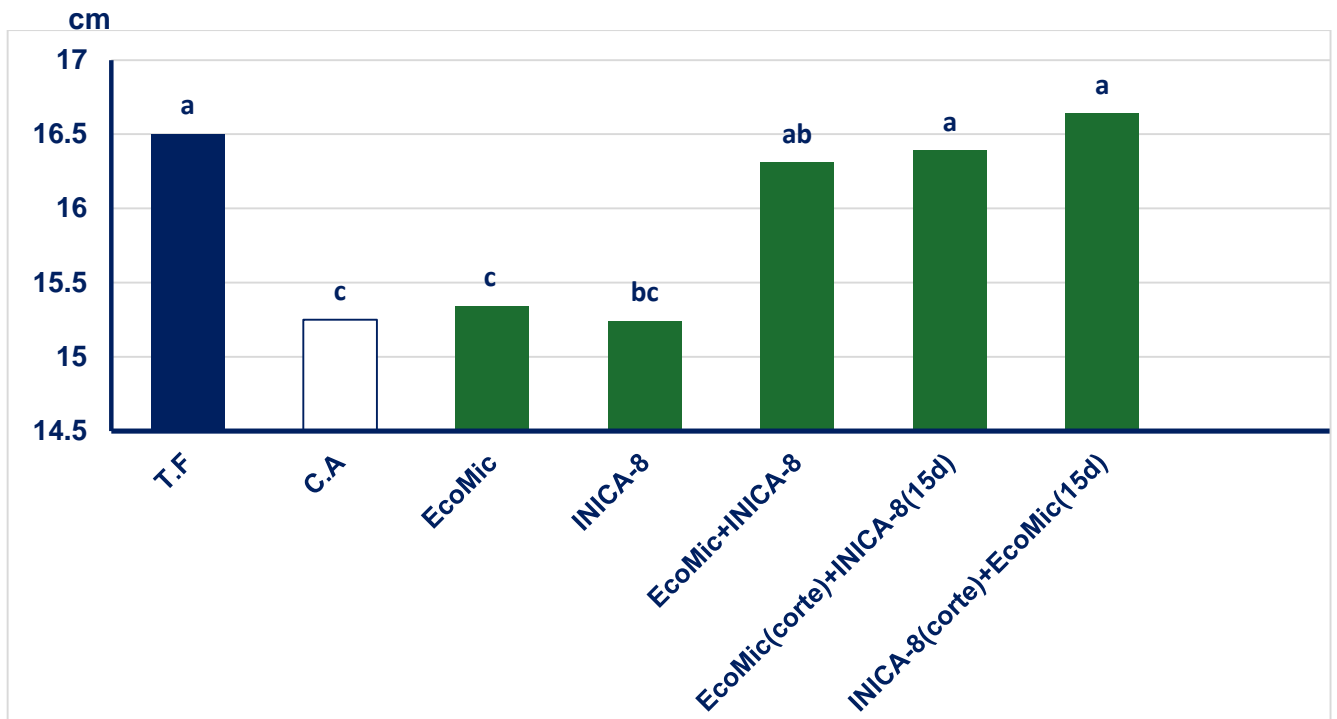


Fig. 4: Longitud de la espiga. E. E.: 0,13 $p < 0,05$

3.5 Peso seco de la espiga (g) (fig. 5, fig. 6):

Se observa como el tratamiento EcoMic+INICA-8 (0.071 g), fue superior ($p < 0,05$) al control absoluto, a EcoMic, a INICA-8 (0.060 g cada uno), así como a INICA-8(corte)+EcoMic(15d) (0.061 g), pero fue estadísticamente similar al testigo fertilizado (0.074 g) y a EcoMic(corte)+INICA-8(15d) (0.065 g). El IEI fue mayor para EcoMic+INICA-8 (18.3%). Aunque no puede considerarse alto, fue el de mayor impacto en esta variable.

Al igual que en las variables anteriores, la aplicación simple de INICA-8, no ejerció efecto superior, lo cual se pudiera atribuir a que diversos factores bióticos y abióticos afectaron el comportamiento de la bacteria y produjeron respuestas inconsistentes de la biofertilización. Entre tales factores, están las condiciones físico-químicas del suelo, el genotipo del hospedante y la capacidad de la bacteria para establecerse y para competir con la microflora nativa (Döbbelaere *et al.*, 2002; Pecina-Quintero *et al.*, 2005).

También se debe añadir a estos factores, el estrés por sequía, el cual pudo haber afectado, tanto a las plantas, como a la rizobacteria que se inoculó.

Sin embargo, se observa que la combinación de ambos biofertilizantes en un mismo espacio de tiempo, resultó superior en cuanto a su efecto en las plantas, que la aplicación simple de éstos, por lo que se infiere que debemos estar en presencia de un efecto sinérgico positivo de los microorganismos que componen estos productos.

Bécquer *et al.* (2019), obtuvieron valores superiores de la biomasa aérea de *Cenchrus ciliaris* L., en comparación con el control absoluto, al inocular la rizobacteria *Bradyrhizobium* sp., en combinación con *Funneliformis mosseae*, en condiciones de estrés hídrico. Según Aguirre-Medina (2008), así como Olalde-Portugal y Serratos (2008), la combinación simultánea de rizobacterias promotoras del crecimiento y hongos micorrízicos arbusculares, induce sinergismo, que se refleja en un incremento del crecimiento, del contenido de fósforo en las plantas y del rendimiento, comparadas con las inoculadas por separado.

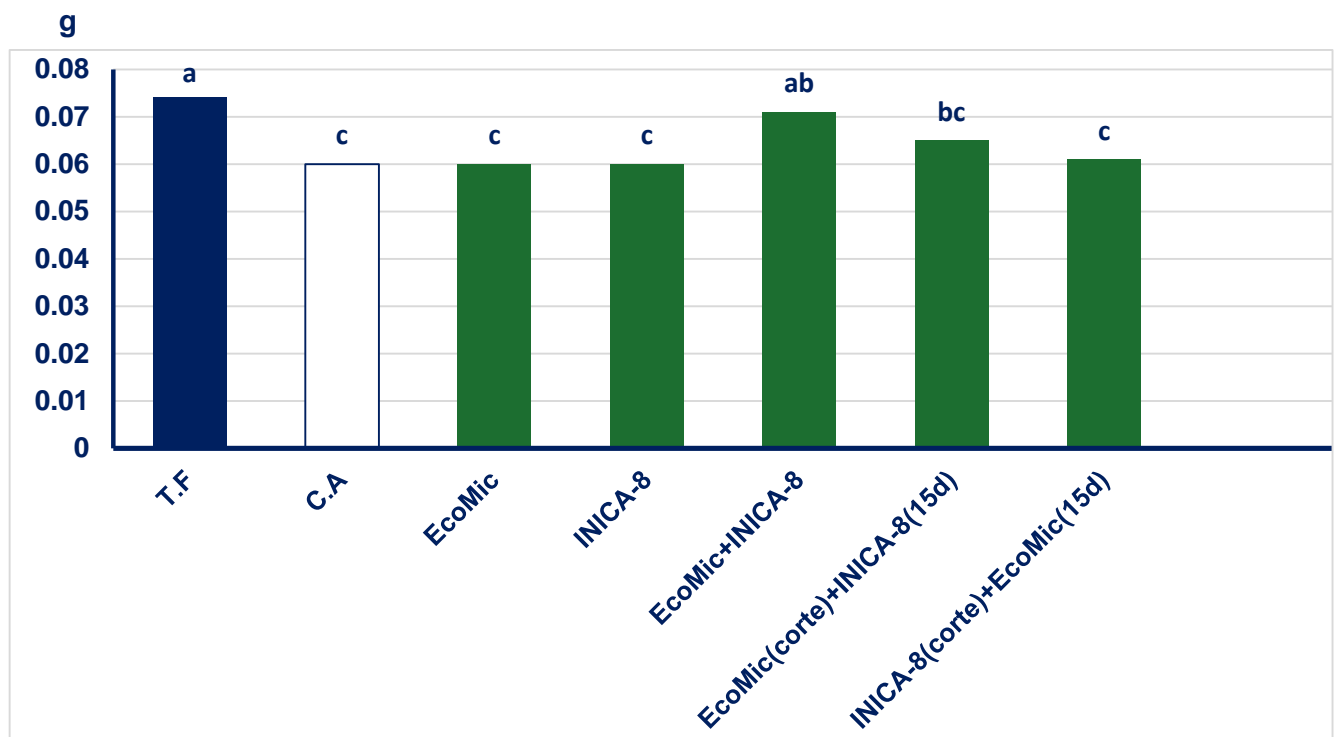


Fig. 5: Peso Seco de la Espiga. E. E.: 0,001 p<0,05

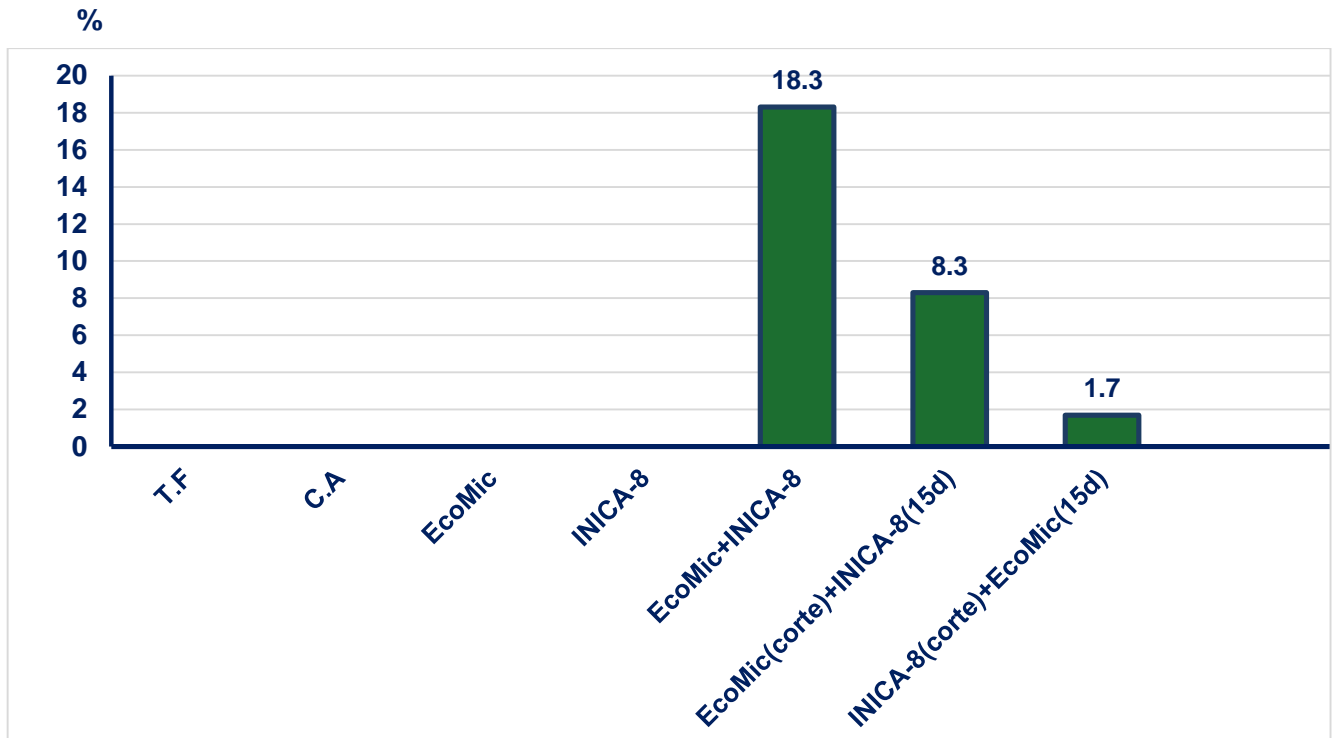


Fig. 6: Índice de Eficiencia de la Inoculación. PSE.

3.6 Inflorescencia (%) (fig. 7, fig. 8):

Se observó que, de los tratamientos inoculados, sólo EcoMic+INICA-8 (0.7027) y EcoMic(corte)+INICA-8(15d) (0.6179) fueron superiores ($p < 0.05$) al control absoluto. Por su parte, EcoMic+INICA-8 tuvo también valores superiores a INICA-8 (0.4462), pero compartió letras comunes con el testigo fertilizado (0.7129), con EcoMic(corte)+INICA-8(15d), con INICA-8(corte)+EcoMic(15d) (0.5218) y con EcoMic (0.5055). El IEI fue superior para EcoMic+INICA-8 (84.19%), seguido por EcoMic(corte)+INICA-8(15d) (61.97%).

Aunque en el presente estudio no se cuantificó la cantidad de fósforo (P) en la planta, se conoce que, dentro de las múltiples funciones de este macroelemento, está la de influir positivamente en el desarrollo de las flores (Ávila, 2005). Sánchez-López *et al.* (2012) plantearon que la inoculación de tomate con diversas bacterias rizosféricas aumentó significativamente la floración de las plantas, debido quizás a la capacidad

de estas bacterias de producir índoles y sideróforos y de solubilizar el fósforo, mecanismos que promueven el crecimiento de las plantas.

También, la marcada diferencia en el número de flores entre los tratamientos micorrizados en el momento del corte y combinados con *Azospirillum*, con el control, pudo deberse también a la cantidad de P absorbido por las plantas debido a la acción de las HMA que se aplicaron desde el primer momento.

Esta hipótesis se fundamenta por diferentes autores que corroboran que las micorrizas toman de forma más eficiente los fosfatos en el suelo a través de sus hifas, que incrementan el volumen de suelo explorado (Smith *et al.* 2011). Ley-Rivas *et al.* (2015), observaron un aumento en la inflorescencia de tomate al aplicarles HMA, en comparación con el control absoluto.

Sin embargo, en este experimento, no se observó incremento de la inflorescencia al inocular el cultivo con *Azospirillum*, o HMA por separado, sino que, de forma similar a las demás variables estudiadas, sólo la combinación de estos microorganismos, tanto en el mismo espacio de tiempo, como de forma fraccionada, influyó de forma eficiente en esta variable.

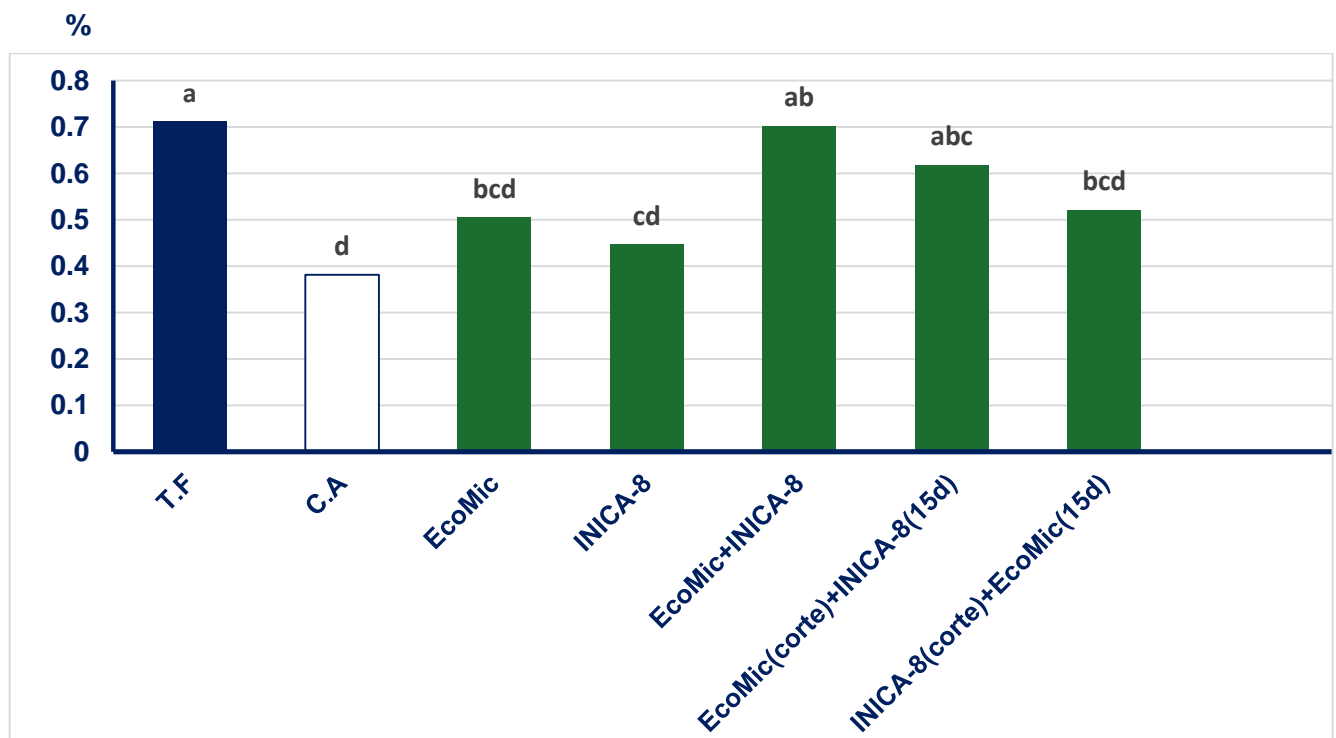


Fig. 6: Inflorescencia. E. E.: 0,031 p<0,05

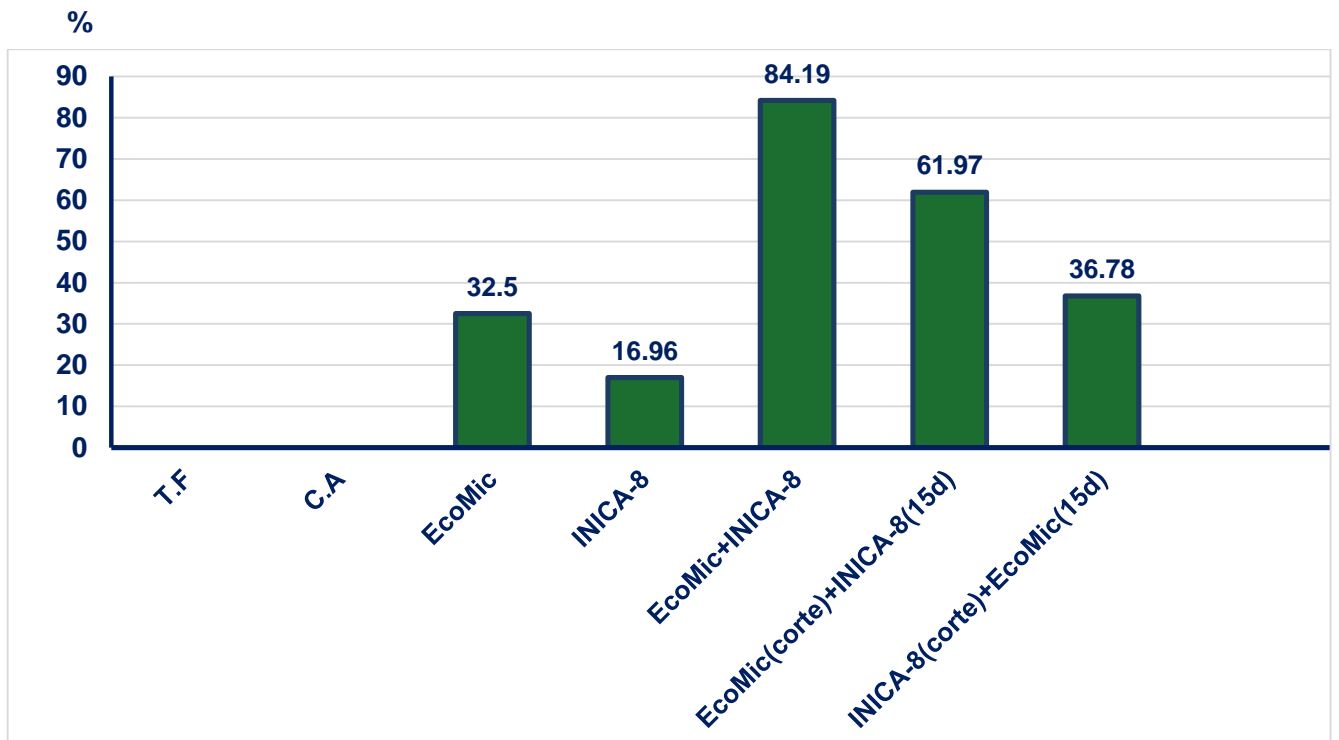


Fig. 7: Índice de Eficiencia de la Inoculación. Floración.

CONCLUSIONES

1. Se seleccionaron los tratamientos EcoMic+INICA-8, así como EcoMic(corte)+INICA-8(15d), por tener efecto superior en un mayor número de variables.
2. La aplicación simple de INICA-8 no tuvo efecto superior en ninguna variable.
3. La eficiencia de la inoculación, así como la eficiencia agronómica relativa, fue mayor para EcoMic+INICA-8 en PSE e Inflor., pero la mayor eficiencia de este tratamiento fue en la inflorescencia.
4. Las variables que más se favorecieron con la inoculación, fueron longitud del tallo y longitud de espiga.

RECOMENDACIONES

Evaluar los tratamientos seleccionados en otros ensayos de campo con *Andropogon*, en diferentes condiciones edafoclimáticas y en varios cortes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abbot L.K y A.D. Robson. (1991). Factors influencing the occurrence of Vesicular -arbuscular mycorrhizas. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 35:121-150.
2. Aguirre-Medina, F. (2008). Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. En: Díaz-Franco A, Mayek-Pérez N (eds) *La Biofertilización como Tecnología Sostenible*. Plaza y Valdés-CONACYT. Distrito Federal. 257 pp
3. Aguirre-Medina, F. (2008). Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. En: Díaz-Franco A, Mayek-Pérez N (eds) *La Biofertilización como Tecnología Sostenible*. Plaza y Valdés-CONACYT. Distrito Federal. 257 pp
4. Álvarez, M. G.; Moya, C. L.; Domini, M. E.; Arzuaga, J. S.; Martínez, B. C.; Pérez, S. M. y Cuartero, J. Z, (2004). «Amalia»: A medium–fruit size heat–tolerant tomato cultivar for tropical conditions. *Hort Science*, vol. 39, no. 6, p. 1503-1504.
5. Ávila, O. L. (2005). Análisis de diferentes dosis de micorrizas (EcoMic) en producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y su influencia en el rendimiento del cultivo. Tesis de maestría, Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 71 p.
6. Ayllón, T. (1996). *Elementos de meteorología y climatología*. Trillas. México, D.F., 197 p.
7. Azcón-Aguilar, C., Barea, JM. (2015). Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. In: Gianfreda, L. (Guest Editor) *Biogeochemical processes in the rhizosphere and their influence on plant nutrition*. Special issue of the *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 15: 372-396.
8. Barea, J.M., Pozo, M. J., López-Ráez, J. M., Aroca, R., Ruíz-Lozano, J. M., Ferrol, N., Azcón, R., Azcón-Aguilar, C.(2013). Arbuscular Mycorrhizas and their significance in promoting soilplant systems sustainability against environmental stresses. In: *Beneficial Plant-Microbial Interactions: Ecology*

- and Applications (Rodelas, B. and Gonzalez-Lopez, J., Eds.). CRC Press, USA. Chapter 15, pp. 353-387.
9. Bashan, Y. and de Bashan, L. E. (2010). How the plant growth promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. In *Advances in Agronomy* 18: 77-136.
 10. Bécquer, C. J.; González, P. J.; Ávila, U.; Nápoles, J. A.; Galdo, Yaldreisy; Muir, Ivón; Hernández, María; Quintana, Maribel y Medinilla, F. (2019). Efecto de la inoculación de microorganismos benéficos y Quitomax® en *Cenchrus ciliaris* L., en condiciones de sequía agrícola. *Pastos y Forrajes*. 42(1): 52-60.
 11. Bellone CH, de Bellone Silvia C. (2012). Interaction of *Azospirillum brasilense* and *Glomus intrarradix* in Sugar Cane Roots Indian J Microbiol; 52(1):70–75.
 12. Botham, R.; Collin, C. L. y Ashman, T. L, (2009). Plant mycorrhizal fungus interactions affect the expression of inbreeding depression in wild strawberry. *Int. J. Plant Sci.*, , vol. 170, no. 2, p. 143-150.
 13. Calderón, M. y P. J. González. (2007). Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum*, cv. Likoni) cultivado en suelo ferralítico rojo lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. *Cultivos Tropicales* 28 (3): 33-37.
 14. Camacho (2013) Sitio web: <http://www.ruralytierras.gob.bo>. E-mail: despacho@ruralytierras.gob.bo La Paz – Bolivia
 15. Carneiro, R. F. V., Martins, M. A., Freitas, M., Detmann, E. & Vasquez, H. M. (2007). Inoculação micorrízica arbuscular e doses de fósforo na produção do Capim- *Andropogon*, em substrato não estéril. *Rev. Bras. Cienc. Agr.* 2:212
 16. Castillo, N. P.; Díaz, Dulce María y García, O. 2018. Efecto de tres cepas de hongos micorrizógenos arbusculares + 50% de NPK en el rendimiento agrícola del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.), municipio Las Tunas. *Revista Académica de Investigación, TLATEMOANI*. ISSN: 1989-9300. En línea: <https://www.eumed.net/rev/tlatemoani/28/cultivo-tomate-cuba.html>

17. Castro Z., R. y Arteaga R., R. (1993). Introducción a la meteorología. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Te
18. Cerdas R. Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnico y estudiantes de ganadería de Guanacaste. Revista de las Sedes Regionales. 2011, 12(24): 109-128.
19. Chamorro, D. (2007). Importancia de la proteína en la nutrición de rumiantes con énfasis en la utilización de proteínas de especies arbóreas. Seminario Taller Sobre manejo de la proteína en la producción de ganado bovino. Corpoica, Mosquera, 15 p.
20. Covasevic, F., H. Echeverría y Y. Andreoli. (1995). Micorriación vesículo-arbuscular espontánea en trigo en función de la disponibilidad de fósforo. Ciencia del Suelo 13:47-51.
21. Cuadrado H; Torregrosa L. y Jiménez, N, (2006). Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba. Cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*..
22. Dekhil, B., Cahill, M. Stackebrandt, Sly, L.I. (1997). Transfer of *Conglomeromonas largomobilis* subsp. *Largomobilis* to the genus *Azospirillum* as *Azospirillum largomobile* comb. Nov., and elevation of *Conglomeromonas largomobilis* subsp. *Parooensis* sp. Nov. System. Appl. Microbiol. 20:72-77.
23. Díaz Martín -Zorita, M. y Baliña, R.M. Díaz-Zorita, Duarte & Asoc.-FAUBA (2014). Nitragin Argentina S.A. mdzorita@speedy.com.ar
24. Díaz-Franco A, Ortigón-Morales A (2008) Efecto de inoculación con *Azospirillum brasilense* y fertilización química en el crecimiento y rendimiento de canola (*Brassica napus*). Rev. Fitotec. Mex. 29: 63-67.
25. Díaz-Franco, A.; Jacques-Hernández, C.; Peña del Río, M. A. (2008). Productividad de sorgo en campo asociada con micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense*. www.ujat.mx/publicaciones/uciencia. 24(3):229-237.
26. Döbbelaere S.; Croonenborghs, A.; Thys, A.; Ptacek, D.; Okon, Y.; Vanderleyden, J. (2002). Effect of inoculation with wild type *Azospirillum*

- brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biol. Fertil. Soils* 36:284–297.
27. Döbereiner, J., I. Marriel and M. Nery. (1976). Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. *Can J Microbiol* 22: 1464-1473.
28. Douds, D. D. and Seidel, Rita. (2013). The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the success or failure of agricultural practices. In: Tanya E. Cheeke, David C. Coleman and Diana H. Wall, editors. *Microbial Ecology in Sustainable Agroecosystems*. CRC Press; p. 133-152. Available from: <http://www.crcpress.com>
29. Faggioli, V.S., S. Gudiño, T. Baigorria, M. Boccolini y C.R. Cazorla. (2009). Respuesta de cereales de invierno a la inoculación con micorrizas sobre la producción de materia seca y absorción de fósforo del suelo. VII Reunión Científico Técnica de Biología del Suelo y Fijación Biológica del Nitrógeno REBIOS 2009. San Miguel de Tucumán, Argentina, 01, 02 y 03 de julio de 2009
30. Ferraris, G. y L. Couretot. (2008). Evaluación de la inoculación con Micorrizas bajo diferentes ambientes de fertilidad. pp 48-52. En: Trigo. Resultados de Unidades Demostrativas. Proyecto Regional Agrícola.
31. Franco, L. (2006). El tiempo de establecimiento de pasturas y su relación con la micorriza arbuscular en paisajes de Loma y Vega. Facultad de Ingeniería Agroecológica, Universidad de la Amazonia. Florencia, Caquetá. Colombia.
32. Funes *et al.* (1998). Hernández A, Pérez JM, Bosch D y Castro N. Clasificación de los Suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA. Mayabeque, Cuba; 2015. 64 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.
33. García, R. & Bach, T (2003)b. Efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento sobre el rendimiento de maíz. Informe técnico 325, INTA – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Buenos Aires Norte, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. 26 pp.
34. Gómez, O.; Casanova, A. S.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Hernández, J. L.; Murguido, C. A.; León, M. F. y Hernández, A, (2010). Guía técnica para la

Producción de tomate. Biblioteca ACTAF. Editora: Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-7210-07-8, 57p.

35. Gravel, V.; Antoun, H. & Tweddell, R. J. (2007). Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biol. Biochem.* 39: 1968-1977.
36. Hadas y Okon, (1987); Jain y Patriquin, 1984, Machado, R.G., E.L.S. Sá, M. Bruxel, A. Giongo, N.S. Santos and A.S. Nunes, Indoleacetic acid producing rhizobium promote growth of Tanzania grass (*Panicum maximum*) and Pensacola grass (*Paspalum sauriae*). *Int. J. Agric. Biol.*, 2013. 15: 827–834
37. Hagman, G. (1984). Prevention Better than Cure. Report on Human and Environmental Disasters in the Third World. Prepared for the Swedish Red Cross, Stockholm.
38. Harris Citlalli et al (2013) en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. 83000 con el título de TOLERANCIA A SEQUÍA Y SALINIDAD EN Cucurbita pepo var. pepo ASOCIADA CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DEL DESIERTO SONORENSE
39. Hitner L. (1904). Über neuerer ergährung und problem auf dem gebiet der boden bakteriolegie und unter besonderer berückdichtung der grundung und brache. *Arbeiten Deutscher Landwirtschafts Gesellschaft.* 98: 59-78.
40. Hodell, D.A.; Brenner, M.; Curtis, J.H.; Guilderson, T. (2001). Solar Forcing of Drought Frequency in the Maya Lowlands. *Science*, Vol. 292, No. 5520. pp. 1367-1370.
41. Hoyos-Carvajal, L.; Orduz, S. & Bissett, J. (2009). *Growth stimulation in bean (Phaseolus vulgaris L.) by Trichoderma.* *Biol. Control.* 51: 409-416.
42. Instituto del Agua de Nuevo León (IANL) Contacto: ortega.gaucin@ianl.org.mx CiENCiAUANL CIENCIA Y SOCIEDAD DAVID ORTEGA GAUCIN* Sequía: causas y efectos de un fenómeno global CIENCIA UANL / AÑO 16, No. 61, ENERO - MARZO 2013 9

43. Ivana, B. A. (2006). Micorrización en gramíneas perennes expuestas a diferentes regímenes hídricos del suelo. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 116 Págs.
44. Juan Francisco Ramírez-Pedroso (2017) Pastos y Forrajes, Inoculación micorrízico-arbuscular y reducción de la fertilización orgánica y nitrogenada en *Megathyrus maximus* cv. Likoni. Correo electrónico: ramírez@pastos.vcl.minag.cu Vol. 40, No. 2, abril-junio, 108-117,
45. Kavanova, M.; Grimoldi, A. A.; Lattanzi, F. A. & Schnyder, H. (2006). Phosphorus nutrition and mycorrhiza effects on grass leaf growth. P status and size-mediated effects on growth zone kinematics. *Plant Cell and Environment*. 29:511-516.
46. Lambrecht, Isabel; Vanlauwe, B. & Maertens, M. (2016). Integrated soil fertility management: from concept to practice in Eastern DR Congo. *Int. J. Agric. Sustain.* 14 (1):100-118. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2015.1026047>.
47. Lapinel, B., A, Centella, C. Fonseca, V. y otros (2011): Causas de la resiente sequía acaesida en la región oriental de Cuba. *Climate Variability and Change-Hidrological Impacts* (proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, IAHS Publication p308.
48. Lara-Mantilla, Cecilia; Oviedo, L. E. & Betancur, C(2011). Bacterias nativas con potencial en la producción de ácido indolacético para mejorar los pastos. *Zootecnia Trop.* 29 (2):187-194,.
49. Lean, J. y Rind, D. (2001). Earth's Response to a Variable Sun. *Science*, Vol. 292, No. 5515, pp. 234-236
50. Ley-Rivas, J. F.; Sánchez, J. A.; Ricardo, Nancy Esther; Collazo, Esther. (2015). Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. *Agronomía Costarricense* 39(1): 47-59. ISSN:0377-9424 / www.mag.go.cr/rev_agr/index.html www.cia.ucr.ac.cr
51. Martínez V R y Dibut A B (2012) Biofertilizantes Bacterianos. Editorial Científico Técnica , La Habana, Cuba p 7-115

52. Martínez V R y Dibut A B (2012) Biofertilizantes bacterianos. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba p 7-15.
53. Meenakshisundaram, M., Santhaguru, K. and Rajenderan, K. (2011). Effects of bioinoculants on quality seedlings production of *Delonix regia* in tropical nursery conditions Asian Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research 1 (1) :98-107.
54. Moya, C. M.; Domini, M. E. C.; Gómez, O. C.; Terry, E. A. y Plana, R. LI(2007). El tomate (*Solanum lycopersicum* L. sección *Lycopersicon*): Tecnologías para la producción de tomate. Ediciones INCA, 41 p. La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-7023-40-1.
55. Mujica, Y. y Medina, N,(2008). Respuesta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la formulación líquida de cuatro cepas de *Glomus* en condiciones de campo. Cultivos Tropicales, vol. 29, no. 3, p. 23-25.
56. Nakashima, K. & Yamaguchi-Shinozaki, K. (2013). ABA signaling in stress-response and seed development. *Plant Cell Rep.* 32:959-970. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00299-013-1418-1>.
57. Okon Y. and C. Labandera-Gonzalez. (1994). Agronomic applications of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.* Vol 26 (12):1591-1601
58. Olalde-Portugal, V. y Serratos, R. (2008). Biofertilizantes: Micorrizas y bacterias promotoras de crecimiento. En: Díaz-Franco A, Mayek-Pérez N (eds) *La Biofertilización como Tecnología Sostenible*. Plaza y Valdés - CONACYT. Distrito Federal. 257 pp.
59. Ortega-Gaucin, D. (2012). Sequía en Nuevo León: vulnerabilidad, impactos y estrategias de mitigación. Instituto del Agua de Nuevo León (IANL). Apodaca, N.L., 222 p.
60. Pecina-Quintero V.; Díaz-Franco, A.; Williams-Alanís, H.; Rosales-Robles, E.; Garza-Cano, I. (2005). Influencia de fecha de siembra y biofertilizantes en sorgo. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:389-392.

61. Pedroso L. (2011).
<http://www.bimestrecubana.cult.cu/ojs/index.php/revistabimestre/article/40/>.
Recuperado 6 noviembre 2015
62. Pereyra M.A., C.A. Zalazar y C.A. Barassi.(2012). Root phospholipids in Azospirillum-inoculated wheat seedlings exposed to water stress. *Plant Physiol. Biochem.* 44: 873-879
63. Pérez-Tienda, J., Meier, S, Valderas, A., Borie, F., Azcón-Aguilar, C., Ferrol, N. (2013). Copper compartmentalization in spores as a survival strategy of arbuscular mycorrhizal fungi in Cu-polluted environments. *Soil Biology & Biochemistry* 57: 925-928.
64. Peterson R.L., H.B. Massicotte y L.H. Melville (2004). Arbuscular mycorrhizas. En: *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. NRC-CNRC. Research Press.Otawa. Canada. Chap.3: 57-79
65. Plana, R, González, P. J.; Ramírez, J. F.; Morgan, O.; Rivera, R. &, (2015). Contribución de la inoculación micorrízica arbuscular a la reducción de la fertilización fosfórica en *Brachiaria decumbens*. *Cultivos Tropicales*. 36 (1):135-142,.
66. Pozo, M., López-Ráez, J., Azcón-Aguilar, C., García-Garrido, J. (2015) Phytohormones as integrators of environmental signals in the regulation of mycorrhizal symbioses. *The New Phytologist* 205:1431-1436.
67. Pozo, M.J., Jung, S.C., Martínez-Medina, A., López-Ráez, J.A., Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M. (2013). Root allies: Arbuscular mycorrhizal fungi help plants to cope with biotic stresses In: *Symbiotic Endophytes* (Ed: R. Aroca). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 289-307.
68. Priyadharsini, P. & Muthukumar, T(2015). Insight into the role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. In: P. Thangavel and G. Sridevi, eds. *Environmental Sustainability*. India: Springer. p. 3-37.
69. Puente, M. y A. Peticari.(2006). Inoculación de trigo con Azospirillum. *Trigo en Siembra Directa*. 97-99. *Revista Técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, AAPRESID*.
70. Rilling, M. C., and D. L. Mummey. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171: 41-53.

71. Romero, A. M.; Vega, D. and Correa, O. S. (2014). *Azospirillum brasilense* mitigates water stress imposed by a vascular disease by increasing xylem vessel area and stem hydraulic conductivity in tomato *Applied Soil Ecology*. 82: 38–43.
72. Ruiz-Lozano, J. M., Aroca, R., Zamarreño, A. M., Molina, S., Andreo-Jimeénes, B., Porcel, R. García-Mina, J. M. Ryter-Spira, C., López-Ráez, J. A. (2016). Arbuscular mycorrhizal symbiosis induces strigolactone biosynthesis under drought and improves drought tolerance in lettuce and tomato. *Plant, Cells & Environment* 39: 441.452.
73. Russo A, Felici C, Toffanin A, Götz M, Collados C, Barea JM, Moënnelocoz Y, Smalla K, Vanderleyden J, Nuti M (2005) Effect of *Azospirillum* inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. *Biol Fertil Soils* 41:301–309
74. Saleem, M., Arshad, M., Hussain, S, (2007). & Bhatti, A.S., Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 34: 635–648.
75. Sánchez de P. M. (1990). La Simbiosis Micorriza Vesículo-Arbuscular (M.V.A.) en soya *Glycine max* (L.) Merrill. Palmira Valle Col
76. Sánchez-López, Diana B.; Gómez-Vargas, Ruth M.; Garrido-Rubiano, María F. & Bonilla-Buitrago, Ruth R (2012). Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal. en tomate bajo condiciones de invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3 (7):1401-1415
77. Santillana, N.; Zúñiga, D. y Arellano, C. (2012). Capacidad promotora del crecimiento en cebada (*Hordeum vulgare*) y potencial antagónico de *Rhizobium leguminosarum* y *Rhizobium etli*. *Agrociencia Uruguay.* 16:11-17.
78. Singh J, Shankar; Pandey, (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agricultura and enviromental development agriculture. *Ecosystems and Environment.* P140:339-353.
79. Smith, S. E.; Jakobsen, I.; Gronlund, M.; Smith, F.A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have

- important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *plant physiology* 156:1050-1057.
80. Smith, S. y Read, D(2008). Colonization of roots and anatomy of arbuscular mycorrhiza. London : Academic Press. *Mycorrhizal Simbiosis*, , p. 42-90.
 81. Solano, O y Vázquez, R. 1999. Modelo Agrometeorológico de Evaluación de la Sequía Agrícola. Convención Trópico'99. Congreso de Meteorología Tropical. La Habana. Cuba. Referencia MT026
 82. -Steenhoudt, O. and Vanderleyden, J. (2000). A Free-living nitrogen-fixing closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiology Reviews* 24: 487-506.
 83. Trappe, J. M. (1977). Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 15: 203-222.
 84. Veresoglou, Stavros D. and Menexes, G.(2010). Impact of inoculation with *Azospirillum* spp. on growth properties and seed yield of wheat: a meta-analysis of studies in the ISI Web of Science from 1981 to 2008. *Plant Soil*; 337:469–480
 85. -Weber, O.B., Baldani, V.L.D., Texeira, K.R.S., Kirchof, G., Baldani, J.I., and Dobereiner, J. (1999). Isolation and characterization of diazotrophic bacteria from banana and pineapple plants. *Plant Soil.*, 210:103-213.
 86. Wilhite, D.A. y Vanyarkho, O. (2000). Drought: Pervasive Impacts of a Creeping Phenomenon. In: Wilhite, D. A. (Ed.), *Drought: a Global Assessment*. Volume I. Routledge. New York, N.Y. pp. 245-255.
 87. Yang, C.; Ellouze, W.; Navarro-Borrell, Adriana; Taheri, C. E.; Klabi, R.; Dai, Mulan. 2014. Management of the arbuscular mycorrhizal symbiosis in sustainable crop production. In: Z. M. Solaiman, Lynette K. Abbott and A. Varma, eds. *Mycorrhizal fungi: use in sustainable agriculture and land restoration*, Soil Biology. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag. p. 89118.
 88. Yang, J.; Kloepper, J. W. & Ryu, C. M. 2008. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in Plant Science*, 14(1): 1–4. ISSN: 1360-1385, DOI: 10.1016/j.tplants.2008.10.004.