

Uso de QuitoMax® en el crecimiento y desarrollo de ajo (*Allium sativum* L.)

*Use of QuitoMax® in the growth and development of garlic (*Allium sativum* L.)*

Annarellis Alvarez-Pinedo^{1,*}, Michel Soto-Izquierdo¹, Dariellys Martínez-Balmori², Humberto Izquierdo-Oviedo^{3†} y Iván Castro-Lizazo¹

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, annarellis@unah.edu.cu; ivanc@unah.edu.cu

² Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Habana, Cuba, dmbalmori@gmail.com

³ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba

* Autor para correspondencia: annarellis@unah.edu.cu

Fecha de recepción del manuscrito: 08/11/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 01/02/2022

Fecha de publicación: 30/06/2022

Resumen—La producción en Cuba de ajo (*Allium sativum* L.) es baja a pesar de que en este cultivo se consume una gran cantidad de fertilizantes químicos. Dentro de los bioestimulantes de producción nacional, con resultados beneficiosos en el crecimiento, rendimiento y la protección antiestrés en diferentes cultivos, se encuentra el QuitoMax®. De esta forma el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de QuitoMax® en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ajo clon ‘Criollo Víctor’ en condiciones de campo. Previa a la plantación manual en canteros, la “semilla” se desgranó y se realizó la inmersión de las mismas en diferentes concentraciones de QuitoMax® (1; 5 y 10 mg L⁻¹) y a los 50 días después de plantado (ddp) se realizó una aplicación foliar con estas mismas concentraciones, se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. Se evaluaron los indicadores altura de la planta, número de hojas y contenido de clorofilas a los 70; 90 y 110 ddp. A los 120 ddp se determinaron los diámetros del cuello y ecuatorial del bulbo, número de bulbillos, masa fresca y seca del bulbo, así como el calibre, firmeza y el rendimiento. La mayoría de los indicadores evaluados se incrementaron con el uso del bioestimulante, la dosis más promisorio de QuitoMax® resultó ser la de 10 mg L⁻¹. Este bioestimulante presenta potencialidades para insertarse en el sistema de producción del ajo.

Palabras clave—Ajo, Bioestimulantes, Productividad agrícola, Quitosana, Canteros.

Abstract—The production in Cuba of garlic (*Allium sativum* L.) is low despite the fact that a large amount of chemical fertilizers is consumed in this crop. Among the biostimulants of national production, with beneficial results in growth, yield and stress protection in different crops is QuitoMax®. In this way, the objective of this work was to evaluate the effect of the application of different doses of QuitoMax® on the growth and development of the Criollo Víctor clone garlic crop under field conditions. Prior to manual planting in flower beds, the “seed” was defatted and immersed in different concentrations of QuitoMax® (1; 5 and 10 mg L⁻¹) and 50 days after planting (ddp) was made a foliar application with these same concentrations, an experimental design of randomized blocks with four treatments and three replicas was used. The indicators height of the plant, number of leaves and chlorophyll content were evaluated at 70; 90 and 110 ddp. At 120 ddp the neck and equatorial diameters of the bulb, number of bulbs, fresh and dry mass of the bulb, as well as the caliber, firmness and yield were determined. Most of the indicators evaluated increased with the use of the biostimulant, the most promising dose of QuitoMax® was found to be 1 mg L⁻¹. This biostimulant has potential to be inserted in the garlic production system.

Keywords—Garlic, Biostimulants, Agricultural productivity, Chitosan, Beds.

INTRODUCCIÓN

Se conoce que el ajo (*Allium sativum* L.), al igual que la cebolla (*Allium cepa* L.), es una planta que tuvo su origen en Asia Central. En Cuba se informan áreas dedicadas a su cultivo desde principios del siglo XIX, constituyendo uno de los cultivos más utilizado como condimento por la población cubana (Casanova et al., 2013).

No obstante, en nuestro país los rendimientos son muy bajos a pesar de que en su sistema productivo se aplican altos

volumenes de fertilizantes minerales y plaguicidas, lo que pone en dudas la sostenibilidad de estas producciones (Casanova et al., 2013).

Las propiedades terapéuticas y usos del ajo (*Allium sativum* L.) se conocen desde hace más de 3000 años, aunque se remite su uso desde 4000 años a.c. Esta planta hortícola milenaria es cultivada y consumida en todo el mundo, ya sea en la preparación de una infinidad de platillos o como componente de muchas recetas farmacéuticas (Casanova et al., 2013). En el mundo se cultivan más de 1 250 000 ha con una produc-

ción de 12 millones de toneladas y un rendimiento de 11,89 t ha⁻¹. Los países de mayor producción de esta Aliácea son: China, India, Corea del Sur y España; y en Latinoamérica se destacan Argentina, Chile y México (FAOSTAT, 2017).

La reducción del uso de agroquímicos en un sistema productivo puede lograrse con la introducción de bioestimulantes los cuales incrementan el crecimiento y desarrollo de las plantas debido a la capacidad de mejorar la eficiencia de las plantas en la absorción y asimilación de nutrientes y la tolerancia a condiciones de estrés biótico y abiótico (Pupo *et al.*, 2016).

El Grupo de Productos Bioactivos (GPB) del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ha estudiado un bioestimulante líquido a base de polímeros de quitosana obtenidos de quitina presente en el exoesqueleto de langosta cubana (*Panulirus regius* B.), cuyo nombre comercial es QuitoMax® (Falcón-Rodríguez *et al.*, 2015).

Este producto de producción nacional ha sido introducido y extendido en varios cultivos, fundamentalmente en granos y solanáceas de importancia económica, con resultados beneficiosos en el desarrollo, los rendimientos y la protección antiestrés (Du Jardin, 2015).

La aplicación de QuitoMax® en los sistemas productivos permite la estimulación de la germinación, el crecimiento y desarrollo de las plantas, a la vez que activan mecanismos de defensa en las mismas, los cuales están estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistemática al ataque de microorganismos (Morales *et al.*, 2016). Investigaciones relacionadas con el uso de QuitoMax® en el cultivo del ajo son escasas. Es por ello que en este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de QuitoMax® en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ajo clon ‘Criollo Víctor’ en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Finca “La Jaula”, perteneciente al municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque. Se utilizaron “semillas” de ajo (*Allium sativum* L.) clon ‘Criollo Víctor’, proporcionados por un productor de San Nicolás de Bari. La plantación se realizó en canteros que contenía un suelo Pardo sialítico, según la clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015).

Los canteros se conformaron con el estiércol vacuno y suelo Pardo sialítico, utilizando 50% de cada uno, mezclando homogéneamente antes de levantar los mismos, con una dimensión de 20 m de largo; 1,40 m de ancho y 0,30 m de altura, se utilizaron cuatro canteros. Las “semillas” se plantaron manualmente con una densidad de plantación de 4 hileras a 20 cm x 10 cm entre plantas. Las atenciones culturales se realizaron según el Manual de Organopónico y Huertos Intensivos (INIFAT, 2010).

Las “semillas” se embrieron 24 horas en soluciones de QuitoMax® a concentraciones de 1; 5 y 10 mg L⁻¹ y en agua (tratamiento control) antes de la plantación. A los 50 días después de plantado (ddp) se realizaron aplicaciones foliares con las mismas concentraciones del bioestimulante, utilizando el grupo de plantas control con agua, para un total de cuatro tratamientos. Durante todo el experimento se realizó en días alternos el riego con regadera de 10 L de capacidad

y la eliminación de plantas arvenses mediante el escarde manual. Se utilizó el formulado de quitosano, conocido como QuitoMax® (RCF 010/17, Registro Central de fertilizantes de Cuba) es un bioestimulante líquido a base de polímeros de quitosano y sales químicas, que es obtenido por el Grupo de Productos Bioactivos del INCA (Falcón-Rodríguez *et al.*, 2015).

A los 70; 90 y 120 días después de plantado (ddp) el ajo, fueron evaluados los indicadores altura de las plantas, número de hoja. Se cuantificó a los 90 y 120 ddp con un medidor portátil modelo SPAD-502, Minolta el contenido de clorofilas. Las unidades SPAD (Soil Plant Analysis Development) obtenidas son proporcionales al contenido de clorofilas en las hojas. La cosecha se realizó a los 120 ddp, se seleccionaron 10 plantas al azar de cada tratamiento y repetición, para determinar los indicadores: diámetro del cuello del bulbo (cm), diámetro ecuatorial del bulbo (cm), número de bulbillos, masa fresca y seca del bulbo (g).

Además se determinó el rendimiento (t ha⁻¹) y se realizó la valoración económica con la evaluación de los indicadores: Costo de producción ($\$ha^{-1}$, valor de la producción (ha¹), Beneficio (ha⁻¹) y relación Beneficio/Costo (B/C) (Trujillo *et al.*, 2007) y con el uso de la información básica del listado oficial de precios del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA, 2021) y del Ministerio de la Agricultura (MINAG, 2021) para el precio del QuitoMax® (30,00 $\$ha^{-1}$) y el precio de venta del ajo (13,50 $\$/lb^{-1}$) respectivamente.

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. Los datos fueron tabulados y graficados utilizando la herramienta Excel de Microsoft Office (2019), estos datos se procesaron mediante un Análisis de Varianza de Clasificación Simple (ANOVA) y la comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 95% de confianza cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos, se empleó el paquete estadístico STATGRAPH Versión 5.1.

RESULTADOS

En la figura 1 se muestran los resultados para el indicador altura de la planta a los 70, 90 y 110 días después de plantado el cultivo del ajo.

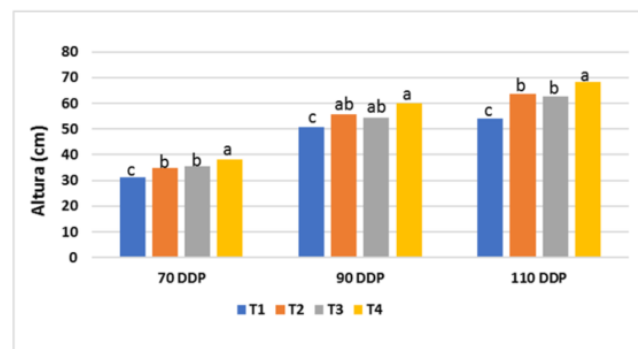


Fig. 1: Altura de las plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulante del crecimiento QuitoMax®, evaluadas a los 70, 90 y 110 días después de plantado (ddp) donde T1: Control, T2: 1 mg L⁻¹, T3: 5 mg L⁻¹ y T4: 10 mg L⁻¹. CV (70)=7,39%, Sx=0,33; CV (90)=7,30%, Sx=1,17; CV(110)=8,38%, Sx=1,02. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%.

En la figura 2 se presentan los resultados para el indicador número de hojas a los 70, 90 y 110 días después de plantado el cultivo de ajo.

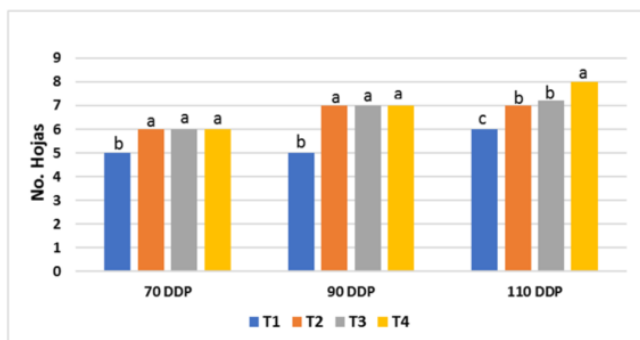


Fig. 2: Número de hojas de las plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulador del crecimiento QuitoMax®, evaluadas a los 70, 90 y 110 días después de plantado (DDP) donde T1: Control, T2: 1 mg L⁻¹, T3: 5 mg L⁻¹ y T4: 10 mg L⁻¹. CV(70)=9,32 %, Sx=0,11; CV(90)=13,67 %, Sx=0,20; CV(110)=10,23 %, Sx=0,15. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95 %.

En la figura 3 se presenta el contenido de clorofilas en las hojas, pigmentos encargados de la captación de la energía lumínica y su conversión en energía química (fotosíntesis), de plantas de ajo tratadas con diferentes dosis del bioestimulante QuitoMax® a los 90 y 110 días después de plantado.

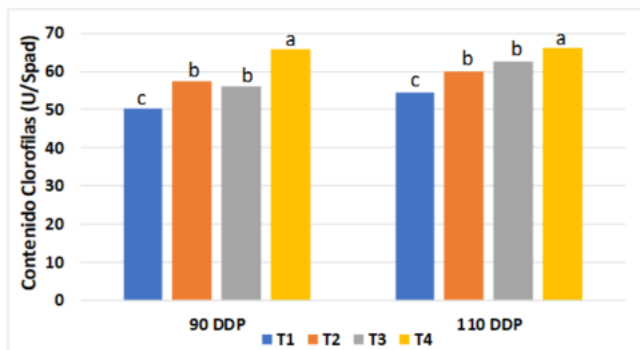


Fig. 3: Contenido de clorofilas en hojas de plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulador del crecimiento QuitoMax® a los 90 y 110 días después de plantado (DDP) donde T1: Control, T2: 1 mg L⁻¹, T3: 5 mg L⁻¹ y T4: 10 mg L⁻¹. CV=6,62 %, Sx=5,80; CV=7,21 %, Sx=4,75. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95 %.

Tabla 1: Diámetro ecuatorial del bulbo y número de bulbillos de plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratados con diferentes concentraciones del bioestimulante QuitoMax®.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial del bulbo (cm)	Número de bulbillos
T1	2,768 c	17,8 ab
T2	3,454 ab	19,8 c
T3	3,100 bc	20,6 a
T4	3,684 a	23,2 bc
Sx	0,09	1,406
CV (%)	0,35	1,22

En la figura 4 se presentan los resultados para los indicadores masa fresca y seca de los bulbos de plantas de ajo tratadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®.

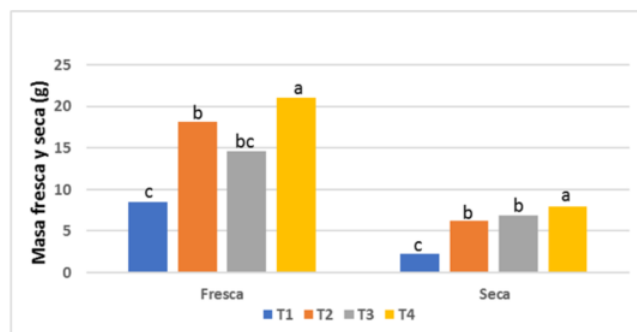


Fig. 4: Masa fresca y seca de bulbos de las plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulador del QuitoMax® donde T1: Control, T2: 1 mg L⁻¹, T3: 5 mg L⁻¹ y T4: 10 mg L⁻¹. CV=11,14 %, Sx=1,44; CV=12,36 %, Sx=0,41. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95 %.

En la Tabla 2 se presenta el rendimiento agrícola del ajo clon ‘Criollo Víctor’ en cada uno de los tratamientos.

Tabla 2: Rendimiento de la producción de ajo cultivar ‘Criollo Víctor’ y valoración económica del uso de concentraciones de QuitoMax®.

Tratam.	R (t ha ⁻¹)	Vp (\$ ha ⁻¹)	Cp (\$ ha ⁻¹)	B (\$ ha ⁻¹)	B/C
T1	1,55	1,89	1,63	0,26	0,16
T2	4,45	5,40	1,76	3,64	2,07
T3	6,05	7,43	1,72	5,58	3,01
T4	7,05	8,64	1,85	6,92	4,02

DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestran los valores de altura de la planta, a los 70 y 110 DDP donde el T4 fue el que alcanzó mejor altura, seguido de T2, T3 y T1. A los 90 DDP no existieron diferencias significativas entre T4, T3, T2, siendo el menor valor el de T1. De manera general, en todos los momentos de evaluación el uso de las diferentes concentraciones de QuitoMax® incrementa significativamente este indicador.

Estos valores de altura de la planta se encuentran dentro del rango de valores informados en la literatura para otros clones de ajo (Argüello et al., 2006; Fawzy et al., 2012). Sin embargo, Izquierdo† y Gómez, 2012 informaron un rango de 28,5-29,5 cm para la altura del follaje en el clon ‘Criollo-9’. Según estos autores en Cuba se conocen diferentes clones con el término “Criollo”, los que se fueron mezclando a través del tiempo lo que explicaría los resultados de este trabajo, ya que en esta investigación se trabajó con el clon ‘Criollo Víctor’.

En la figura 2 se presentan los resultados para el indicador número de hojas a los 70 y 90 DDP los tratamientos T4, T3 y T2 no existieron diferencias significativas entre ellos, pero sí en cuanto al T1. A los 90 ddp se alcanzó el número máximo posible de hojas emitidas, ya que a partir de este momento los asimilatos de las hojas se traslocan hacia la formación

del bulbo. Entre los 30-60 días después de plantado ocurre el crecimiento intenso de las hojas.

A los 110 días después de plantado el cultivo de ajo, todas las concentraciones de QuitoMax® ensayadas fueron significativamente superiores al control en los tres momentos de evaluación, a excepción de la concentración del control (T1). Los valores obtenidos en este trabajo de 8 hojas a los 110 ddp, para los tratamientos con QuitoMax®, son inferiores a los informados por otros autores (Argüello *et al.*, 2006), quienes informaron que con bulbillos de la variedad 'Chinese' tratados con Chito-Care®, un producto comercial de quitosana de Egipto, obtuvieron valores de número de hojas entre los 7,50-7,75 a los 120 ddp el cultivo. No obstante, el aumento del número de hojas con el uso del bioestimulante de quitosana, posibilitaría un aumento del área foliar en estas plantas permitiendo hacer un uso más eficiente de las radiaciones solares y por consiguiente incrementar aquellos procesos dependientes de la luz como por ejemplo la fotosíntesis.

En la figura 3 se presenta el contenido de clorofilas en las hojas, de plantas de ajo tratadas con diferentes dosis del bioestimulante QuitoMax® a los 90 y 110 días después de plantado se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con respecto al tratamiento control T1, es posible apreciar un incremento gradual de unidades SPAD a medida que aumenta la concentración del bioestimulante QuitoMax®.

Los valores de unidades SPAD encontrados en este trabajo son inferiores a los informados por otros autores (Izquierdo† y Gómez, 2012), quienes informan valores en un rango de 69,4-75,2 unidades SPAD en hojas de plantas de ajo, variedad 'Sids 40', tratadas con bioestimulantes a través de aspersión foliar. Estos autores realizaron tres aplicaciones foliares de los bioestimulantes a los 30, 60 y 90 días después de plantado el ajo y en la primera campaña (2013-2014) verificaron una estimulación del contenido de clorofilas con el uso de los bioestimulantes, ya en la segunda (2014-2015) no se encontraron diferencias entre los tratamientos.

Este comportamiento de un mayor contenido de pigmentos fotosintéticos a los 90 y 110 DDP, se corresponde con los resultados obtenidos por Oliveira *et al.*, (2018). Estos autores evaluaron las características morfofisiológicas y productivas de 20 accesiones de ajo 'Amarante', del Banco de Germoplasma Vegetal de la Universidad Federal de Viçosa en Brasil, y reportan valores de unidades SPAD entre 48,83-56,62 a los 87 DDP y entre 56,41-66,97 a los 114 DDP. También señalan la importancia de la acumulación de fotoasimilados en el seudotallo para su posterior traslocación a los bulbillos, e indican que el aumento en peso seco de los bulbos de accesiones con altas producciones se explica por la traslocación de asimilados y no por la tasa de asimilación neta del bulbo. En este sentido, el incremento del contenido de clorofilas a los 90 DDP (Figura 3) con el uso del QuitoMax® pudiera ser indicativo de un incremento de fotoasimilados, y por consiguiente de la producción de biomasa.

La fase de llenado del bulbo y la diferenciación de los bulbillos, las que ocurren al mismo tiempo, dependen del crecimiento de la parte aérea (Argüello *et al.*, 2006), aspecto este que se verifica en los resultados obtenidos en nuestro trabajo para el indicador diámetro ecuatorial del bulbo presentados en la Tabla 1, en la que se observa un incremento

de dichos indicadores con el uso del polímero de quitosana QuitoMax®.

Los valores del diámetro ecuatorial del bulbo se encuentran dentro del rango, informados en la literatura para este clon (Izquierdo† y Gómez, 2012) y son superiores a los obtenidos por Pupo *et al.*, (2016) en la campaña 2013-2014, quienes aplicaron los productos FitoMas-E® y Ecomic®, el primero mediante aspersiones foliares y el segundo a través del recubrimiento de las "semillas". El aumento de este indicador en plantas cultivadas con bioestimulantes se ha informado por varios autores (Burba, 1997; Shafeek *et al.*, 2015; Pupo *et al.*, 2016). Con la aplicación del QuitoMax® pudiera tener una implicación comercial y económico importante una vez que el bulbo es el atributo comercial de este cultivo.

La calidad del bulbo puede ser medida a través del calibre, que es una clasificación atendiendo al diámetro ecuatorial del bulbo (MINAG, 2021). Según el rango de valores informados por Izquierdo† y Gómez, (2012) para el diámetro ecuatorial del bulbo (34-39 mm), el calibre de los bulbos de este clon puede ser tanto de 3 como de 4, lo que se corresponde con nuestros resultados ya que bulbos con calibre 5 no fueron encontrados. El porcentaje de bulbos con calibre 4 solamente se presenta en las plantas tratadas con las dosis del bioestimulante QuitoMax®, permitiendo los porcentajes de 19,8; 20,6 y 23,2 para las concentraciones de 1 mg L-1(T2), 5 mg L-1(T3) y 10 mg L-1 (T4), respectivamente.

En cuanto al número de bulbillos, nuestros resultados se corresponden con el rango de valores informados en la literatura (15 a 30 bulbillos) para el clon 'Criollo' (Zaki *et al.*, 2014). Es necesario señalar que los tratamientos con un menor número de bulbillos (T2 y T3) se corresponden con bulbillos de mayor tamaño.

Aunque el aumento del contenido de clorofilas (Figura 3) no es indicativo de un aumento del proceso fotosintético, el efecto de la quitosana pudiera atribuirse a un aumento de enzimas claves del metabolismo del nitrógeno (N), como por ejemplo el nitrato reductasa y glutamina sintetasa participantes en la reducción del NO₃- y la asimilación del NH₄⁺ respectivamente. También pudiera elevarse la actividad respiratoria producida por un aumento de sustratos respiratorios emergentes de la fotosíntesis. El beneficio en la fotosíntesis y la respiración con el uso de QuitoMax® traería como consecuencia un incremento en la producción de biomasa.

El bulbo es el órgano donde se acumulan las sustancias nutritivas (Zaki *et al.*, 2014), las que provienen del proceso fotosintético, por consiguiente, la masa seca del bulbo dependerá del desarrollo de la parte aérea (MINAG, 2021), que en nuestro trabajo (Figuras 1-3) fue beneficiada con el uso de las diferentes dosis del bioestimulante. En la figura 4 se presentan los resultados para los indicadores masa fresca y seca de los bulbos de plantas de ajo tratadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®. Para el indicador masa fresca el tratamiento con el mayor valor (T4), seguido de los tratamientos T2 y T3 superaron significativamente al control.

Los valores de masa fresca del bulbo (8,5-21,10 g) se encuentran por debajo de los informados por Izquierdo y Gómez, (2012) de 28,4-37 g para este clon. Así como también a los obtenidos por Fawzy *et al.*, (2012) en las campañas 2009-2010 (49,22-51,23 g) y 2010-2011 (47,34-48,42 g) con ajo de la variedad 'Chinese' tratados con un producto comercial de quitosana, Chito-Care®.

No obstante, se encuentran dentro del rango de valores informados por Pupo et al., (2016) en las campañas 2011-2012 (18-23 g) y 2013-2014 (8-11 g). Estos autores justifican la diferencia encontrada entre las campañas a las condiciones climáticas imperantes y debido a la incidencia de *Thrips tabaci* L. (índice de infección del 25 % en la campaña 2013-2014). Para el indicador masa seca si se encuentran diferencias significativas, siendo los tratamientos con QuitoMax® de 1; 5 y 10 mg L-1 superiores al tratamiento control, exhibiendo la concentración de 10 mg L-1 el valor más elevado de masa seca. Este comportamiento, en general, se corresponden con los resultados del contenido de clorofilas a los 90 y 110 DDP (Figura 3).

Según Zaki et al., (2014) ocurre una pérdida de masa en el bulbo después de curado y que esta pérdida varía en función del clon de ajo.

Para el caso de la masa seca, este indicador no es de los que usualmente se reportan en los trabajos consultados acerca del uso de bioestimulantes en el cultivo del ajo. Los valores obtenidos en este trabajo para este indicador son comparables a los reportados por Oliveira et al., (2018) para 20 accesiones de ajo 'Amarante'.

La utilización de las diferentes dosis de QuitoMax® provocó un aumento de los indicadores altura de la planta, número de hojas, contenido de clorofilas, diámetro del bulbo y masa fresca del bulbo, estos dos últimos atributos son de gran importancia para la comercialización y consumo de este producto agrícola.

En la Tabla 2 se presenta el rendimiento agrícola del ajo clon 'Criollo Víctor' en cada uno de los tratamientos. Como se observa con el uso del QuitoMax® se obtiene un mayor rendimiento, que en efecto el tratamiento de la concentración de 10 mg L-1 fue el de mayor valor. A excepción del tratamiento control, con el cual se obtuvo un bajo rendimiento con un valor menor al de la media informada en el país, que es de 2 t ha-1 (Casanova et al., 2013), el resto de los tratamientos exhiben rendimientos entre las 4 y 7 t ha-1, rango que informaron Muñoz et al., 2010 para los clones más utilizados en el país ('Criollo' y 'Vietnamita') y las condiciones edafoclimáticas de Cuba.

Los rendimientos obtenidos en este trabajo están por debajo del potencial informado para el clon 'Criollo-9' de 16,8 t ha-1 (Izquierdo† y Gómez, 2012) y para el cultivar 'HOV-1' proveniente de Vietnam de 11,9 t ha-1 (Izquierdo†, 2017). No obstante, son superiores a los obtenidos por otros autores (Pupo et al., 2016), quienes evaluaron la influencia de un biofertilizante y un bioestimulante obtuvieron rendimientos entre las 3,65-4,54 t ha-1 en la campaña 2011-2012 y entre las 1,71-2,10 t ha-1 en la campaña 2013-2014. Es posible que los rendimientos obtenidos en este trabajo estén condicionados por el clon, la densidad de población, así como las condiciones del cultivo.

Es conocido que la aplicación de fertilizantes químicos incrementa el crecimiento y la productividad de los cultivos, sin embargo, la eficiencia en la absorción y uso de los nutrientes a veces es limitada y esta situación pudiera ser revertida con el uso de bioestimulantes. El QuitoMax® podría ser una alternativa para la sostenibilidad de la producción de ajo en nuestro país, en la que se aplican altos volúmenes de insumos para el manejo de plagas y fertilización (Falcón-Rodríguez et al., 2015).

Los resultados de la relación B/C (tabla 2) indican que con el tratamiento control (T1) donde no se empleó el bioestimulante no hay ganancia alguna, que con el uso de la dosis de 1 mg L-1 (T2) se obtiene una ganancia del 100 % (B/C=2), mientras que con los tratamientos T4 y T3, concentración de QuitoMax® de 5 y 10 mg L-1, respectivamente, las ganancias son bien notables (Trujillo et al., 2007).

Nuestros resultados indican que el QuitoMax® en cualquiera de las concentraciones ensayadas fue efectivo en la productividad biológica y agrícola del ajo en las condiciones edafoclimáticas de esta investigación, por lo que pudiera implementarse su uso como una alternativa agroecológica para los fertilizantes químicos. El uso del QuitoMax® constituiría un ahorro considerable de divisas, al disminuir la importación de fertilizantes químicos, además de contribuir con el medioambiente al reducir la carga tóxica que la aplicación de estos últimos conduce.

CONCLUSIONES

La aplicación de las diferentes concentraciones del bioestimulante QuitoMax® incrementó significativamente los indicadores de productividad biológica y productivos del ajo evaluados. La concentración de 10 mg L-1 resultó la de valores más promisorios.

El rendimiento del ajo se beneficia con el uso del bioestimulante QuitoMax®.

El QuitoMax® constituye una alternativa económicamente viable para la producción de ajo.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización, AP, MS, DM, HI†, IC; metodología, AP, DM y HI†; análisis formal, AP, DM y HI†; investigación, AP, MS, DM y HI†; recursos, AP, DM y HI†; curación de datos, AP, MS, DM y HI†; redacción y preparación del borrador original, AP, DM y HI†; redacción, revisión y edición, AP.

FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado con financiamiento propio y por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con el Proyecto: Mejoramiento genético del ajo para mitigar los efectos adversos del clima y contribuir a la seguridad alimentaria con resolución P131LH001308.

REFERENCIAS

Argüello, J.A., Ledesma, A., Nuñez, S.B., Rodríguez, C.H., Díaz, M.C.G. (2006) Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield and quality of Rosado Paraguayo Garlic Bulbs. HortScience 41(3): 589-592.

Burba, J.L. (1997). Obtención de nuevos cultivares de ajo. En: Burba, J.L. (ed.), pp. 49-56. Cincuenta Temas Sobre la Producción Ajo. Volumen 2. La Consulta, Mendoza, Argentina. Casanova, S., Moreno, V., León, M., Igarza, A., Duarte, C., Jimenez, I., Santos, R.,

Navarro, A. (2013). Manual para producción protegida de hortalizas (I). Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana

Dimitrova. MINAGRI. Viceministerio de Cultivos Varios, La Habana, Cuba.

Du Jardin, P. (2015). Review. Plant bioestimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196, pp: 3–14.

Falcón-Rodríguez, A.B., Costales, D., González Peña, D., Nápoles, M. C. (2015). Reseña bibliográfica Nuevos Productos Naturales para la Agricultura: Las Oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. especial, pp. 111-129, ISSN: 1819-4087.

FAOSTAT (2017). Anuario de Producción de la FAO. Fecha de Búsqueda: 2 de febrero de 2019. Fawzy, Z.F., El-Shal, Z.S., Yunsheng, L., Zhu, O., Sawan, O.M. (2012). Response of Garlic (*Allium Sativum*, L.) Plants to Foliar Spraying of Some Bio-Stimulants Under Sandy Soil Condition. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(2): 770-776.

Hernández, A. J; Pérez, J.M.J., Bosch, D.I., Castro, N.S. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA, Cuba 2015. ISBN: 978-959-7023-77-7. 93p.

INCA. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (2021). Ficha de costo QuitoMax®. Departamento de Economía. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

INIFAT: Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. (2010). Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. Ciudad de La Habana. Cuba. ACTAF, p. 6-23.

Izquierdo†, H. (2017). New cultivar report ‘HOV-1’, an introduced garlic clone of Vietnam and adapted to cuban climate. *Cultivos Tropicales*, 38(4), p131.

Izquierdo†, H. and Gómez, O. (2012). Informe de variedades ‘Criollo-9’, un cultivar de ajo resistente a las enfermedades fitopatógenas y elevado potencial de rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 33 (2), p. 68.

MINAG. Ministerio de la Agricultura. 2021. Listado oficial de precios de semillas. Empresa Comercializadora de semillas Mayabeque, 11 p.

Morales, D.G.; DellAmico, J.; Jerez, E.; Díaz, Y. y Martín, R. (2016). Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(1): 142-147.

Muñoz, L., Almaguel, L., Benítez, M.; Brito, G., Cáceres, I., Castellanos J.J., Fraga, S., Gil, J.F., López, M. Prats, A. (2010). El cultivo y Mejoramiento de la producción de ajo en Cuba. *Agricultura Orgánica*, 1: 18-21.

Oliveira, N.L.C, Puiatti, M., Finger, F.L., Fontes, P.C.R, Cecon, P.R., Moreira, R.A. (2018). Growth and yield of ‘Amarante’ garlic accessions. *Rev. Ceres*, Viçosa, 65(6):481-490.

Pupo, C.F., Ramírez, G.G., Carmentate, O.F., Peña, L.M., Pérez, V.L., Rodríguez, E. (2016). Respuesta del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) a la aplicación de dos bioproductos en las condiciones edafoclimáticas del centro este de la provincia Las Tunas, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 37(4): 57-66.

Shafeek, M.R., Ali, A.H., Mahmoud, A.R., Hafez, M.M., Rizk, F.A. (2015). Improving Growth and Productivity of Garlic Plants (*Allium sativum*L.) as Affected by the Addition of Organic Manure and Humic Acid Levels in Sandy Soil Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4 (9): 644-656.

Trujillo, C.; Cuesta, E.; Díaz, I.; Pérez, R. (2007). Libro de texto Economía Agrícola para las carreras de Agronomía e Ingeniería Agropecuaria. Universidad Agraria de la Habana. 334 p.

Zaki, H.E.M., Toney, H.S.H., AbdElraouf R.M. (2014). Response of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.) to inorganic and organic fertilization. *Nature and Science*, 12(10):52-60.