



Agronomía Mesoamericana
ISSN: 2215-3608
pccmca@gmail.com
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Efecto de diferentes formas de aplicación del Quitomax® en el crecimiento del maíz¹

Blanco-Valdes, Yaisys; Cartaya-Rubio, Omar Enrique; Espina-Nápoles, Meylen

Efecto de diferentes formas de aplicación del Quitomax® en el crecimiento del maíz¹

Agronomía Mesoamericana, vol. 33, núm. 3, 47246, 2022

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43771129004>

DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.47246>

© 2022 Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr, pccmca@gmail.com



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Efecto de diferentes formas de aplicación del Quitomax® en el crecimiento del maíz¹

Effect of different ways of application of Quitomax® in the growth of corn

Yaisys Blanco-Valdes

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba

yblanco@inca.edu.cu

 <https://orcid.org/0000-0002-6325-1005>

DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.47246>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43771129004>

Omar Enrique Cartaya-Rubio

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba

ocartaya@inca.edu.cu

 <https://orcid.org/0000-0001-7436-0437>

Meylen Espina-Nápoles

Ministerio de la Agricultura (MINAG), Cuba

meylen97@gmail.co

 <https://orcid.org/0000-0002-6964-5160>

Recepción: 03 Junio 2021

Aprobación: 17 Enero 2022

RESUMEN:

Introducción. El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de alto consumo en el mundo, este precisa una adecuada fertilización para cubrir sus requerimientos nutricionales. El Quitomax® es un bioestimulante que se ha empleado con éxito en la estimulación del rendimiento de diferentes cultivos. **Objetivo.** Evaluar la efectividad de la aplicación de Quitomax® en el crecimiento del cultivo del maíz de la variedad Francisco mejorado. **Materiales y métodos.** El estudio se realizó en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, durante 2018 y 2019, sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico, eútrico, con un diseño experimental de bloques al azar con siete tratamientos y cuatro réplicas. Los tratamientos de Quitomax® aplicados fueron: imbibición de las semillas durante una hora en las concentraciones de 0, 5 y 1 g L⁻¹, aspersión foliar a las concentraciones de 0, 5 y 1 g L⁻¹, la combinación de ambas formas de aplicación y concentraciones y un testigo. Se evaluó el rendimiento y algunos de sus componentes. **Resultados.** Los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento que combinó imbibición de la semilla y aspersión foliar (1 g L⁻¹) (T6) de Quitomax®, con un rendimiento de 12 t ha⁻¹, altura de la planta (A.P) de 2,12 m, diámetro medio de la mazorca (DMM) y del tallo (D.T) de 50,74 mm y 30,62 mm, respectivamente, altura de la mazorca superior (AMS) de 1,13 cm, número de granos por hilera (NGH) y por mazorca (NGM) de 32,27 y 455,33, respectivamente, 17,53 cm de longitud de mazorca (LM), masa de cien granos (M100S) de 38,90 g y 175,46 g de masa total de los granos (MTSM). Este tratamiento mejoró la relación beneficio/costo y mostró mayores ganancias, aunque fue el más costoso. **Conclusiones.** La aplicación a las semillas y foliar de Quitomax® fue efectiva al aumentar y rendimiento y sus componentes en el cultivo de maíz.

PALABRAS CLAVE: bioestimulantes, quitina, rendimiento de cultivos, costos de producción.

ABSTRACT:

Introduction. Corn (*Zea mays* L.) is a highly-consumed cereal in the world, which requires adequate fertilization to cover its nutritional requirements. Quitomax® is a biostimulant that has been successfully used to stimulate the yield of different crops. **Objective.** To evaluate the effectiveness of the application of Quitomax® on the growth of the improved Francisco variety corn crop. **Materials and methods.** The study was carried out in experimental areas of the National Institute of Agricultural Sciences

NOTAS DE AUTOR

yblanco@inca.edu.cu

(INCA) during 2018 and 2019, on a typical Ferralitic Red Leached eutric soil, with a randomized block experimental design with seven treatments and four replications. The Quitomax® treatments applied were: imbibition of the seeds for one hour at the concentrations of 0, 5 and 1 g L⁻¹, foliar spray at the concentrations of 0, 5 and 1 g L⁻¹, combination of both forms of application and concentrations, and a control. Yield and some of its components were evaluated. **Results.** The best results were obtained in the treatment that combined seed imbibition and foliar spraying (1 g L⁻¹) (T6) of Quitomax®, with a yield of 12 t ha⁻¹, plant height (A.P) of 2.12 m, mean diameter of the ear (DMM), and diameter of the stem (D. T) of 50.74 mm and 30.62 mm, respectively, height of the upper ear (AMS) of 1.13 cm, number of grains per row (NGH) and per ear (NGM) of 32.27 and 455.33, respectively, 17.53 cm ear length (LM), one hundred grain mass (M100S) of 38.90 g and 175.46 g total grain mass (MTSM). This treatment improved the benefit/cost ratio, and showed higher profits, although it was the most expensive. **Conclusions.** Seed and foliar application of Quitomax® was effective in increasing the yield and its components in corn.

KEYWORDS: biostimulants, chitin, crop yield, production costs.

INTRODUCCIÓN

El Quitomax®, cuyo ingrediente activo es un polímero de Quitosana, es un reconocido bioestimulante agrícola de origen natural, no tóxico y biodegradable. Es un polímero lineal de glucosamina soluble en ácidos diluidos, lo cual permite su utilización en la agricultura, donde tiene una amplia aplicación a partir de las potencialidades biológicas demostradas, como son: actividad antimicrobiana sobre el crecimiento y desarrollo de hongos, bacterias y oomycetes, la inducción de resistencia en plantas contra patógenos potenciales y la promoción del crecimiento y desarrollo de múltiples cultivos (Morales-Guevara et al., 2016).

El uso de productos bioactivos compatibles con el medio ambiente es uno de los principales retos de la agricultura moderna. La aplicación de quitosano y sus derivados representa una alternativa promisorio por su naturaleza, su actividad biológica y la facilidad de obtención (Falcón-Rodríguez et al., 2017). Los mecanismos de acción y la eficiencia del quitosano en la agricultura, en condiciones de laboratorio y en ambientes controlados, han sido estudiados (Reyes-Pérez et al., 2019).

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de gran preferencia y de alto consumo en el mundo, debido a sus propiedades nutricionales (Blanco Valdes, 2017). Este cultivo extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, por lo que se necesita de fertilización para cubrir sus requerimientos nutricionales (Cabrales et al., 2016).

El manejo adecuado de la nutrición de plantas y el control eficiente de plagas, constituyen dos elementos esenciales para obtener una alta productividad y calidad de la producción agrícola, ya que la aplicación indiscriminada de productos químicos puede ocasionar perjuicios al medio ambiente, crear resistencia por parte de los microorganismos fitopatógenos y causar daños a la salud humana (Ramos Berger et al., 2011).

Las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz se han utilizado como indicadores eficientes del rendimiento y han dado muestras de su importancia para predecir y planificar cosechas en función de la producción esperada (Molnar & Precsenyi, 2000). En Huambo, Angola, se demostró la existencia de correlaciones positivas entre la altura de la planta, número de hojas/planta, el número de mazorcas/planta, el peso de la mazorca y el rendimiento del cultivo del maíz (Vaz Pereira., 2015).

El maíz se cultiva en todas las provincias de Cuba y se sitúa dentro de las prioridades de las políticas agrarias del estado; la productividad de estos cultivares no superan las 1,44 - 2,35 t ha⁻¹ como promedio (Torres-Rodríguez et al., 2018). Una de las limitantes de su producción son las incidencias de las plagas que con frecuencia merman los rendimientos (Blanco Valdes, 2017).

Dado el contexto actual de la agricultura cubana, donde se trata de minimizar el uso de fertilizantes y plaguicidas químicos importados a precios elevados, es de gran importancia contar con productos de origen natural, no tóxicos, que se obtengan de materias primas nacionales, mediante metodologías que reduzcan los costos de producción y puedan aumentar los rendimientos en igual área cultivable (Reyes-Pérez et al., 2019).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de la aplicación de Quitomax® en el crecimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad Francisco mejorado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características geográficas y edafoclimáticas del área experimental

La investigación se desarrolló en el período 2018-2019, en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicadas en San José de las Lajas provincia de Mayabeque, km 3½ de la carretera a Jamaica, en los 22°59'40,79" de latitud Norte y 82°8'21,88" de longitud Oeste, a una altitud de 138 m s. n. m.

Con base en las características climáticas del agroecosistema donde se desarrollaron los experimentos, pertenecen al noreste de la provincia de La Habana y se caracteriza por presentar un período poco lluvioso de corta duración que se extiende desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo, sin llegar a producir una típica sequía ecológica (Gil-Reyes et al., 2020).

Para los análisis de suelo se emplearon los métodos y metodologías descritas por Paneque Pérez et al. (2010). En el área del experimento predomina el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, caracterizado por una fertilidad de media a alta, según lo señalado por Hernández Jiménez et al. (2015), quienes además, hicieron referencia a que este suelo es profundo con un pH ácido, presenta un bajo porcentaje de materia orgánica, el contenido de fósforo y calcio es elevado, sin embargo, el potasio y magnesio son deficientes (Cuadro 1), lo cual indica que para lograr producciones óptimas es necesario suplirlas con aplicaciones adicionales de nutrientes al suelo según las necesidades de los cultivos.

CUADRO 1

Algunas de las principales características químicas del suelo donde se evaluó la efectividad de la aplicación de Quitomax® en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad Francisco mejorado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018.

Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	M.O (%)	P (mg kg ⁻¹)	K+	Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	Mg ²⁺
0-20	6,4	2,11	234	0,52	9,93	1,80

pH: concentración de hidrógeno; M.O: materia orgánica; Ca: calcio; P: fósforo; Mg: magnesio; K: potasio / pH: hydrogen concentration; M.O: organic matter; Ca: calcium; P: phosphorus; Mg: magnesium; K: potassium

Table 1. Some of the main chemical characteristics of the soil where the effectiveness of the Quitomax® application was evaluated in the improved Francisco variety corn (*Zea mays* L.) crop. National Institute of Agricultural Sciences (INCA), San Jose de las Lajas, Cuba, 2018.

Diseño experimental

El Quitomax® es obtenido por el Grupo de Productos Bioactivos (GPB) del INCA, a partir de la desacetilación básica (NaOH) de la quitina presente en la cubierta de las langostas, presenta como ingrediente activo un polímero de quitosano (RFC No. 010/17) (Ramírez et al., 2017). Se preparó una disolución madre de QuitoMax® a una concentración de 2 g L⁻¹, la cual se diluyó en agua destilada hasta obtener las concentraciones deseadas para los experimentos. Las aspersiones foliares se realizaron a los 15 y 30 días después de emergidas las plantas.

Los tratamientos en estudio se muestran en el Cuadro 2. Los mismos fueron repetidos en el tiempo durante los años de estudio. El experimento se condujo bajo un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y siete tratamientos. Los datos obtenidos se procesaron mediante el análisis de varianza de clasificación doble y en los casos necesarios se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 % de probabilidad.

CUADRO 2

Descripción de los tratamientos en estudio, donde se evaluó la efectividad de la aplicación de Quitomax® en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad Francisco mejorado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Tratamientos*	Descripción
1	Testigo (solo con agua).
2	Semillas imbibidas durante 1 hora a una concentración de 1 g L ⁻¹
3	Semillas imbibidas durante 1 hora a una concentración de 0,5 g L ⁻¹
4	Aspersión foliar a una concentración de 1 g L ⁻¹ y a una dosis 10 mL x planta. A los 15 y 30 días después de emergidas las plantas.
5	Aspersión foliar a una concentración de 0,5 g L ⁻¹ y una dosis 10 mL x planta. A los 15 y 30 días después de emergidas las plantas.
6	Semillas imbibidas durante 1 hora a una concentración de 1 g L ⁻¹ y aspersión foliar a una concentración de 1 g L ⁻¹ . A los 15 y 30 días después de emergidas las plantas.
7	Semillas imbibidas durante 1 hora a una concentración de 0,5 g L ⁻¹ y aspersión foliar a una concentración de 0,5 g L ⁻¹ . A los 15 y 30 días después de emergidas las plantas.

* a base del producto comercial Quitomax®. / * based on the commercial product Quitomax®.

Table 2. Description of the treatments under study where the effectiveness the Quitomax® application was evaluated in the improved Francisco variety corn (*Zea mays* L.) crop. National Institute of Agricultural Sciences (INCA), San Jose de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Se utilizó la variedad Francisco mejorado (Permuy Arbelarde et al., 2000) con ciclo de 120 días, aunque se cosechó como maíz tierno (cuando el grano se encuentra en la fase lechosa) a los 85 días. Las siembras anuales se realizaron en el mes de junio, la unidad experimental (parcela) contó con una superficie de 32,4 m² (6 x 5,4 m), separadas por un pasillo de 1 m de ancho, con un arreglo espacial de 0,90 m entre hileras y 0,30 m entre nidos de dos plantas. La fertilización con nitrógeno se hizo al momento de la siembra, a razón de 50 kg ha⁻¹ y 100 kg ha⁻¹ de potasio, se empleó como portadores urea y cloruro de potasio, respectivamente. No se fertilizó con fósforo, pues el contenido en el suelo era alto (Cuadro 1).

Para el cultivo, la preparación del suelo y demás atenciones culturales, se realizaron de acuerdo con las normas técnicas del cultivo (Permuy Arbelarde et al., 2000). El riego fue por aspersión y no se hicieron aplicaciones de plaguicidas.

Evaluaciones realizadas en el cultivo del maíz

En el momento de la cosecha se evaluó la altura de la planta (m), la cual se midió al momento de la cosecha, desde la base del suelo hasta la lígula de la hoja uno; el rendimiento de las mazorcas tiernas (cuando el grano se encuentra en la fase lechosa) por hectárea (t ha⁻¹), para lo cual se pesó la producción (mazorcas con y sin envoltura), lo que permitió estimar el rendimiento expresado en t ha⁻¹ de mazorcas tiernas. También se evaluaron otros indicadores como los parámetros agronómicos, fisiotécnicos y de rendimiento que se muestra en el Cuadro 3.

CUADRO 3

Indicadores en la cosecha donde se evaluó la efectividad de la aplicación de Quitomax® en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad Francisco mejorado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Variable	Unidad de medida
Diámetro del tallo (DT)	(mm)
Altura a la mazorca superior (AMS)	(m)
Longitud de la planta (LP)	(m)
Número de mazorca por planta (NMP)	Unidad
Cobertura de la mazorca (CM)	Escala de valores
Número de granos por hilera (NGH)	Unidad
Número de hileras (NH)	Unidad
Número de granos por mazorca (NGM)	Unidad
Longitud de la mazorca (LM)	(cm)
Diámetro medio de la mazorca (DMM)	(mm)
Diámetro medio de la tusa (DMT)	(mm)
Masa de 100 granos (M100G)	(g)
Masa total de granos por mazorca (MTGM)	(g)

Table 3. Harvest indicators where the effectiveness of the Quitomax® application was evaluated in the improved Francisco variety corn (*Zea mays* L.) crop. the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Para tabular y graficar los datos de los experimentos, se utilizó la herramienta Excel del paquete Microsoft Office 2010. Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) en su clasificación simple y la prueba de comparación múltiple de Duncan 95 % del paquete estadístico Statgraphics Plus versión 5.1.

Análisis económico de los resultados

Se realizó un análisis económico específico para evaluar la rentabilidad del sistema de manejo. Se tomó como base el costo de una labor de manejo, la producción de los cultivos, los precios de venta y, como referencia, los tratamientos de mayor y menor número de labores de manejo. Se consideraron los gastos incurridos durante el ciclo del cultivo en cada tratamiento. El indicador utilizado fue número de labores realizadas y sus costos por tratamiento, además de la dosis de producto utilizado, con base en su forma de aplicación en comparación con el testigo de referencia (T1), las restantes labores fitotécnicas fueron las mismas para todos los tratamientos.

La valoración económica de los resultados se realizó en dólares estadounidenses (USD), con una tasa de cambio actual de Cuba en la que 1 USD \$ es equivalente a 24 pesos cubanos (CUP), sobre la base de considerar los tratamientos estudiados. Los indicadores evaluados fueron los siguientes: (i) valor de la producción (\$ ha⁻¹): resultado del rendimiento por el precio en t del producto; (ii) costo de producción (\$ ha⁻¹): según los gastos incurridos en la producción de una hectárea; (iii) beneficio (\$ ha⁻¹): resultado de la diferencia entre el valor de producción y el costo; y (iv) relación beneficio/costo: cociente obtenido de dividir el beneficio entre el costo de producción.

Para el cálculo de estos indicadores se utilizó como información básica la ficha de costo, las cartas tecnológicas agrícolas del cultivo del maíz (Ministerio de la Agricultura, 2017) y los precios vigentes (Ministerio de Finanzas y Precios, 2016). Para estos cálculos las mazorcas de maíz tierno se llevaron a maíz seco a partir del criterio de Permuy Arbelarde et al. (2000), de que cuatro toneladas de mazorcas de maíz tierno, equivalen a una tonelada de maíz seco.

RESULTADOS

Efecto del Quitomax® en los indicadores del crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz

Al realizar el cálculo de los rendimientos del maíz en mazorcas tiernas (Figura 1), se observó que los tratamientos donde se aplicó el bioproducto de forma simple (T 1, 2, 3 y 4) el mejor rendimiento se obtuvo en el tratamiento 4, lo que demostró que la aplicación foliar de este producto a esta concentración tuvo un efecto positivo sobre este indicador, por encima de la imbibición de la semilla, lo cual se debe al efecto estimulador del crecimiento del mismo, que es más eficiente cuando se aplica en el follaje. Sin embargo, con los tratamientos combinados se obtuvieron los mejores rendimientos (T6 y T7), lo cual demostró que la aplicación combinada de la imbibición de la semilla, con la aspersión foliar a diferentes concentraciones es una alternativa a tenerse en cuenta para la aplicación de este bioproducto en el cultivo del maíz.

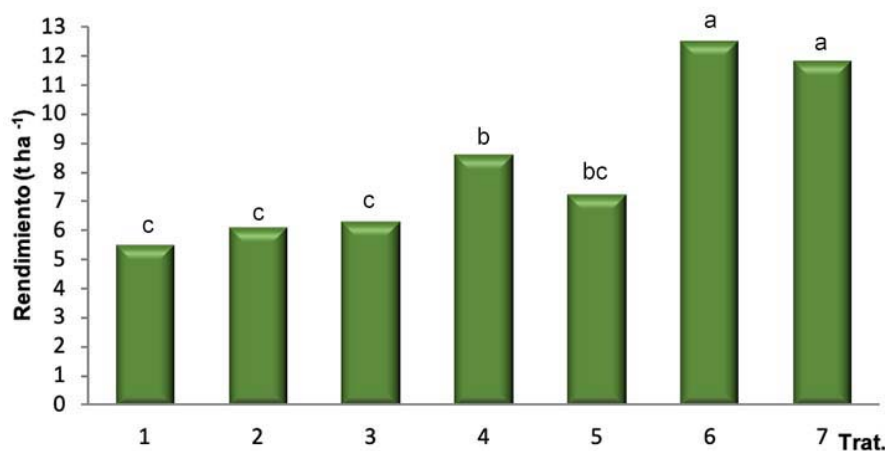


FIGURA 1

Rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) (t ha⁻¹) bajo siete tratamientos de Quitomax® con diferentes concentraciones y formas de aplicación. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

T1- Control, T2- Imbibición de la semilla 1 hora (1 g L⁻¹), T3- Imbibición de la semilla 1 hora (0,5 g L⁻¹), T4- Aspersión foliar (1 g L⁻¹) (Dosis 10 mL x Planta), T5- Aspersión foliar (0,5 g L⁻¹) (dosis 10 mL x planta), T6- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L⁻¹), T7- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (0,5 g L⁻¹). Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con p<0,05 según Duncan.

Figure 1. Corn (*Zea mays* L.) crop yield (t ha⁻¹) under seven Quitomax® treatments with different concentrations and forms of application. National Institute of Agricultural Sciences (INCA), San Jose de las Lajas, Cuba, 2018- 2019.

T1- Control, T2-Seed soaking 1 hour (1 g L⁻¹), T3- Seed soaking 1 hour (0.5 g L⁻¹), T4- Foliar spray (1 g L⁻¹) (dose 10 mL x plant), T5- Foliar spray (0.5 g L⁻¹) (dose 10 mL x plant), T6- Seed soaking and Foliar spraying (1 g L⁻¹), T7- Soaking of the seed and foliar spray (0.5 g L⁻¹). Treatment means with the same letters do not differ significantly with p <0.05 according to Duncan.

Al analizar cómo se comportaron los parámetros del crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz con la aplicación de Quitomax®, los resultados de esta investigación (Cuadro 4) mostraron que los tratamientos T6 y T7 fueron los que tuvieron los mejores resultados en los indicadores evaluados. En cuanto a la altura de la planta, los tratamientos T6 y T7 presentaron la mayor altura, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

CUADRO 4

Comportamiento en la cosecha de las variables de crecimiento y desarrollo en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.), donde se evaluó la efectividad de la aplicación de Quitomax® en la variedad Francisco mejorado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Trat.	AP	DMM	DT	AMS
T1	1,69 ^c	46,06 ^{efg}	28,39 ^{def}	0,91 ^b
T2	1,84 ^{bc}	48,99 ^{abcd}	28,93 ^{bcde}	0,96 ^b
T3	1,83 ^{bc}	47,67 ^{cde}	29,98 ^{abcd}	0,94 ^b
T4	1,88 ^b	49,99 ^{abc}	29,12 ^{abcde}	0,96 ^b
T5	1,89 ^b	49,48 ^{abcd}	30,05 ^{abc}	1,05 ^b
T6	2,12 ^a	50,74 ^a	30,62 ^a	1,13 ^a
T7	2,10 ^a	50,26 ^{ab}	30,35 ^{ab}	1,09 ^a

T1- Control, T2- Imbibición de la semilla 1 h (1 g L⁻¹), T3- Imbibición de la semilla 1 h (0,5 g L⁻¹), T4- Aspersión foliar (1 g L⁻¹) (Dosis 10 mL x Planta), T5- Aspersión foliar (0,5 g L⁻¹) (dosis 10 mL x planta), T6- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L⁻¹), T7- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (0,5 g L⁻¹). Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con p<0,05 según Duncan. / T1- Control, T2-Seed soaking 1 hour (1 g L⁻¹, T3- Seed soaking 1 hour (0.5 g L⁻¹), T4- Foliar spray (1 g L⁻¹) (dose 10 mL x plant), T5- Foliar spray (0.5 g L⁻¹) (dose 10 mL x plant), T6- Seed soaking and foliar spraying (1 g L⁻¹), T7- Soaking of the seed and foliar spray (0.5 g L⁻¹). Treatment means with the same letters do not differ significantly with p <0.05 according to Duncan.

Trat.: tratamientos, AP: altura de la planta, DMM: diámetro medio de la mazorca, DT: diámetro del tallo, AMS: altura de la mazorca superior. / Trat.: treatments, AP: height of the plant, DMM: mean diameter of the ear, DT: diameter of the stem, AMS: height of the upper ear.

Table 4. Behavior in the growth and development variables in the corn (*Zea mays* L.) crop, where the effectiveness of the Quitomax® application in the improved Francisco variety was evaluated. National Institute of Agricultural Sciences (INCA), San Jose de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Se observó un comportamiento similar para el carácter diámetro del tallo (DT) al obtenido para la variable altura de la planta, el tratamiento que mostró mejores resultados fue T6. Los tratamientos T1 y T2 fueron los de menor valor en este aspecto.

Al observar los resultados en cuanto al diámetro medio de la mazorca (DMM), existieron diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales el T6 presentó el mayor diámetro.

Los resultados de la evaluación del carácter altura de la mazorca superior (AMS), indicaron que los tratamientos T6 y T7 fueron los que mostraron los valores más elevados.

Los resultados del análisis económico a partir de los cálculos realizados de los gastos (costes) de producción, mostraron que no hubo diferencia entre los tratamientos T6 y T7, que es donde se observaron los mejores rendimientos, ya que, aunque en T6 es donde el rendimiento y el valor de la producción fueron más elevados, la relación costo/beneficio y costo/peso fueron iguales en el tratamiento T7. Sin embargo, hubo una diferencia en cuanto al valor del costo de producción, ya que en T6 es de \$ 281,60 mientras que en T7 es de \$ 260,80, es decir, gasta menos y se emplea menor cantidad de QuitoMax®. Con respecto al testigo que no fue tratado, los rendimientos y beneficios se redujeron en más de la mitad cuando no se aplicó el producto, ya sea en semilla o en el follaje. Además, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos T6 y T7 en todos los parámetros estudiados, por lo que se considera que fueron similares.

El mejor tratamiento fue el de QuitoMax® aplicado mediante la combinación de imbibición de la semilla y aspersión foliar (1 g L^{-1}) (T6) (Cuadro 6). Aunque este tratamiento presentó los mayores costos, debido a las dosis de producto utilizado, se alcanzaron las mayores ganancias respecto al tratamiento tradicional y al resto de los tratamientos, donde fueron utilizadas diferentes dosis y formas de aplicación del QuitoMax®, lo que demuestra el efecto positivo de la dosis utilizada.

Cuando se analizaron los resultados de los componentes del rendimiento (Cuadro 5), se observó que para el caso de los caracteres número de granos por hileras (NGH) y número de granos por mazorca (NGM), hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, esto permite plantear que las formas de aplicación de este producto influyó en los parámetros evaluados.

CUADRO 5

Comportamiento en la cosecha de los componentes del rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) donde se evaluó la efectividad de la aplicación de Quitomax® en la variedad Francisco mejorado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Trat.	NGH	NGM	DT	LM	M100S	MTSM
T1	25,57 ^{de}	353,21 ^{cd}	1,63 ^{de}	14,56 ^{cde}	29,17 ^f	107,51 ^{cde}
T2	27,93 ^{cd}	385,53 ^{bc}	1,64 ^{de}	14,78 ^{cd}	34,60 ^{bcde}	113,22 ^{cd}
T3	27,43 ^{cd}	379,20 ^c	1,78 ^{bcd}	17,16 ^{ab}	30,61 ^f	132,60 ^{bc}
T4	30,83 ^{abc}	439,07 ^{ab}	1,86 ^{abc}	15,32 ^{bcd}	35,00 ^{bcd}	154,47 ^{ab}
T5	31,21 ^{abc}	440,90 ^{ab}	1,86 ^{abc}	17,38 ^a	35,00 ^{bcd}	158,44 ^a
T6	32,27 ^a	455,33 ^a	1,99 ^a	17,53 ^a	38,90 ^a	178,46 ^a
T7	31,97 ^{ab}	454,47 ^a	1,87 ^{ab}	17,59 ^a	36,52 ^{ab}	164,35 ^a

T1- Control, T2- Imbibición de la semilla 1 h (1 g L^{-1}), T3- Imbibición de la semilla 1 h ($0,5 \text{ g L}^{-1}$), T4- Aspersión foliar (1 g L^{-1}) (dosis 10 mL x planta), T5- Aspersión foliar ($0,5 \text{ g L}^{-1}$) (dosis 10 mL x planta), T6- Imbibición de la semilla y aspersión foliar (1 g L^{-1}), T7- Imbibición de la semilla y aspersión foliar ($0,5 \text{ g L}^{-1}$). T1- Control, T2-Seed soaking 1 hour (1 g L^{-1}), T3- Seed soaking 1 hour (0.5 g L^{-1}), T4- Foliar spray (1 g L^{-1}) (dose 10 mL x plant), T5- Foliar spray (0.5 g L^{-1}) (dose 10 mL x plant), T6- Seed soaking and Foliar spraying (1 g L^{-1}), T7- Soaking of the seed and foliar spray (0.5 g L^{-1}).

Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con $p < 0,05$ según Duncan. / Treatment means with the same letters do not differ significantly with $p < 0.05$ according to Duncan.

NGH: número de granos por hileras, NGM: número de granos por mazorca, DT: diámetro de la tusa, LM: longitud mazorca, M100S: masa de cien granos, MTSM: masa total de los granos. / NGH: number of grains per row, NGM: number of grains per ear, DT: kernel diameter, LM: ear length, M100S: one hundred grains mass, MTSM: total grains mass.

Table 5. Harvest behavior of the yield components in the corn (*Zea mays* L.) crop where the effectiveness of the Quitomax® application in the improved Francisco variety was evaluated. National Institute of Agricultural Sciences (INCA), San Jose de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Los tratamientos que mostraron los resultados superiores, en ambos caracteres (NGH y NGM), fueron el 6 y 7 (Cuadro 5). En el caso del carácter masa de 100 granos (M100S), el tratamiento 6 fue superior estadísticamente al resto, sin embargo, en la masa total de los granos (MTSM) los mejores tratamientos resultaron el 6 y el 7.

En el carácter diámetro de la tusa (DT), se observó que existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, más específicamente el T6 y T7, que fueron los tratamientos de mayor diámetro, los cuales

tuvieron las dos formas de aplicación del producto. Para los demás parámetros estudiados (longitud de la mazorca, masa de 100 granos y masa total de granos por mazorca), existió un comportamiento similar a los parámetros anteriores.

De manera general, existió una tendencia tanto en los parámetros de crecimiento y desarrollo como en los componentes del rendimiento, con los mejores resultados en aquellos tratamientos donde se realizó la aplicación del Quitomax® de forma combinada, los cuales se mostraron en correspondencia con el tratamiento que mayor rendimiento obtuvo.

Análisis económico

Los resultados del análisis económico a partir del análisis de los indicadores utilizados, mostraron que el mejor tratamiento fue el de QuitoMax® aplicado mediante la combinación de imbibición de la semilla y aspersión foliar (1 g L⁻¹) (T6) (Cuadro 6). Aunque este tratamiento presentó los mayores costos, debido a las dosis de producto utilizado, se alcanzaron los mejores resultados en cuanto a volumen de producción obtenido por hectárea, que representó mayor valor de producción, la mejor relación costo/beneficio y el tratamiento 2 en reducir el costo por peso de producción por toneladas respecto al tratamiento tradicional y al resto de los tratamientos, donde fueron utilizadas diferentes dosis y formas de aplicación del QuitoMax®, lo que demuestra el efecto positivo de la dosis utilizada.

CUADRO 6

Análisis económico en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) donde se evaluó la efectividad de la aplicación de Quitomax® en la variedad Francisco mejorado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018-2019.

Trat.	P.V Maíz (t)	Producción maíz (t ha ⁻¹)	Valor de la Producción (\$USD ha ⁻¹)	Costo de producción (\$USD ha ⁻¹)	Beneficio (\$USD ha ⁻¹)	Relación costo/ beneficio	Costo/peso (\$USD ha ⁻¹)
T1	105,43	1,8	189,77	10,00	179,77	0,06	5,55
T2	105,43	2,03	214,02	10,87	203,15	0,05	5,35
T3	105,43	2,1	221,40	10,43	210,97	0,05	5,00
T4	105,43	2,87	302,58	10,87	255,83	0,04	3,79
T5	105,43	2,4	253,03	10,43	242,59	0,04	4,35
T6	105,43	4,17	439,64	11,73	427,90	0,03	2,81
T7	105,43	3,93	414,34	10,87	403,46	0,03	2,77

P.V: precio de venta. T1- Control, T2- Imbibición de la semilla 1 h (1 g L⁻¹), T3- Imbibición de la semilla 1 h (0,5 g L⁻¹), T4- Aspersión foliar (1 g L⁻¹) (dosis 10 mL x planta), T5- Aspersión foliar (0,5 g L⁻¹) (dosis 10 mL x planta), T6- Imbibición de la semilla y aspersión foliar (1 g L⁻¹), T7- Imbibición de la semilla y aspersión foliar (0,5 g L⁻¹). / P.V: sale price. T1- Control, T2-Seed soaking 1 hour (1 g L⁻¹), T3- Seed soaking 1 hour (0.5 g L⁻¹), T4- Foliar spray (1 g L⁻¹) (dose 10 mL x plant), T5- Foliar spray (0.5 g L⁻¹) (dose 10 mL x plant), T6- Seed soaking and Foliar spraying (1 g L⁻¹), T7- Soaking of the seed and foliar spray (0.5 g L⁻¹).

Table 6. Economic analysis in the cultivation of corn (*Zea mays* L.) where the effectiveness of the Quitomax® application on the improved Francisco variety was evaluated. National Institute of Agricultural Sciences (INCA), San José de las Lajas, Cuba, 2018 -2019.

DISCUSIÓN

El consumo de maíz en Cuba, se hace cuando los granos están en su estado tierno (o fase lechosa), esta modalidad tiene la ventaja de liberar la superficie antes de culminar el ciclo del cultivo y permite adelantar la entrada del nuevo cultivo y con ello, se eleva el coeficiente de rotación (Leyva Galán & Pohlan, 2005).

La altura de la planta es un parámetro que depende en mayor medida de factores externos del medio (Luna Murillo et al., 2015). Los tratamientos con mayor altura de la planta tuvieron aplicación del bioestimulante Quitomax® en las formas combinadas, a las dos concentraciones estudiadas, sin que presentaran diferencias

significativas entre ellos, lo que provocó su mayor crecimiento, debido a las propiedades estimulantes del producto (Martínez González et al., 2017).

Los tratamientos con los mayores valores para las variables diámetro del tallo y diámetro medio de la mazorca, fueron los que presentaron mayor número de granos por mazorca y por tanto, mayor peso de las semillas, lo cual coincide con otros resultados de investigación, donde el diámetro del tallo influyó en el sostén de la planta, mientras menor sea este, mayor serán las probabilidades de que la planta pueda caer por el peso de la mazorca (Torres-Rodríguez et al., 2018). Además, el diámetro medio a la mazorca presentó una marcada influencia en el rendimiento del maíz, ya que un mayor diámetro de la mazorca en dependencia del diámetro medio de la tusa, puede significar un mayor tamaño de los granos y, por ende, un mayor peso de estos (Torres-Rodríguez et al., 2018).

El indicador altura de la mazorca superior puede dificultar la labor de cosecha manual si esta es muy elevada, además, es más propenso al acame, debido al peso que tendrá que soportar el tallo (Virgen Vargas et al., 2013), por tanto, es recomendable seleccionar los tratamientos que resulten en una menor altura a la mazorca superior o que tenga una buena relación con la altura de la planta. En el presente estudio, aunque los valores de altura de la mazorca superior y altura de la planta fueron elevados para los tratamientos combinados donde se aplicó el Quitomax®, al correlacionar los mismos, se obtuvo una correlación positiva entre estos indicadores, lo cual demuestra la efectividad del empleo del Quitomax® en el cultivo del maíz.

Los resultados en general, evidenciaron los efectos beneficiosos del Quitomax® sobre el crecimiento y desarrollo del maíz, lo cual se debe a su acción estimuladora, mediante la aceleración del metabolismo vegetal (Enríquez-Acosta & Reyes-Pérez, 2018), lo que ha favorecido el crecimiento de las plantas de distintas especies comparadas con las plantas no tratadas, además de un incremento en los rendimientos, debido al estímulo que provocan en sistemas enzimáticos y otros metabolitos involucrados en estos procesos (Gustavo-González et al., 2021), que permiten, con su uso, un incremento de la producción agrícola, todo lo cual resulta de gran importancia cuando lo que se desea es el incremento de los rendimientos.

Los resultados arrojados por el análisis económico concuerdan con los obtenidos por Boonlertnirun et al. (2017) en el cultivo de la fresa y Abdel-Mawgoud et al. (2010) en el cultivo del arroz, estos últimos obtuvieron un incremento de los rendimientos de entre un 20 - 30 % después de la aspersión foliar y del tratamiento a las semillas con quitosano, respectivamente.

La aplicación de diferentes dosis de quitosano estimula los procesos fisiológicos en la planta e incrementa el tamaño de las células, lo cual hace que se aumente la absorción de nutrientes por la planta, por ende, su crecimiento y desarrollo, lo que produce mayores rendimientos y se transforma en mayores ganancias (Falcón Rodríguez et al., 2015). Este efecto concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, cuando se aplicó quitosano en semilla y foliar a las plantas de maíz.

El análisis de la valoración económica en este estudio, demuestra que existió una factibilidad económica en la gestión productiva con la aplicación de la quitosano, lo anterior concuerda con los obtenidos por Álvarez Pineda (2016) en el cultivo del pimiento. Se sugiere validar a nivel comercial la utilización de una estrategia con el manejo de dosis y formas de aplicación con este producto, con el fin verificar el grado de influencia en los rendimientos en el cultivo del maíz.

El análisis económico permitió realizar una valoración integral de los resultados obtenidos desde el punto de vista productivo, pues aquellos tratamientos que presentaron el mejor comportamiento en cuanto a rendimiento y calidad, mostraron también indicadores superiores de eficiencia económica.

CONCLUSIONES

La aplicación de Quitomax® fue efectiva al aumentar todos los indicadores evaluados del crecimiento y desarrollo en el cultivo de maíz.

Con la combinación de la embebición de las semillas junto con la aspersión foliar con Quitomax® a una concentración de 1 g L⁻¹, se obtuvieron los mejores resultados en el rendimiento (12 t ha⁻¹), altura de la planta (2,12 m), diámetro medio de la mazorca (50,74 mm), diámetro del tallo (30,62 mm), altura de mazorca superior (1,13 cm), número de granos por hilera (32,27), y por mazorca (455,33), longitud de la mazorca (17,53 cm), masa de 100 granos (38,90 g) y masa total de los granos (175,46 g) en las plantas tratadas.

La mayor rentabilidad en cuanto a la utilización del Quitomax® se alcanzó con el tratamiento en el que se combinó la imbibición de la semilla y la aspersión foliar a una concentración de 1 g L⁻¹ (T6), y fue donde se alcanzaron las mayores ganancias. Esto sugiere que la combinación de la forma de aplicación del Quitomax® es una opción que se requiere validar a nivel comercial en el cultivo del maíz.

REFERENCIAS

- Alvarez Pineda, A. (2016). *Uso de micorrizas arbusculares y quitosana en el cultivo del pimiento (Capsicum annuum L.) en condiciones de Organopónico* [Tesis de Maestría, no publicada]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Abdel-Mawgoud, A. M. R., Tantawy, A. S., El-Nemr, M. A., & Sassine, Y. N. (2010). Growth and Yield Responses of Strawberry Plants to Chitosan Application. *European Journal of Scientific Research*, 39(1), 170–177.
- Blanco Valdes, Y. (2017). *Manejo oportuno de las arvenses en sus relaciones interespecíficas con los cultivos del maíz (Zea mays L.) y del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en un sistema de sucesiones* [Tesis de Doctorado, no publicada]. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”.
- Boonlertnirun, S., Boonraung, C., & Suvanasara, R. (2017). Application of chitosan in rice production. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 18(2), 47–52.
- Cabral, E. M., Toro, M., & Lopez-Hernández, D. (2016). Efecto de micorrizas nativas y fósforo en los rendimientos del maíz en Guárico, Venezuela. *Temas Agrarios*, 21(2), 21–31. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.898>
- Enríquez-Acosta, E. A., & Reyes-Pérez, J. J. (2018). Evaluación de quitomax® en la emergencia, crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia y Tecnología*, 11(2), 31–37. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.233>
- Falcón-Rodríguez, A. B., Costales, D., González-Peña, D., Morales, D., Mederos, Y., Jerez, E., & Cabrera, J. C. (2017). Chitosans of different molecular weight enhance potato (*S. tuberosum* L.) yield in a field trial. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(1), Article e0902. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017151-9288>
- Falcón Rodríguez, A. B., Costales Menéndez, D., González-Peña Fundora, D., & Nápoles García, M. C. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, 36, 111–129.
- Gil-Reyes, L., González-García, I., Hernández-González, D., & Álvarez-Guerrero, M. (2020). Extremos climáticos de temperatura y su relación con patrones atmosféricos de teleconexión durante el invierno. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(4), 1–11.
- Gustavo-González, L., Paz-Martínez, I., Boicet-Fabré, T., Jiménez-Arteaga, M. C., Falcón-Rodríguez, A., & Rivas-García, T. (2021). Efecto del tratamiento de semillas con QuitoMax® en el rendimiento y calidad de plántulas de tomate variedades ESEN y L-43. *Terra Latinoamericana*, 39, Article e803. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.803>
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch Infante, D., & Castro Speck, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Leyva Galán, A., & Pohlen, J. (2005). *Agroecología en el trópico - Ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, como conservarla y multiplicarla*. Shaker Verlag.
- Luna Murillo, R. A., Reyes Pérez, J. J., López Bustamante, R. J., Reyes Bermeo, M., Alava Murillo, A., Velasco Martínez, A., Álvarez Perdomo, G., Castillo Vera, H. C., Cedeño Troya, D. M., & Macías Pettao, R. (2015). Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Centro Agrícola*, 42(4), 11–18.

- Martínez González, L., Maqueira López, L., Nápoles García, M. C., & Núñez Vázquez, M. (2017). Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizados. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 113–118.
- Ministerio de Agricultura. (2017). *Carta tecnológica agrícola del cultivo del maíz y del frijol*. Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical.
- Ministerio de Finanzas y Precios. (2016). *Resolución No. 157/16 (GOC-2016-436-FX15)*. Gaceta Oficial de la República de Cuba.
- Molnar, I., & Precsenyi, I. (2000). Changes on the diversity (species cover) of weed communities in maize fields in Eastern Hungary in 1994 and 1995. *Növénytermelés*, 49(1/2), 81–87.
- Morales Guevara, D., Dell'Amico Rodríguez, J., Jerez Mompié, E., Díaz Hernández, Y., & Martín Martín, R. (2016). Effect of QuitoMax® on crop growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(1), 142–147.
- Paneque Pérez, V. M., Calaño Naranjo, J. M., Calderón Valdés, M., Borges Benítez, Y., Hernández García, T. C., Caruncho Contreras, M. (2010). *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Permuy Arbelarde, N., Rabí Bravo, O., & Pérez Rodríguez, P. (2000). *Guía técnica para la producción del cultivo del maíz (Zea mays L.) en Cuba*. Instituto de Investigaciones Hortícolas.
- Ramírez, M. Á., González, P., Fagundo, J. R., Suarez, M., Melián, C., Rodríguez, T., & Peniche, C. (2017). Chitin preparation by demineralizing deproteinized lobster shells with CO₂ and a cationite. *Journal Renew Mater*, 5(1), 30–37. <https://doi.org/10.7569/JRM.2016.634121>
- Ramos Berger, L. R., Montenegro Stamford, T. C., & Pereira Stamford, N. (2011). Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(4), 195–215.
- Reyes-Pérez, J. J., Enríquez-Acosta, E. A., Ramírez-Arrebato, M. Á., Rodríguez-Pedroso, A. T., Lara-Capistrán, L., & Hernández-Montiel, L. G. (2019). Evaluation of the growth, yield and nutritional quality of pepper fruit with the application of Quitomax®. *Ciencia e Investigación Agraria*, 46(1), 23–29. <http://doi.org/10.7764/rcia.v46i1.2002>
- Torres-Rodríguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., González-Gómez, L. G., Jiménez-Pizarro, M., Boicet-Fabre, T., Enríquez-Acosta, E. A., Rodríguez-Pedroso, A. T., Ramírez-Arrebato, M. A., & González-Rodríguez, J. C. (2018). Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea mays*, L.) a la aplicación de QuitoMax, azofert y ecomic. *Biotechnia*, 20(1), 3–7. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v20i1.522>
- Vaz Pereira, J. C. D. (2015). *Contribución a la sostenibilidad de la producción de maíz (Zea mays L.) en Huambo, Angola, a través del manejo agroecológico de las arvenses* [Tesis de Doctorado, no publicada]. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”.
- Virgen-Vargas, J., Zepeda-Bautista, R., Arellano-Vázquez, J. L., Ávila-Perches, M. A., & Rojas-Martínez, I. (2013). Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de valles altos en dos fechas de siembra. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 1(1), 26–32.

NOTAS

- 1 Este trabajo formó parte de una tesis en opción al título de Ingeniera Agrónoma de la tercera autora y forma parte de un proyecto de investigación. Se efectuó en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Fue financiado por el INCA.

ENLACE ALTERNATIVO

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index> (html)