**EFECTO DE LA APLICACIÓN DE QUITOSANA EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*ZEA MAYS* L.)**

EFFECT OF THE APPLICATION OF CHITOSANE ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF CORN CROP (ZEA MAYS L.)

Yaisys Blanco Valdes1

Omar Enrique Cartaya Rubio 1

Meylen Espina Nápoles2

*1-Doctora en Ciencias Agrícolas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera de Tapaste km 3 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, gaveta postal no.1, CP 32700,* *yblanco@inca.edu.cu**,* <https://orcid.org/0000-0002-6325-1005>

*1- Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera de Tapaste km 3 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, gaveta postal no.1, CP 32700,* *ocartaya@inca.edu.cu**,* <https://orcid.org/0000-0001-7436-0437>

*2-Ingeniera Agrónoma, Dirección de la Agricultura Municipal, Esquina Conill, Ave. Independencia, Edif. MINAG, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba, CP 10400,* *meylen97@gmail.com**,* <https://orcid.org/0000-0002-6964-5160>

Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de gran preferencia y de alto consumo en el mundo, que se necesita aplicarle una fertilización adecuada para cubrir sus requerimientos nutricionales.El Quitomax® es un bioestimulante que se ha empleado con éxito en la estimulación del rendimiento de diferentes cultivos. Evaluar la efectividad de la aplicación de Quitomax® en el cultivo del maíz de la variedad Francisco mejorada.Para el desarrollo del mismo se realizó un experimento en campo aplicando el producto embebiendo las semillas durante 1 hora a la concentración de 0, 5 y 1 g L-1 respectivamente y aspersión foliar a la concentración de 0, 5 y 1 g L-1 respectivamente y la combinación de las formas de aplicación, en el momento de la cosecha se evaluó el rendimiento y algunos de sus componentes. Los caracteres evaluados mostraron mejores resultados en el tratamiento donde se utilizó la combinación de la embebición de la semilla y aspersión foliar (1 g L-1) (T6) del producto, lo cual conllevó a mejorar la relación beneficio/ costo y obtenerse mayores ganancias, aunque fue el tratamiento que más costo tuvo por la utilización del producto. La aplicación de Quitomax® fue efectiva al aumentar algunos indicadores del crecimiento de plantas de maíz siendo la combinación de la forma de aplicación del Quitomax® una opción para el cultivo del maíz.

 ***Palabras clave:*** bioestimulantes, Quitomax® y rendimiento.

**Abstract**

Corn (Zea mays L.) is a cereal of great preference and of high consumption in the world, which needs to be applied an adequate fertilization to cover its nutritional requirements. Quitomax® is a biostimulant that has been used successfully to stimulate the yield of different crops. To evaluate the effectiveness of the application of Quitomax® in the cultivation of corn of the improved Francisco variety. For the development of the same, an experiment was carried out in the field applying the product by soaking the seeds for 1 hour at a concentration of 0, 5 and 1 g L-1 respectively and foliar spraying at a concentration of 0, 5 and 1 g L-1 respectively and the combination of the forms of application, at the time of harvest the yield and some of its components were evaluated. The evaluated characters showed better results in the treatment where the combination of seed soaking and foliar spraying (1 g L-1) (T6) of the product was used, which led to an improvement in the benefit / cost ratio and higher profits. , although it was the treatment that cost the most for the use of the product. The application of Quitomax® was effective by increasing some indicators of the growth of corn plants, being the combination of the form of application of Quitomax® an option for the cultivation of corn.

***Key words:*** biostimulants, chitosan, yield and seed.

# INTRODUCCIÓN

El uso de productos bioactivos compatibles con el medio ambiente es uno de los principales retos de la agricultura moderna. En ese sentido, la aplicación de quitosano y sus derivados representa una alternativa promisoria, por su naturaleza, su actividad biológica y la facilidad de obtención (Falcon *et al*., 2017). Numerosos estudios demuestran los mecanismos de acción y la eficiencia de estos principios activos en la agricultura, fundamentalmente estudios de laboratorio y en ambientes controlados. (Reyes *et al.,* 2019).

El quitosano 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.

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de gran preferencia y de alto consumo en el mundo, debido a sus propiedades nutricionales. Este cultivo extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, por lo que se necesita aplicarle una fertilización adecuada para cubrir sus requerimientos nutricionales (Herrera *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 *et a*l., 2011).

El maíz actualmente 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 *et al.,* 2018), siendo una de las limitantes de su producción las incidencias de las plagas que con frecuencia merman los rendimientos a pesar de que las plantas resisten sus ataques (Blanco, 2017).

Dado el contexto actual de la agricultura cubana, 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 aumenten los rendimientos en igual área cultivable y con las mismas o menores aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas químicos importados a precios elevados.

Teniendo en cuenta las potencialidades del Quitomax® en el crecimiento y desarrollo de las plantas, nos planteamos en el presente estudio como objetivo: Evaluar la efectividad de la aplicación de QuitoMax en el cultivo de maíz (Zea *mays* L.) variedad Francisco mejorada.

# 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, teniendo su centro en los 22º59'40,79" de latitud Norte y 82º8'21,88" de longitud Oeste (Google Earth, 2015), a una altitud de 138 m s.n.m.

### Datos climáticos

Según las características climáticas del agroecosistema donde se desarrolló el experimento pertenecen a la antigua clima-región Habana, la cual se extiende 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 (Lecha *et al*., 1994).

Las variables climáticas registradas mensualmente fueron: precipitaciones (mm), temperatura promedio mensuales (oC) y humedad relativa (%), tomando como referencia la Estación Meteorológica número 78 374 ubicada a 350 m del área experimental.

La temperatura media mensual de los dos años que abarcó la investigación osciló entre 17 y 27,4 oC en correspondencia con los meses menos calurosos y menos lluviosos (noviembre-abril) y los más calurosos y lluviosos (mayo-octubre) respectivamente, mientras que las precipitaciones mensuales variaron desde 3,4 mm en la etapa menos lluviosa a 423,0 mm en la más lluviosa. En esta variable hay que destacar que los mayores acumulados ocurrieron en los meses de mayo a septiembre, período durante el cual se desarrolló el cultivo del maíz. La humedad relativa se comportó entre un 70 % y un 86 %durante la etapa experimental, siendo superior en el período lluvioso.

### Características del área experimental

En el área experimental predomina el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, caracterizado por una fertilidad de media a alta, según lo señalado por Hernández *et al*. (2015). Según el autor de referencia, éste suelo es medianamente profundo con un pH ligeramente ácido, presenta un bajo porcentaje de materia orgánica, el contenido de fósforo y calcio en el suelo es alto; sin embargo, el potasio y magnesio son bajos (Tabla 1), lo cual indica que para lograr producciones óptimas será necesario suplirlas con aplicaciones adicionales de nutrientes al suelo según necesidades de los cultivos.

Algunas de las principales características químicas del suelo, se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Algunas de las principales características químicas del suelo.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Profundidad(cm)** | **pH(H2O)** | **M.O(%)** | **P****(mgkg-1)** | **K+ Ca2+ Mg2+****(cmolc kg-1)** |
| 0-20 | 6,4 | 2,11 | 234 | 0,52 | 9,93 | 1,80 |

Para los análisis de suelo se emplearon los métodos y metodologías descritas por Paneque *et al*., 2010.

### Programa experimental

Los tratamientos en estudio se muestran en la tabla 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 7 tratamientos. Los datos obtenidos fueron procesados 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.

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos en estudio:

|  |  |
| --- | --- |
| **Tratamientos** | **Descripción** |
| **1** | Testigo (solamente con agua) |
| **2** | Imbebición de la semilla 1 hora (1 g L-1)  |
| **3** | Imbebición de la semilla 1 hora (0,5 g L-1)  |
| **4** | Aspersión foliar (1 g L-1) (Dosis 10 mL x Planta)  |
| **5** | Aspersión foliar (0,5 g L-1) (Dosis 10 mL x Planta)  |
| **6** | Imbebición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L-1)  |
| **7** | Imbebición de la semilla y Aspersión foliar (0,5g L-1)  |

Se utilizó la variedad Francisco mejorada con ciclo de 120 días, aunque se cosechó como maíz “tierno” a los 85 días. Las siembras anuales se realizaron en el mes de junio, sembrado con un arreglo espacial de 0,90 m entre hileras y 0,30 m entre nidos de 2 plantas. La fertilización con nitrógeno fue al momento de la siembra a razón de 50 kg ha-1y 100 kg ha-1 de potasio, utilizando 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 hicieron siguiendo las normas técnicas del cultivo (MINAG, 2000). El riego fue por aspersión y no se realizaron aplicaciones de plaguicidas.

### Evaluaciones realizadas en el cultivo dl maíz

Para el cultivo del maíz se evaluó la altura de la planta (m), la cual se midió desde la base del suelo, hasta la lígula de la hoja uno, realizada en el momento de la cosecha, el rendimiento de las mazorcas tiernas por hectárea (t ha-1), para lo cual se pesó la producción (mazorcas tiernas con y sin envoltura) lo que permitió estimar el rendimiento expresado en t ha-1 de mazorcas tiernas. También se evaluaron otros indicadores como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Indicadores evaluados en el cultivo

|  |  |
| --- | --- |
| 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) |

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.

La metodología utilizada fue la propuesta por la FAO (1980); esta valoración económica de los resultados se realizó en 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 (MINAG, 2017) y los precios vigentes (MFP, 2016). Para estos cálculos las mazorcas de maíz tierno se llevaron a maíz seco a partir del criterio de Rabí (1997) de que por cada cuatro toneladas de mazorcas de maíz tierno equivale a una tonelada de maíz seco.

# Resultados

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

Al realizar el cálculo de los rendimientos del maíz en mazorcas tiernas (Figura 1), se observa que los mejores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos (T6 y T7) difiriendo estadísticamente con el resto de los tratamientos donde se aplicó el Quitomax® y el control, lo cual demuestra que la aplicación combinada de la embebición de la semilla con la aspersión foliar a diferentes concentraciones es una alternativa a tenerse en cuanta para la aplicación de este bioproducto en el cultivo del maíz.

**Figura 1.** Rendimiento del maíz tierno (t ha-1) de plantas de maíz tratadas con diferentes formas de aplicación del Quitomax®

T1- Control, T2-Embebición de la semilla 1 hora (1 g L-1), T3- Embebición 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- Embebición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L-1), T7- Embebición 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.*

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 muestran (Tabla 4), cómo a partir del momento y la forma de aplicación del producto, los tratamientos T6 y T7 fueron estadísticamente superiores al resto, siendo el de menor altura el tratamiento control (T1).

En cuanto al carácter diámetro del tallo (DT) se visibiliza un comportamiento similar al anterior existiendo diferencias estadísticas, mostrándose como el mejor tratamiento el 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) existen diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales el T6 presenta el mayor diámetro.

**Tabla 4.** Comportamiento de las variables de crecimiento y desarrollo en el cultivo del maíz.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Trat. | AP | DMM | DT | AMS |
| T1 | 1.69c | 46.06efg | 28.39def | 0.91b |
| T2 | 1.84bc | 48.99abcd | 28.93bcde | 0.96b |
| T3 | 1.83bc | 47.67cde | 29.98abcd | 0.94b |
| T4 | 1.88b | 49.99abc | 29.12abcde | 0.96b |
| T5 | 1.89b | 49.48abcd | 30.05abc | 1.05b |
| T6 | 2.12a | 50.74a | 30.62a | 1.13a |
| T7 | 2.10a | 50.26ab | 30.35 ab | 1.09a |

T1- Control, T2-Embebición de la semilla 1 hora (1 g L-1), T3- Embebición 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- Embebición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L-1), T7- Embebición 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.*

Trat.: Tratamientos, AP: Altura de la planta, DMM: Diámetro medio de la mazorca, DT: Diámetro del tallo, AMS: altura de la mazorca superior

Los resultados de la evaluación del carácter altura de la mazorca superior (AMS) los tratamientos T6 y T7 fueron los que mostraron la mayor altura de la mazorca superior. bueno seleccionar los tratamientos de menor altura a la mazorca superior, o que tenga una buena relación con la altura de la planta.

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

Como se observa en la tabla anterior, los tratamientos que en ambos caracteres mostraron los resultados superiores fueron el 6 y 7. En el caso del carácter masa de 100 granos (M100S), el tratamiento 6 fue el que obtuvo mejor resultado siendo 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 observa que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, más específicamente el T6 y T7, que son los tratamientos de mayor diámetro agrupándose nuevamente entre los tratamientos que tienen 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.

**Cuadro 5.** Comportamiento de los componentes del rendimiento

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Trat. | NGH | NGM | DT | LM | M100S | MTSM |
| T1 | 25.57de | 353.21cd | 1.63de | 14.56cde | 29.17f | 107.51cde |
| T2 | 27.93cd | 385.53bc | 1.64de | 14.78cd | 34.6bcde | 113.22cd |
| T3 | 27.43cd | 379.20c | 1.78bcd | 17.16ab | 30.61f | 132.60bc |
| T4 | 30.83abc | 439.07ab | 1.86abc | 15.32bcd | 35bcd | 154.47ab |
| T5 | 31.21abc | 440.90ab | 1.86abc | 17.38a | 35bcd | 158.44a |
| T6 | 32.27a | 455.33a | 1.99a | 17.53a | 38.9a | 178.46a |
| T7 | 31.97ab | 454.47a | 1.87ab | 17.59a | 36.52ab | 164.35a |

T1- Control, T2-Embebición de la semilla 1 hora (1 g L-1), T3- Embebición 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- Embebición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L-1), T7- Embebición de la semilla y Aspersión foliar (0,5 g L-1)

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

De manera general existe una tendencia tanto en los parámetros de crecimiento y desarrollo como en los componentes del rendimiento, encontrándose 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.

En la agricultura, la quitosana y sus derivados de menor masa molar, pueden tener una amplia aplicación a partir de las potencialidades biológicas que se le han demostrado a estos compuestos, como son, una importante 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 varios cultivos.

## Análisis económico

Para el análisis económico se tuvo en cuenta 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 teniendo en cuenta su forma de aplicación en comparación con el testigo de referencia (T1), las restantes labores fitotécnicas fueron las mismas para todos los tratamientos.

En la tabla 6 se muestran los resultados del análisis económico a partir de los cálculos realizados de los gastos, según el método que se aplicó, donde el mejor tratamiento fue el de QuitoMax® aplicado mediante la combinación de embebición de la semilla y aspersión foliar (1 g L-1) (T6). 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 utilizados diferentes dosis y formas de aplicación del QuitoMax®, lo que demuestra el efecto positivo de la dosis utilizada.

**Tabla 6.** Análisis económico en el cultivo del maíz

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trat.** | **P.V****Maíz****(t)** | **Producción maíz** **(t ha-1)** | **Valor de la Producción****($ ha-1)** | **Costo de Producción** **($ ha-1)** | **Beneficio****($ ha-1)** | **Relación Beneficio/****Costo** | **Costo / peso****($ ha-1)** |
| **T1** | 2530,22 | 1,8 | 4554,4 | 240,00 | 4314,4 | 0,06 | 0,05 |
| **T2** | 2530,22 | 2,03 | 5136,3 | 260,80 | 4875,5 | 0,05 | 0,05 |
| **T3** | 2530,22 | 2,1 | 5313,5 | 250,40 | 5063,1 | 0,05 | 0,05 |
| **T4** | 2530,22 | 2,87 | 6400,7 | 260,80 | 6139,9 | 0,04 | 0,04 |
| **T5** | 2530,22 | 2,4 | 6072,5 | 250,40 | 5822,1 | 0,04 | 0,04 |
| **T6** | 2530,22 | 4,17 | 10551,01 | 281,60 | 10269,41 | 0,03 | 0,03 |
| **T7** | 2530,22 | 3.93 | 9943,8 | 260,80 | 9683 | 0,03 | 0,03 |

***P.V:*** precio de venta

T1- Control, T2-Embebición de la semilla 1 hora (1 g L-1), T3- Embebición 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- Embebición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L-1), T7- Embebición de la semilla y Aspersión foliar (0,5 g L-1)

## Discusión

El empleo de variables del crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz como indicadores eficientes, han dado muestras de su importancia para predecir y planificar cosechas en función de la producción esperada (Molnar *&* Precsenyi, 2000). En este sentido Vaz-Pereira (2015) en Huambo, Angola, demostró la existencia de correlaciones positivas entre algunos de estos caracteres y el rendimiento del cultivo del maíz.

El consumo de maíz en Cuba, generalmente se hace cuando los granos están en su estado “tierno” 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 *&* Pohlan, 2005).

Según Luna *et al*. (2015), la altura de la planta es un parámetro que depende en mayor medida de factores externos del medio, en este sentido los tratamientos con mayor altura de la planta tienen aplicación del bioestimulante Quitomax® en las formas combinadas, a las dos concentraciones estudiadas sin que presenten diferencias significativas entre ellos, lo que provocó su mayor crecimiento debido a las propiedades estimulantes del producto (Martínez *et al*., 2017).

El diámetro del tallo influye 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 *et al.,* 2018).

Este parámetro (DMM) presenta una marcada influencia en el rendimiento del maíz ya que con 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 *et al*., 2018).

El indicador altura de la mazorca superior muestra gran importancia, ya que la altura de las mazorcas 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 (Vargas, 2013), por tanto, en este caso es en este caso es bueno seleccionar los tratamientos de menor altura a la mazorca superior, o que tenga una buena relación con la altura de la planta.

Aunque no se conocen con exactitud los mecanismos por los que la quitosana estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas, se ha planteado que está involucrada en procesos fisiológicos, pues evita las pérdidas de agua por vía de la transpiración. En tal sentido, se ha demostrado la presencia del cierre estomático en plantas asperjadas con Quitomax®, lo que sugirió que el efecto estimulante del crecimiento, luego del cierre estomático podría estar relacionado con un efecto antitranspirante en la planta, señalándose, además, que la aplicación foliar de Quitomax® en papa redujo los efectos del estrés hídrico (Morales *et al.*, 2016).

Los resultados arrojados por el análisis económico concuerdan con los obtenidos por Boonlertnirun *et al*. (2008) en el cultivo de la fresa y Abdel-Mawgoud *et al*. (2010), en el cultivo del arroz, los cuales obtuvieron un incremento de los rendimientos entre un 20-30% después de la aspersión foliar y del tratamiento a las semillas con quitosana, respectivamente.

De acuerdo con Falcón *et al*. (2015), la aplicación de diferentes dosis de quitosana estimula los procesos fisiológicos en la planta y se incrementa el tamaño de las células, lo cual hace que aumente la absorción de nutrientes por la planta y aumenta su crecimiento y desarrollo, trayendo consigo un aumento en los rendimientos, lo cual se revierte en mayores ganancias.

El análisis de la valoración económica en este estudio demuestra que existe una factibilidad económica en la gestión productiva, lo que indica la posibilidad en la utilización de una estrategia con el manejo de dosis y formas de aplicación con este producto con el fin de incrementar los rendimientos en el cultivo del maíz. Esta alternativa representa un beneficio desde el punto de vista económico, social y medioambiental fundamentalmente en aquellas áreas sembradas con dificultades en el suministro de nutrientes, con el mínimo impacto posible sobre la producción.

El análisis económico concebido, 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 de eficiencia económica superiores.

#  Conclusiones

La aplicación de Quitomax® fue efectiva al aumentar algunos indicadores del crecimiento de plantas de maíz, siendo la combinación de la embebición de las semillas con la aspersión foliar de la quitosana a una concentración de 1 g L-1 con la que se obtienen los resultados más importantes. La mayor rentabilidad en cuanto a la utilización del Quitomax® se alcanza con el tratamiento que se combinó la embebición de la semilla y la aspersión foliar a una concentración de 1 g L-1 (T6), siendo el tratamiento donde se alcanzaron las mayores ganancias. Esto sugiere que la combinación de la forma de aplicación del Quitomax® es una opción recomendable para el cultivo del maíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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, V.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 sucesiones. [Tesis de Doctorado]. [Mayabeque]: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; 100 p.

Boonlertnirun, S., Boonraung, C., *&* Suvanasara, R. (2008). Application of Chitosan in Rice Production. Journal of Metals,Materials and Minerals, 18(2):47-52.

Boonlertnirun, S., Boonraung, C., & Suvanasara, R. (2017). Application of chitosan in rice production. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, *18*(2). Retrieved from http://jmmm.material.chula.ac.th/index.php/jmmm/article/view/310

Falcón, A.B., Costales, D., González-Peña, D., *&* Nápoles, M.C. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: Las Oligosacarinas. Cultivos Tropicales, 36 (No. especial): 11-129.

Falcón Rodríguez, Alejandro B, Costales Mené, Daimy, González-Peña Fundora, Dianevys, & Nápoles García, María C. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, *36*(Supl. 1), 111-129. Recuperado en 17 de mayo de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0258-59362015000500010&lng=es&tlng=es.

Falcón, A.B., Costales, D., Gónzalez, P.D., Morales, D., Mederos, Y., Jerez, E., *&* Cabrera, JC. (2017). Chitosans of different molecular weight enhance potato (S. tuberosum L.) yield in a field trial. Spanish Journal of Agricultural Research. 15 (1) e0902. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017151-9288>

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura. (1980). Los fertilizantes y su empleo. Guía de bolsillo para los extensionistas. 3ra Edición. Roma, 54 p.

Google Earth. 2015. Programa Googlearth.exe. Consultado [6-2015]. Disponible en: <<http://earth.google.es/showcase/>>.

Hernández, J.A., Pérez, J.J.M., *&* Bosch, I.D., & Castro SN. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 91 p.

Herrera, E.M.C., Toro, M., *&* López, D. (2016). Efecto de micorrizas nativas y fósforo en los rendimientos del maíz en Guárico, Venezuela. Temas Agrarios; 2: 21-31.doi:10.21897/rta. v21i2.898

Lecha, L., Paz, L., *&* Lapaniel, B. (1994). El clima de Cuba. Ed. Academia. La Habana. 186 p.

Leyva, A., *&* Pohlan, J. (2005). Agroecología en el trópico: Ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, como conservarla y multiplicarla. Aachen: Ediciones shaker verlang, 198 p.

Luna, R., Reyes, J.J., López, R., Reyes, M., Alava, A., Velasco, A., Álvarez, G., Castillo, H., Cedeño, D., *&* Macías, R. (2015). Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). Centro Agrícola, 42(4):11-19.

Martínez, L., Maqueira, L., Nápoles, M., *&* Núñez, M. (2017). Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*P. vulgaris* L.) biofertilizados. Cultivos Tropicales, 38 (2): 113-118.

MFP (Ministerio de Finanzas y Precios). (2016). Gaceta Oficial de la República de Cuba. Resolución No. 157/16 (GOC-2016-436-FX15), 19 p. ISSN: 1682-7511.

MINAG (Ministerio de la Agricultura). (2000). Guía Técnica para la producción del cultivo del maíz (Zea *mays* L) en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. Quivicán, La Habana, Cuba, 20 p. ISBN: 959-7111-11-X.

MINAG (Ministerio de la Agricultura). (2017). Carta tecnológica agrícola del cultivo del maíz y del frijol.

MINAG (Ministerio de la Agricultura). (2017). Manual de ficha de costos tecnológicas para la elaboración del plan anual de la economía. Dirección de contabilidad y precios. La Habana, 120 p.

Molnar, I., *&* Precsenyi, I. (2000). Changes on the diversity (species cover) of weed communities in maize fields in Eastern Hungary in 1994 and 1995. Novenytermeles*,* 49:81-87.

Morales, D., Dell’Amico, J., Jerez,E., Díaz, Y., *&* Martín, R.(2016). Effect of QuitoMax on crop growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L). CultivosTropicales, 37(1):142-147.

Paneque, P. V. M., Calaña, N. J. M., Calderón, V. M., Borges, B. Y., Hernández, G. T. C., *&* Caruncho, C. M. (2010). Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos [en línea]. Ed. Ediciones INCA, La Habana, Cuba, 157 p., ISBN 978-959-7023-51-7, [Consultado: 27 de enero de 2016], Disponible en: <<http://mst.ama.cu/578/>>.

Rabí, O. (1997). Comportamiento de una variedad de maíz de introducción. X Fórum de Ciencia y Técnica, IIHLD.

Ramos, B.L.R.**,** Montenegro, S. T. C.**,** *&* Pereira, **S.N. (2011). ‘**‘Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura’’. Revista Iberoamericana de Polímeros, **12(4):** 195–215

Reyes, P.J.J., Enríquez, A.E.A., Ramírez, A.M.A., Rodríguez, P.A.T., Lara, C.L., *&* Hernández., M.L.G. (2019). Evaluation of the growth, yield and nutritional quality of pepper fruit with the application of Quitomax®. Ciencias en Investigción Agropecuaria, 46 (1): 277-289.

Torres, R.J.A., Reyes, P.J.J., González, G.L.G., Jiménez, P.M., Boicet, F.T., Enríquez, A.E.A., Rodríguez, P.AT.,Ramírez, A.MA., *&* González, R.JCh. (2018). Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea mays*, L.) a la aplicación de Quitomax, Azofert y Ecomic. Biotecnia, 20(1):3–7.

Vargas, J., Zepeda, R., Arellano, J., Ávila, M., *&* 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.

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, INCA. Mayabeque, Cuba, 100 p.