

## Artículo científico

Efecto de la inoculación de microorganismos benéficos y Quitomax<sup>®</sup> en *Cenchrus ciliaris* L., en condiciones de sequía agrícolaEffect of the inoculation of beneficial microorganisms and Quitomax<sup>®</sup> on *Cenchrus ciliaris* L., under conditions of agricultural drought

Carlos José Bécquer Granados<sup>1</sup>, Pedro José González Cañizares<sup>2</sup>, Urbano Ávila Cordoví<sup>1</sup>, José Ángel Nápoles Gómez<sup>1</sup>, Yaldreisy Galdo Rodríguez<sup>1</sup>, Ivón Muir Rodríguez<sup>1</sup>, María Hernández Obregón<sup>1</sup>, Maribel Quintana Sanz<sup>3</sup> y Fernando Medinilla Nápoles<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Estación Experimental Sancti Spiritus, Apdo. 2255, ZP. 1, CP 62200, Sancti Spiritus, Cuba

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, CP 32700 San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>3</sup>Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spiritus. Comandante Fajardo, final s/n Olivos I, Sancti Spiritus, Cuba

Correo electrónico: pastosp@enet.cu

<https://orcid.org/0000-0002-3330-0777>

---

**Resumen**

Se llevó a cabo un experimento de campo, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación de dos biofertilizantes y un bioestimulante en variables agroproductivas de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), en condiciones de sequía agrícola. Para ello, se utilizó el aislado Ho5 (*Bradyrhizobium* sp.), EcoMic<sup>®</sup> (*Funneliformis mosseae*) y Quitomax<sup>®</sup>. El diseño experimental fue de bloques al azar, con nueve tratamientos y ocho réplicas, y se realizó un ANOVA. Las diferencias entre medias se hallaron mediante LSD de Fisher. Se evaluaron las variables: peso seco de la parte aérea, longitud del tallo, longitud de la espiga, peso seco de la espiga, inflorescencia e índice de eficiencia de la inoculación (IEI). Los mejores tratamientos en la mayoría de las variables estudiadas fueron: EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, Ho5+EcoMic<sup>®</sup> y Ho5+Quitomax<sup>®</sup>, por mostrar resultados superiores al control absoluto y a otros tratamientos inoculados. Con la combinación de EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, hubo un porcentaje alto de inflorescencia (71 %); lo que sugiere que la inclusión de Quitomax<sup>®</sup> en dicha combinación debió influir de manera efectiva en esta variable. Se concluye que la combinación de los biofertilizantes con Quitomax<sup>®</sup>, de forma general, mostró un efecto superior al control; aunque se destacó EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, por su superioridad con respecto a otros tratamientos. Por otra parte, la aplicación de cada biofertilizante, o de Quitomax<sup>®</sup>, de forma aislada, no mostró resultados superiores al control absoluto en la mayoría de las variables. Se recomienda evaluar los tratamientos donde se combinaron estos biopreparados en diferentes gramíneas praterenses y diferentes tipos de suelo, así como el efecto a largo plazo de dichos biopreparados en la planta.

Palabras clave: abonos orgánicos, *Bradyrhizobium*, sequía

**Abstract**

A field trial was conducted, in order to evaluate the effect of the inoculation of two biofertilizers and a biostimulant on agroproductive variables of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.), under conditions of agricultural drought. For such purpose, the isolate Ho5 (*Bradyrhizobium* sp.), EcoMic<sup>®</sup> (*Funneliformis mosseae*) and Quitomax<sup>®</sup> were used. The experimental design was randomized blocks, with nine treatments and eight replicas, and an ANOVA was performed. The differences among means were found through Fisher's LSD. The following variables were evaluated: aerial part dry weight, stem length, spike length, spike dry weight, inflorescence and inoculation efficiency index (IEI). The best treatments in most of the studied variables were: EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, Ho5+EcoMic<sup>®</sup> and Ho5+Quitomax<sup>®</sup>, for showing higher results than the absolute control and other inoculated treatments. With the combination of EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, there was a high percentage of inflorescence (71 %); which suggests that the inclusion of Quitomax<sup>®</sup> in such combination should have influenced this variable effectively. It is concluded that the combination of the biofertilizers with Quitomax<sup>®</sup>, in general, showed a higher effect than the control; although EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5 stood out, due to its superiority with regards to other treatments. On the other hand, the application of each biofertilizer, or of Quitomax<sup>®</sup>, alone, did not show higher results than the absolute control in most of the variables. To evaluate treatments in which these biopreparations were combined in different pasture grasses and different soil types, as well as the long-term effect of these biopreparations on the plant, is recommended.

Keywords: organic fertilizers, *Bradyrhizobium*, drought

---

## Introducción

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).

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, como *Cenchrus ciliaris* L. (buffel), la cual es una gramínea pratense que se cultiva de forma extensiva en ecosistemas áridos y semiáridos en varios países y se utiliza para incrementar la productividad de las praderas que se han afectado por la sequía, además del sobrepastoreo (Lyons *et al.*, 2013).

Por otra parte, los microorganismos del suelo contribuyen con un amplio rango de servicios esenciales a la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Éstos actúan como los principales agentes impulsores del ciclo de nutrientes y mejoran la eficiencia de su absorción por las plantas, entre otras ventajas (Singh *et al.*, 2011).

Según Glick (2016), las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB, por sus siglas en inglés), no sólo promueven directamente el crecimiento de las plantas, sino también las protegen contra un amplio rango de estreses abióticos, los cuales incluyen la sequía. Los rizobios, en asociación con las plantas, pueden conllevar cambios fisiológicos que permiten optimizar su tolerancia a diferentes estreses abióticos (Hussain *et al.*, 2014a). Bécquer *et al.* (2017a) obtuvieron resultados promisorios con la aplicación de *Bradyrhizobium* sp. y *Trichoderma* en buffel, en condiciones de estrés por sequía.

A su vez, González-Cañizares *et al.* (2015) demostraron que la inoculación de especies eficientes de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) puede disminuir las dosis de fertilizantes a aplicar en los pastos, sin reducir su rendimiento ni su valor nutricional. Además, los HMA forman estructuras arbusculares y extensas redes hifales que pueden transportar fósforo (P) y otros nutrientes, para así aliviar el estrés por sequía en los cultivos (Dick, 2012).

Por otra parte, diversas investigaciones sugieren el empleo de bioestimulantes como sustitutos de los productos de origen químico, dados los efectos beneficiosos que éstos ejercen en las plantas (Malerba y Cerana, 2016). Según Falcón-Rodríguez *et al.* (2015), el desarrollo de productos basados en oligosacarinas tiene potencial para su introducción en la agricultura cubana e internacional, como una alternativa de protección contra el estrés ambiental, entre otras ventajas.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación de dos biofertilizantes elaborados con microorganismos benéficos, y de un bioestimulante, en el comportamiento de variables agroproductivas de *Cenchrus ciliaris* L. (buffel), en condiciones de sequía agrícola.

## Materiales y Métodos

*Localización del experimento.* El experimento se realizó desde marzo hasta mayo del 2017, en una parcela experimental perteneciente a la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Sancti Spiritus, situada en los 21° 53' 00" de latitud norte y los 79° 21' 25" de longitud oeste, a una altura de 40 msnm.

*Material vegetal.* Se evaluaron plantas de *Cenchrus ciliaris* L. cv. Formidable (buffel), procedentes del banco de germoplasma de la Estación Experimental Sancti Spiritus.

*Aislado de rizobio, preparación del inóculo e inoculación.* Se aplicó el aislado Ho5, perteneciente al género *Bradyrhizobium* sp. (Bécquer *et al.*, 2016). Dicho aislado creció en medio sólido levadura-manitol, y se resuspendió en medio líquido hasta lograr una concentración celular de  $10^6$ – $10^8$  UFC/mL. Para la inoculación de las plantas, se procedió a diluir el inóculo en una proporción 1:10 en agua común. La inoculación se realizó después del corte de establecimiento, con un inóculo que tenía una concentración celular de  $10^7$ – $10^8$  UFC/mL. Se utilizó una mochila aspersora de 5 L, cuyo contenido se vertió sobre las plantas recién cortadas, de forma tal que al regular el surtidor, cada planta recibió, aproximadamente 120 mL del inóculo líquido.

*Cepa de hongos micorrízicos arbusculares e inoculación.* Se utilizó el producto EcoMic®, fabricado a base de *Funneliformis mosseae*, suministrado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La inoculación se realizó a una concentración de 30 esporas/g, que se aplicó en las plantas recién cortadas, sin mezclar con agua, a razón de 15,7 g/planta, con una dosis equivalente a 157,0 kg/ha.

Esta dosis, es superior a la que se aplica en la práctica (50 g/ha), se utilizó para garantizar la supervivencia del mayor número de esporas micorrizógenas en el suelo, por realizarse el experimento en condiciones de estrés hídrico. Este tratamiento recibió 960 mL de agua (120 mL/planta), posterior a la inoculación, para homogeneizar con los demás tratamientos las condiciones hídricas de las plantas en el momento de la inoculación.

*Preparación y aplicación de la solución de Quitomax®.* Se preparó una solución madre de Quitomax® al 1 %, la cual se diluyó en agua destilada hasta obtener una concentración de 0,1 g/L (Terry-Alfonso *et al.*, 2017). La aplicación de este producto se realizó con una mochila aspersora de 5 L, a razón de 205 mL (200 mg/ha). Se vertió el surtidor en cada planta de manera uniforme y posteriormente se le aplicó 755 mL de agua. A los tratamientos combinados, se les aplicó agua en cantidad suficiente para homogeneizar las condiciones hídricas de las plantas en el momento de la inoculación.

*Agrotecnia.* El experimento se realizó en un área previamente establecida, destinada a la producción de semillas de buffel. Se efectuó un corte de establecimiento en las parcelas para proceder a la inoculación, y no se aplicó riego durante el período experimental. Se cosechó a los tres meses de realizarse el corte.

#### *Evaluación de las variables climáticas*

La colecta de los datos de temperatura, precipitación, humedad relativa y viento, así como su análisis con vistas a la determinación del estado de sequía agrícola, se realizó por la Estación Meteorológica Sancti Spiritus, Cuba (CMP, 2017).

Las precipitaciones en la zona de estudio fueron muy escasas durante los 3 meses de análisis (tabla 1). En marzo no se reportaron lluvias, mientras que en el resto fueron muy ligeras. Se destaca el acumulado del mes de abril que fue de 45,6 mm, por debajo del promedio histórico.

En correspondencia con las anomalías positivas de la temperatura del aire, en el período de marzo a mayo de 2017 se registraron valores de humedad relativa por debajo de los promedios históricos, lo que, unido a la escasez de precipitaciones, típica de la época, debió generar un mayor estrés hídrico en los cultivos.

#### *Determinación del estado de sequía agrícola*

El estado de sequía agrícola se determinó a través del índice de Aridez o índice de Sequía Agrícola (IE) (Solano *et al.*, 2004), el cual se utilizó para comprobar si el experimento se efectuó 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.

#### *Composición agroquímica básica del suelo*

El suelo del área experimental se identificó como Pardo mullido carbonatado, según Hernández-Jiménez *et al.* (2015). Éste mostró un contenido de macronutrientes muy bajo en fósforo y potasio, al igual que de materia orgánica (tabla 2).

*Tratamientos y diseño experimental.* Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con nueve tratamientos, tres réplicas y ocho repeticiones por réplica (tabla 3).

#### *Variables que se evaluaron*

Peso seco de la parte aérea (PSPA, g/m<sup>2</sup>), longitud del tallo (LT, cm), longitud de la espiga (LE, cm), peso seco de la espiga (PSE, mg), inflorescencia (Infl., %). En la toma de muestras para determinar el PSPA, se utilizó un marco de 0,25 m<sup>2</sup>.

Tabla 1. Precipitación y humedad relativa de la zona de estudio.

Variable	Marzo, 2017	Abril, 2017	Mayo, 2017
Precipitación mensual histórica, mm	38,2	51,8	253,4
Precipitación acumulado real, mm	0	44,6	81,6
Humedad relativa promedio por mes, %	70,0	70,0	69,3
Humedad relativa promedio, valores históricos, %	76,0	74,7	76,0

Fuente: Estación Meteorológica Sancti Spiritus, Cuba (CMP, 2017).

Tabla 2. Características básicas del suelo del sitio experimental.

Tipo de suelo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/100g	K <sub>2</sub> O, mg/100g	MO, %	pH (KCl)
Pardo mullido carbonatado	2,63	6,0	1,51	5,9

Tabla 3. Tratamientos experimentales.

No.	Tratamiento
1	EcoMic <sup>®</sup>
2	Quitomax <sup>®</sup>
3	Ho5
4	Ho5+EcoMic <sup>®</sup>
5	Ho5+Quitomax <sup>®</sup>
6	EcoMic <sup>®</sup> +Quitomax <sup>®</sup>
7	EcoMic <sup>®</sup> +Quitomax <sup>®</sup> +Ho5
8	Control absoluto
9	Testigo fertilizado

Se determinó el índice de eficiencia de la inoculación (IEI, %), según la fórmula propuesta por Santillana *et al.* (2012): IEI: [(Tratamiento inoculado - Control absoluto)/ Control absoluto] x 100

Este índice, a pesar de haberse concebido para biofertilizantes, se le aplicó también a Quitomax<sup>®</sup> en este experimento, bajo el supuesto de constituir un producto bioactivo, con el cual se inocularon varios tratamientos, de forma aislada, o combinado con microorganismos.

*Análisis estadístico.* Para el procesamiento estadístico de los datos se realizó un ANOVA, previa comprobación de la normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de las varianzas por el test de Levene. Los datos porcentuales se transformaron por  $\arccos\sqrt{x}$  para garantizar el cumplimiento de los supuestos. Las diferencias entre medias se determinaron mediante LSD de Fisher. Se utilizó el programa estadístico StatGraphics Centurion XV.

## Resultados y Discusión

*Estado de la sequía agrícola.* En la tabla 4 se muestran los valores del contenido de humedad del suelo (CHS), al inicio y final de cada mes, así como los valores estimados de evapotranspiración potencial (ETP) y evapotranspiración real (EPR), el escurrimiento y la categoría de la sequía agrícola (IE), para la Estación Experimental de Pastos y Forrajes, sobre la base de los datos del pluviómetro ubicado en la periferia del área de estudio. Se observó que la pérdida de humedad del suelo se agudizó en abril y disminuyó en el mes de mayo. La ETR de los cultivos fue pobre, como respuesta al estrés hídrico al que fueron sometidos.

El mes de marzo en el área de estudio culminó con un IE de Muy Crítico, fue Insuficiente en abril y se agudizó en el mes de mayo, llegando a la categoría de C (Crítico). En estas condiciones el cultivo no es capaz de subsistir por largo tiempo, a menos que sea resistente a la sequía o se encuentre bajo

Tabla 4. Principales indicadores del balance hídrico para los cultivos, y categoría de la sequía agrícola (IE).

Mes	CHS Inicial, %	CHS Final, %	ETP	EPR	IE
Marzo, 2017	12,4	6,9	5,99	0,11	MC
Abril, 2017	6,9	8,2	4,86	2,21	I
Mayo, 2017	8,2	38,5	16,4	11,2	C

MC- Muy Crítico I- Insuficiente C- Crítico  
CHS: Contenido de humedad del suelo, ETP: Evapotranspiración potencial, EPR: Evapotranspiración real y IE: Categoría de la sequía agrícola

riego, por lo que se infiere que el cultivo se sometió a un alto estrés hídrico (Solano *et al.*, 2004).

*Longitud del tallo.* La LT (tabla 5) mostró que el testigo fertilizado presentó valores superiores con respecto al control absoluto y a los tratamientos inoculados con EcoMic<sup>®</sup>, Ho5 y EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>. No obstante, EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5 igualó sus valores a los del testigo fertilizado, a Quitomax<sup>®</sup>, Ho5+ EcoMic<sup>®</sup> y fue superior al control absoluto, así como a Ho5, Ho5+Quitomax<sup>®</sup> y EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>.

De este resultado se infiere que existió un efecto sinérgico entre los biofertilizantes que se aplicaron y Quitomax<sup>®</sup>, donde el aislado Ho5, por su característica como productor de catalasa (Bécquer

Tabla 5. Longitud del tallo y de la espiga.

Tratamiento	LT, cm	LE, cm
EcoMic <sup>®</sup>	43,2 <sup>bcd</sup>	7,0 <sup>bc</sup>
Quitomax <sup>®</sup>	52,8 <sup>abcd</sup>	6,2 <sup>c</sup>
Ho5	38,2 <sup>d</sup>	6,6 <sup>bc</sup>
Ho5+EcoMic <sup>®</sup>	53,0 <sup>abc</sup>	7,5 <sup>ab</sup>
Ho5+Quitomax <sup>®</sup>	39,9 <sup>cd</sup>	7,8 <sup>ab</sup>
EcoMic <sup>®</sup> +Quitomax <sup>®</sup>	37,8 <sup>de</sup>	7,0 <sup>bc</sup>
EcoMic <sup>®</sup> +Quitomax <sup>®</sup> +Ho5	55,3 <sup>ab</sup>	7,7 <sup>ab</sup>
Control absoluto	39,7 <sup>cd</sup>	6,4 <sup>bc</sup>
Testigo fertilizado	65,3 <sup>a</sup>	8,5 <sup>a</sup>
Error Estándar ±	5,05	0,45

Letras desiguales en una misma columna difieren a  $p < 0,05$

*et al.*, 2017a), influyó favorablemente en la tolerancia de la planta al estrés hídrico. Según Hussain *et al.* (2014b), la capacidad de los rizobios de producir catalasa y exopolisacáridos constituye no sólo un factor para la tolerancia a la sequía, sino un atributo confiable para seleccionar aislados eficientes para aplicar a los cultivos. También, los HMA inoculados tienen el potencial suficiente para aumentar la eficiencia de la absorción de nutrientes por las plantas (Yang *et al.*, 2014).

A pesar de observarse resultados superiores al control absoluto del tratamiento combinado con los tres biopreparados, al aplicar Quitomax<sup>®</sup> de forma aislada se obtuvieron valores similares a los del control absoluto y también al testigo fertilizado, así como al resto de los tratamientos inoculados, con o sin Quitomax<sup>®</sup>. No obstante estos valores contradictorios, no se descarta el efecto beneficioso que

este bioestimulante pudo tener en dicha variable, ya que existen antecedentes en otros cultivos, como los que informaron Terry-Alfonso *et al.* (2017), sobre la superioridad de Quitomax<sup>®</sup> en el crecimiento del tallo de tomate, al aplicarle diferentes dosis y su efectividad sobre la longitud del tallo en papa (Morales-Guevara *et al.*, 2015), así como esta última variable en frijol (Morales-Guevara *et al.*, 2016). No obstante, deben realizarse ensayos futuros en gramineas pratenses para profundizar en este aspecto.

*Longitud de la espiga.* En la tabla 5 se observa que EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, Ho5+ EcoMic<sup>®</sup> y Ho5+Quitomax<sup>®</sup>, fueron superiores a la aplicación de Quitomax<sup>®</sup> de forma aislada, y asimismo, compartieron superíndices comunes con el tratamiento fertilizado, el control absoluto, y el resto de los tratamientos inoculados. Estos resultados indican una discreta influencia de la combinación de estos dos biofertilizantes y Quitomax<sup>®</sup> en la formación de las espigas.

Sin embargo, Quitomax<sup>®</sup> no mostró efectividad alguna en la longitud de la espiga al aplicarse de forma aislada, lo que contradice lo expresado por Chibu *et al.* (2002), de que tanto el polímero de quitosana, como sus derivados de menor tamaño, se consideran reguladores del crecimiento y del desarrollo de las plantas, al estimular el crecimiento radical y vegetativo de varias especies.

*Peso seco de la parte aérea (PSPA), e índice de eficiencia de la inoculación sobre la base del PSPA (IEIPSPA).* En la tabla 6 se muestra que el tratamiento fertilizado presentó valores superiores al resto de los tratamientos, mientras que Ho5, Ho5+EcoMic<sup>®</sup>, Ho5+Quitomax<sup>®</sup>, EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup> y EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, fueron superiores al control absoluto; pero a su vez compartieron superíndices comunes con EcoMic<sup>®</sup> y con Quitomax<sup>®</sup>. En el IEIPSPA se constató la máxima eficiencia de la inoculación en Ho5+EcoMic<sup>®</sup>, Ho5+Quitomax<sup>®</sup> y EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>, donde éste último resultó superior al resto (43,3 %).

Los resultados inferiores que se obtuvieron en el control absoluto concuerdan con lo referido por Emami-Bistgani *et al.* (2017), de que la disminución de la materia seca no es una respuesta sorprendente en las plantas ante el estrés por sequía.

En el PSPA, se constató el efecto superior de los tratamientos donde se combinaron de diferentes formas la cepa de HMA, el aislado Ho5 y Quitomax<sup>®</sup>, al compararlos con el control absoluto, aunque fue la única variable donde la inoculación simple de Ho5 también ejerció un efecto superior al control. Este mismo aislado mostró anteriormente

Tabla 6. Valores de peso seco de la parte aérea, peso seco de la espiga y los índices de eficiencia de la inoculación.

Tratamiento	PSPA, g/m <sup>2</sup>	IEIPSPA, %	PSE, mg	IEIPSE, %
EcoMic <sup>®</sup>	61,6 <sup>bc</sup>	26,8	170,2 <sup>ab</sup>	77,1
Quitomax <sup>®</sup>	61,7 <sup>bc</sup>	25,4	85,4 <sup>d</sup>	-11,1
Ho5	64,6 <sup>b</sup>	31,3	99,03 <sup>cd</sup>	3,05
Ho5+ EcoMic <sup>®</sup>	68,6 <sup>b</sup>	39,4	136,9 <sup>abc</sup>	42,5
Ho5+Quitomax <sup>®</sup>	69,2 <sup>b</sup>	40,7	162,6 <sup>abc</sup>	69,2
EcoMic <sup>®</sup> +Quitomax <sup>®</sup>	70,5 <sup>b</sup>	43,3	126,1 <sup>abc</sup>	31,2
EcoMic <sup>®</sup> +Quitomax <sup>®</sup> +Ho5	66,8 <sup>b</sup>	35,8	198,8 <sup>a</sup>	106,9
Control absoluto	49,2 <sup>c</sup>		96,1 <sup>cd</sup>	
Testigo fertilizado	93,2 <sup>a</sup>		187,6 <sup>a</sup>	
Error estándar	4,71 <sup>***</sup>		25,4 <sup>*</sup>	

PSPA: Peso seco de la parte aérea, PSE: peso seco de la espiga, IEIPSPA: Índice de eficiencia de la inoculación sobre la base del PSPA; IEIPSE: Índice de eficiencia de inoculación del PSE.

Letras desiguales en una misma columna difieren para  $p < 0,0001$  y  $p < 0,05$

una alta eficiencia, al aplicarse a maíz (Bécquer *et al.*, 2017b) y a bermuda Tifton 85 (Bécquer *et al.*, 2018), en condiciones de sequía agrícola.

Existen interrelaciones entre los microorganismos en los ecosistemas, y la multifuncionalidad de éstos en los sistemas agrícolas se expresa de acuerdo con factores bióticos, así como con los factores edafoclimáticos (Salinas-Ventura y Soriano-Bernilla, 2014). No se obvia el posible efecto superior del aislado Ho5 que, como muchas rizobacterias, tiene el potencial de inhibir la producción de etileno en las plantas durante el estrés por sequía (Ali *et al.*, 2014); ello permite que el sistema radical se pueda desarrollar sin la inhibición propia de este compuesto y propicia una mayor absorción de nutrientes por la planta. Aunque también estos resultados sugieren que los HMA, en asociación con los demás biopreparados, favorecieron en cierta medida un mejor estado hídrico de las plantas hospederas. Díaz-Franco y Garza-Cano (2006) encontraron que la inoculación con *Glomus intraradices* aumentó la producción de biomasa y otras variables agroproductivas en tres genotipos de pasto buffel.

*Peso seco de la espiga (PSE) e índice de eficiencia de la inoculación sobre la base del PSE (IEIPSE).* En la tabla 6 se observa que el testigo fertilizado fue superior solamente al control absoluto, Quitomax<sup>®</sup> y Ho5; mientras que presentó valores similares al resto de los tratamientos inoculados. Sin embargo, EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5 presentó valores similares a los del testigo fertilizado, a los de EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>, Ho5+Quitomax<sup>®</sup>,

Ho5+EcoMic<sup>®</sup> y a EcoMic<sup>®</sup>. No obstante, fue superior al control absoluto, a Ho5, y a Quitomax<sup>®</sup>. La combinación de biofertilizantes y Quitomax<sup>®</sup>, al igual que EcoMic<sup>®</sup>, fueron los únicos tratamientos inoculados que resultaron superiores al control absoluto. Este resultado se evidenció en la eficiencia de la inoculación, con altos valores en EcoMic<sup>®</sup>, Ho5+Quitomax<sup>®</sup> y EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5.

En estos dos últimos tratamientos, estuvo presente el aislado Ho5, el cual proviene de ecosistemas áridos de la provincia de Holguín, Cuba (Bécquer *et al.*, 2016). Según Timmusk *et al.* (2014), el aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento vegetal en ecosistemas estresantes, como los ecosistemas áridos o de desiertos, puede proporcionar inoculantes que estimulen el desarrollo de los cultivos en ambientes derivados del cambio climático, lo cual coincide con las condiciones ambientales estresantes presentes en este experimento. Sin embargo, este aislado, al aplicarse sólo, no fue efectivo para el crecimiento de las espigas, lo que indica que su utilidad para dicha variable se debió a una interacción sinérgica con EcoMic<sup>®</sup> y Quitomax<sup>®</sup>.

Por otra parte, al observarse un efecto superior en la aplicación aislada de EcoMic<sup>®</sup>, cuando se comparó con la de Quitomax<sup>®</sup> y Ho5, es lógico pensar que el mayor peso en el tratamiento combinado recayó principalmente en EcoMic<sup>®</sup>. Se conoce que los HMA incrementan la absorción y traslocación 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 (Kavanová *et al.*, 2006).

**Inflorescencia.** Los resultados que se muestran en la tabla 7 indican que el testigo fertilizado fue superior a todos los tratamientos. Sin embargo, Ho5+EcoMic<sup>®</sup>, así como EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, presentaron valores superiores al control absoluto, pero sólo esta última combinación fue superior al resto de los tratamientos inoculados.

Con ésta se observó un porcentaje alto de inflorescencia, lo que sugiere que la inclusión de Quitomax<sup>®</sup> influyó de forma efectiva en esta variable, ya que, según Ohta *et al.* (2004), dicho producto puede acortar el período de floración y mejorar la floración y fructificación de las plantas. No obstante, se observó que la aplicación aislada de Quitomax<sup>®</sup> no fue suficiente para obtener resultados superiores, lo que se apreció también en algunas de las variables anteriores. Terry-Alfonso *et al.* (2017) también obtuvieron valores inferiores en la inflorescencia de tomate al aplicarle 0,1 g/L de Quitomax<sup>®</sup>, concentración igual a la que se utilizó en el presente experimento.

En estos últimos años se demostró un efecto sinérgico de este bioestimulante con los microorganismos fijadores biológicos de nitrógeno que se utilizan como biofertilizantes de varios cultivos (Corbera-Gorotiza y Nápoles-García, 2013), lo cual pudiera explicar los resultados superiores de la

combinación de los biofertilizantes que se utilizaron en el experimento con Quitomax<sup>®</sup>.

Se concluye que la combinación de los biofertilizantes con Quitomax<sup>®</sup>, de forma general, mostró un efecto superior al control, aunque se destacó EcoMic<sup>®</sup>+Quitomax<sup>®</sup>+Ho5, por su superioridad con respecto a otros tratamientos. Por otra parte, la aplicación de cada biofertilizante, o Quitomax<sup>®</sup>, de forma aislada, no mostró resultados superiores al control absoluto en la mayoría de las variables.

Se recomienda evaluar los tratamientos donde se combinaron estos biopreparados en diferentes gramíneas pratenses y diferentes tipos de suelo, así como el efecto a largo plazo de dichos biopreparados en la planta.

### Agradecimientos

Este experimento responde al Proyecto "Manejo conjunto de biofertilizantes e impacto en la producción de pastos y forrajes", con código: P131LH002-066, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, en el cual la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus tiene acciones concretas. Los autores agradecen al Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus, por el asesoramiento prestado en el tema de sequía agrícola, así como por los datos climatológicos suministrados.

### Referencias bibliográficas

Ali, S. Z.; Sandhya, V. & Rao, L. V. Isolation and characterization of drought-tolerant ACC de-

Tabla 7. Porcentaje de inflorescencia (%).

Tratamiento	Datos transformados arccos√P	Datos originales, %
EcoMic <sup>®</sup>	0,71 <sup>d</sup>	20,0
Quitomax <sup>®</sup>	0,65 <sup>d</sup>	21,0
Ho5	0,59 <sup>d</sup>	15,8
Ho5+ EcoMic <sup>®</sup>	1,36 <sup>c</sup>	39,0
Ho5+Quitomax <sup>®</sup>	0,45 <sup>d</sup>	13,0
EcoMic <sup>®</sup> +Quitomax <sup>®</sup>	0,42 <sup>d</sup>	12,2
EcoMic <sup>®</sup> +Quitomax <sup>®</sup> +Ho5	2,25 <sup>b</sup>	71,0
Control absoluto	0,50 <sup>d</sup>	14,6
Testigo fertilizado	2,99 <sup>a</sup>	95,0
Error estándar ±	0,22	
Significación	p<0,0001	

- aminase and exopolysaccharide-producing fluorescent *Pseudomonas* sp. *Ann. Microbiol.* 64 (2):493–502, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13213-013-0680-3>.
- Bécquer, C. J.; Ávila, U.; Nápoles, J. A.; Galdo, Yaldreisy; Hernández, María; Muir, Ivón *et al.* Productividad de bermuda Tifton 85, inoculada con *Bradyrhizobium* sp. y *Trichoderma harzianum*, sometida a estrés de sequía agrícola. *Pastos y Forrajes.* 41 (3):196-201, 2018.
- Bécquer, C. J.; Ávila, U.; Galdo, Yaldreisy; Quintana, Maribel; Álvarez, Orquidia; Puentes, Adelaida *et al.* Selection of *Bradyrhizobium* sp. isolates due to their effect on maize under agricultural drought conditions in Sancti Spiritus, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 51 (1):129-138, 2017b.
- Bécquer, C. J.; Galdo, Yaldreisy; Mirabal, Analeidis; Quintana, Maribel & Puentes, Adelaida. Rhizobia isolated from forage legumes of an arid cattle rearing ecosystem in Holguín, Cuba. Tolerance to abiotic stress and catalase production (Phase II). *Cuban J. Agric. Sci.* 51 (1):117-127, 2017a.
- Bécquer, C. J.; Galdo, Yaldreisy; Ramos, Yamilka; Mirabal, Analeidis; Peña, Maida D.; Quintana, Maribel *et al.* Rhizobia isolated from forage legumes of an arid cattle rearing ecosystem in Holguín, Cuba. Morpho-cultural evaluation and nodulation (phase I). *Cuban J. Agric. Sci.* 50 (4):607-617, 2016.
- Chibu, H.; Shibayama, H. & Arima, S. Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Jpn. Journal Crop Scie.* 71 (2):206-211, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1626/jcs.71.206>.
- CMP. *Resumen climático y estado de la sequía en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spiritus. Periodo noviembre/2016-mayo/2017.* Sancti Spiritus, Cuba: Centro Meteorológico Provincial, 2017.
- Corbera-Gorotiza, J. & Nápoles-García, María C. Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*-hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27. *Cultivos Tropicales.* 34 (2):5-11, 2013.
- Díaz-Franco, A. & Garza-Cano, Idalia. Colonización micorrizica arbuscular y crecimiento de genotipos de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*). *Rev. Fitotec. Mex.* 29 (3):203-206, 2006.
- Dick, R. P. Manipulation of beneficial microorganisms in crop rhizospheres. In: T. E. Cheeke, D. C. Coleman and D. H. Wall, eds. *Microbial ecology in sustainable agroecosystems.* Boca Ratón, USA: CRC Press. p. 23-48, 2012.
- Emami-Bistgani, Z.; Ataollah-Siadat, S.; Bakhshandeh, A.; Ghasemi-Pirbalouti, A. & Hashemi, M. Interactive effects of drought stress and chitosan application on physiological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak. *The Crop Journal.* 5:407–415, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2017.04.003>.
- Falcón-Rodríguez, A. B.; Costales-Mene, Daimy; González-Peña-Fundora, Dianevis & Nápoles-García, María C. Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales.* 36 (1):111-129, 2015.
- Glick, B. Alleviating plant stress using bacteria. *III Taller Latinoamericano de PGPR.* Pucón, Chile. p. 13, 2016.
- González-Cañizares, P. J.; Ramírez-Pedroso, J. F.; Morgan-Rosemond, O.; Rivera.Espinosa, R. & Plana-Llerena, R. Contribución de la inoculación micorrizica arbuscular a la reducción de la fertilización fosfórica en *Brachiaria decumbens*. *Cultivos Tropicales.* 36 (1):135-142, 2015.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015.* Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Hussain, M. B.; Zahir, Z. A.; Asghar, H. N. & M., Asgher. Can catalase and exopolysaccharides producing rhizobia ameliorate drought stress in wheat? *Int. J. Agric. Biol.* 16 (1):3-13, 2014b.
- Hussain, M. B.; Zahir, Z. A.; Asghar, H. N. & Mahmood, S. Scrutinizing rhizobia to rescue maize growth under reduced water conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 78:538-545, 2014a.
- Kavanová, M.; Grimoldi, A. A.; Lattanzi, F. A. & Schnyder, H. Phosphorus nutrition and mycorrhiza effects on grass leaf growth. P status- and size-mediated effects on growth zone kinematics. *Plant Cell Environ.* 29 (4):511-520, 2006.
- Lambrecht, Isabel; Vanlauwe, B. & Maertens, M. Integrated soil fertility management: from concept to practice in Eastern DR Congo. *Int. J. Agric. Sustain.* 14 (1):100-118, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14735903.2015.1026047>.
- Lyons, K. G.; Maldonado-Leal, B. G. & Owen, Gigi. Community and ecosystem effects of buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) and nitrogen deposition in the Sonoran desert. *Invasive Plant Sci. Manag.* 6 (1):65-78, 2013.
- Malerba, M. & Cerana, Raffaella. Chitosan effects on plant systems. *Int. J. Mol. Sci.* 17 (7):996-1010, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms17070996>.
- Morales-Guevara, D.; DellAmico-Rodríguez, J.; Jerez-Mompié, E.; Díaz-Hernández, Y. & Martín-Martín, R. Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales.* 37 (1):142-147, 2016.

- Morales-Guevara, D.; Torres-Hernández, Lilldrey; Jerez-Mompié, E.; Falcón-Rodríguez, A. & DellAmico-Rodríguez, J. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*. 36 (3):133-143, 2015.
- Nakashima, K. & Yamaguchi-Shinozaki, K. ABA signaling in stress-response and seed development. *Plant Cell Rep.* 32:959-970, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00299-013-1418-1>.
- Ohta, K.; Morishita, S.; Suda, K.; Kobayashi, N. & Hosoki, T. Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 73 (1):66-68, 2004. DOI: <https://doi.org/10.2503/jjshs.73.66>.
- Salinas-Ventura, Rosa & Soriano-Bernilla, Bertha. Efecto de *Trichoderma viride* y *Bradyrhizobium yuanmingense* en el crecimiento de *Capsicum annum* en condiciones de laboratorio. *REBIO-LEST*. 2 (2):e32. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/750>, 2014.
- Santillana, Nery; Zúñiga, Doris & Arellano, Consuelo. Capacidad promotora del crecimiento en cebada (*Hordeum vulgare*) y potencial antagónico de *Rhizobium leguminosarum* y *Rhizobium etli*. *Agrociencia Uruguay*. 16 (2):11-17, 2012.
- Singh, J. S.; Pandey, V. C. & Singh, D. P. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agr. Ecosyst. Environ.* 140 (3-4):339-353, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.017>.
- Solano, O.; Vázquez, R.; Menéndez, J. A.; Menéndez, C. & Martín, María E. Modelo agrometeorológico de evaluación de la sequía agrícola. *Convención Trópico'2004 Congreso de Meteorología Tropical*. La Habana. <http://repositorio.geotech.cu/xmlui/handle/1234/1663>, 2004.
- Terry-Alfonso, E.; Falcón-Rodríguez, A.; Ruiz-Padrón, Josefa; Carrillo-Sosa, Yudines & Morales-Morales, H. Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax®. *Cultivos Tropicales*. 38 (1):147-154, 2017.
- Timmusk, S.; Abd El-Daim, I. A.; Copolovici, L.; Tanilas, T.; Kännaste, A.; Behers, L. *et al.* Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: enhanced biomass production and reduced emissions of stress volatiles. *PLoS ONE*. 9 (5):e96086, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096086>.
- Yang, C.; Ellouze, W.; Navarro-Borrell, Adriana; Taheri, C. E.; Klabi, R.; Dai, Mulan *et al.* Management of the arbuscular mycorrhizal symbiosis in sustainable crop production. In: Z. M. Solaiman, L. K. Abbott and A. Varma, eds. *Mycorrhizal fungi: use in sustainable agriculture and land restoration*, *Soil Biology*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag. p. 89-118, 2014.