



Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Agropecuarias



Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo



Título: Evaluación del uso del bioestimulador QuitoMax® en el rendimiento biológico del ajo (*Allium sativum* L.) en condiciones de organopónico.

Autor: Alejandro Aquino Arencibia.

Tutor: Dr.C. Enildo Abreu Cruz.

Junio, 2018.

Declaración de Autoridad.

Declaro que yo, Alejandro Aquino Arencibia soy el único autor de este Trabajo de Diploma, en calidad de lo cual autorizo a la Universidad de Matanzas hacer uso del mismo con la finalidad que estime pertinente.

Firma

Dedicatoria

Yo dedico esta tesis en especial a mi madre Anabel Arencibia González y a mi padre Jorge Félix Aquino Pareja, por haberme sido de incondicional apoyo en todo este tiempo que me mantuve cursando en la universidad, por guiarme hacia el camino del estudio y ser los principales pilares que me han sostenido en cada momento que yo haya necesitado.

A mi hermana Anet Aquino Arencibia por brindarme de su ayuda cada vez que necesite de ella y por siempre estar a mi lado apoyándome en cada momento de mi vida.

A mi abuela Tomasa González Carmenáte que estoy seguro que se sentiría muy orgullosa de mí en este momento.

A mi tutor Enildo Abreu Cruz que sin él no hubiese podido culminar este trabajo y por brindarme su amistad y conocimientos durante todo este tiempo.

A mi novia, a su familia y amigos por darme todo su amor y apoyo que me han brindado en cada momento.

A todas esas personas que estuvieron junto a mí, ayudándome a elaborar este trabajo para que adquiriera la calidad requerida.

Agradecimientos

A mi madre Anabel Arencibia González, a mi padre Jorge F. Aquino Parejas y mi hermana Anet Aquino Arencibia porque sin ellos yo no hubiese tenido la oportunidad de cursar en la universidad y por ser la principal motivación que he tenido todos estos años.

A este hermoso país que me ofreció la oportunidad de superarme para lograr mis metas.

A Enildo Abreu Cruz por haber aceptado ser mi tutor y haberme ofrecido su ayuda y amistad en todo momento.

A la profesora Liddrey Torres Hernández que siempre ha sido una gran amiga, profesora y me ha brindado su ayuda en todo momento.

Al profesor Yunel Pérez Hernández que me ofreció su ayuda a la hora de realizar los análisis de laboratorio y por ser un gran amigo.

Al profesor Sergio por todas sus enseñanzas y ser un gran amigo.

Al profesor Agustín Berubides por su amistad y haber sido un gran ejemplo de superación.

A la profesora Dania Núñez Sosa por ser una gran profesora y por siempre ser tan cariñosa y carismática conmigo.

A las profesoras de botánica Yamile y Lenia por haberme dado una espectacular bienvenida en mi primer año en la carrera y haberme enseñado a valorarla y amarla.

A mi novia Brenda Rosales Medina, mi suegra Idania Medina y a María Sosa ya que han sido como una segunda familia para mí y por brindarme su amor y apoyo.

Al profesor Ramón Liriano por haber compartido sus amplios conocimientos y haber sido un gran profesor y amigo en esta trayectoria final.

A cada profesor del claustro que conforma la carrera de agronomía que me brindó de una forma u otra tiempo, dedicación y amistad para que yo lograra llegar hasta el final con los conocimientos necesarios para lograr ser un profesional. A todas esas personas mis más sinceras gracias.

Pensamiento

“Un pueblo que no logra producir su propio alimento, es un pueblo esclavo. Esclavo y dependiente de otro país que le provee las condiciones de sobrevivencia”.

José Martí.

Opinión del Tutor

El trabajo presentado por el diplomante Alejandro Aquino Arencibia titulado: Evaluación del uso del bioestimulador QuitoMax® en el rendimiento biológico del ajo (*Allium sativum* L.) en condiciones de organopónico, fue el resultado de un profundo y constante trabajo científico. En la actualidad el uso de bioproductos en la agricultura constituye una alternativa para asegurar la sustentabilidad y productividad de las hortalizas en condiciones de organopónico, lo cual es de vital importancia para fortalecer los procesos fisiológicos y bioquímicos en las primeras etapas del desarrollo vegetativo para lograr una mejor respuesta productiva con un mínimo de costo económico y medio ambiental.

El interés, seriedad, laboriosidad y responsabilidad demostrada por el estudiante durante el desarrollo del trabajo permitió el satisfactorio cumplimiento de los objetivos propuestos y el aporte de valiosos resultados para la producción de hortalizas.

Es de destacar el esfuerzo, la perseverancia y la dedicación del aspirante en la realización de las diferentes etapas de la investigación sobretodo en la etapa de evaluación en el campo donde desarrolló un grupo de habilidades de forma independiente, lo cual permitirá desempeñarse como futuro Ingeniero Agrónomo.

En calidad de tutor de este trabajo le solicito al tribunal que sea aceptado el mismo como ejercicio de culminación de estudios para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

Tutor: Dr. C. Enildo Abreu Cruz

Resumen

La investigación se desarrolló en el organopónico perteneciente a la Granja Urbana, situado en la Universidad de Matanzas en el período comprendido entre enero - abril del 2018. El trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del QuitoMax® sobre el rendimiento biológico del cultivo del ajo variedad "Chileno" con el empleo de tres dosis diferentes T2 (100 mg.ha⁻¹), T3 (150 mg.ha⁻¹) y T4 (200 mg.ha⁻¹). El experimento se desarrolló en canteros sobre un sustrato conformado por un 80% de suelo y 20% de materia orgánica, dispuestos en un diseño completamente aleatorizado los cuatro tratamientos evaluados. Se realizaron muestreos a los 30 y 60 días después de plantado el cultivo para determinar las variables agromorfológicas: número de hojas, altura de las plantas y diámetro de la base del bulbo y en el momento de la cosecha, se midieron las variables del rendimiento: el peso del bulbo, ancho ecuatorial y polar del mismo y el número de dientes. Se determinaron los indicadores bioquímicos como el contenido de proteínas solubles totales, azúcares reductores y carbohidratos solubles totales. El comportamiento de los indicadores morfológicos, bioquímicos y del rendimiento, no permitieron definir de manera significativa un efecto estimulador del QuitoMax®, en las dosis evaluadas, sobre el rendimiento biológico del cultivo del ajo respecto al tratamiento control, en las condiciones del estudio establecidas. En las variables altura de las plantas y número de hojas se evidenció una respuesta positiva del cultivo en el periodo de mayor crecimiento con la mejor respuesta en la dosis de 150 mg.ha⁻¹.

Palabras claves: QuitoMax®, rendimiento, ajo.

INDICE	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. REVISION BIBLIOGRÁFICA.	4
2.1. El cultivo del ajo (<i>Allium sativum</i> L.).	4
2.1.1. Origen y distribución del ajo (<i>Allium sativum</i> L.).	4
2.1.2. Clasificación taxonómica.	4
2.1.3. Descripción morfológica del cultivo.	4
2.1.4. Composición química.	5
2.1.5. Importancia económica del cultivo.	6
2.1.6. Producción mundial y en Cuba.	6
2.1.7. Factores edafoclimáticos del cultivo:	6
2.1.7.1. Fotoperiodo.	6
2.1.7.2. Temperatura.	7
2.1.7.3. Humedad.	8
2.1.7.4. Suelos.	9
2.2. Bioestimulante QuitoMax®.	9
2.2.1. El QuitoMax®, un bioestimulante para la agricultura.	9
2.2.2. Regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas.	11
III. MATERIALES Y METODOS.	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	17
V. CONCLUSIONES.	30
VI. RECOMENDACIONES.	31
VII. BIBLIOGRAFIA.	32

I. INTRODUCCIÓN.

El ajo (*Allium sativum*, L.) es una de las plantas hortícolas más antiguas cultivadas por el hombre, es originario del Asia Central y del Mediterráneo. Esta hortaliza ocupa el segundo lugar en importancia en el ámbito mundial dentro de las especies del género *Allium* después de la cebolla (*Allium cepa* L.), con una producción mundial que supera los 16 417 034 t (Huez *et al.*, 2010). Entre los principales países productores y exportadores de esta hortaliza en el ámbito mundial, se encuentran, México, España, Italia, China, Egipto, India, Rumania, Francia, Estados Unidos y Brasil (Pérez *et al.*, 2003; Huez *et al.*, 2010).

Fue introducida en América por los españoles después del descubrimiento. Era ampliamente utilizado por los romanos, griegos, egipcios no sólo como alimento, sino también como medicamento. En Cuba se reportan áreas dedicadas a su cultivo desde principios del siglo XIX y ha constituido una de las especies hortícolas de más utilización por la población cubana, fundamentalmente como condimento de los alimentos (Marrero *et al.*, 2009; Anónimo 2006).

Las áreas dedicadas actualmente a la siembra de este cultivo en el país, están alrededor de 124 600 hectáreas anuales y se producen cerca de 1 437 100 toneladas (ONEI, 2014). Aun cuando la fertilización de este cultivo se realiza, por lo general, con fertilizantes minerales, sus rendimientos históricos son bajos de dos a seis t.ha⁻¹, en comparación con los obtenidos en otros países que reportan más de 10 t. ha⁻¹ (Muñoz, 2010; Pupo *et al.*, 2016)

Sin embargo las iniciativas agroecológicas desarrolladas en Cuba pretenden transformar los sistemas de producción de la agroindustria hacia un paradigma alternativo que promueve la agricultura local y la producción nacional de alimentos por campesinos y familias rurales y urbanas a partir de la innovación, los recursos locales y la energía solar. Entre los elementos más valiosos que puede utilizar la agricultura ecológica están el uso de biofertilizantes y de estimuladores del crecimiento vegetal de origen natural, en aras de lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible (Altieri y Toledo, 2011; Cabrera *et al.*, 2011; Koohafkan *et al.*, 2012; Carbajal y Carmona, 2012).

Con esta misma visión, la agricultura urbana y suburbana es de las modalidades con la cual se busca potenciar el cultivo de las hortalizas en Cuba, lo que permite garantizar el suministro de productos frescos y sanos a los consumidores, en la que también tiene un interés significativo la producción de ajo.

Los organopónicos, como parte de la Agricultura Urbana han experimentado una tecnología con avances significativos, no obstante, para lograr altos volúmenes de producción y rendimientos estables en sus producciones, dependen entre otros aspectos de los suministros de materia orgánica, que puede resultar costoso para el proceso y que en ocasiones no logra satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos, ni estimular el potencial biológico de los mismos.

Es por ello que la propuesta de utilizar productos estimuladores del crecimiento de origen natural y de bajo costo por emplearse en dosis muy bajas y además de producción nacional, puede resultar atractivo en estas tecnologías.

Investigadores del Grupo de Productos Bioactivos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) han obtenido un polímetro de quitosana de bajo peso molecular (QuitoMax[®]) que funciona como activador de la fisiología y el crecimiento vegetal, lo que conlleva al incremento de los rendimientos. A partir aplicaciones de este producto se han obtenido resultados valiosos en diferentes cultivos como: arroz (*Oriza sativa* L.), maíz (*Zea Mays* L.), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), papa (*Solanum tuberosum*, L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) (Sharathchandra, *et al.*, 2004; Kowalski, *et al.*, 2006; Boonlertnirun, *et al.*, 2008 y Falcón, 2009).

En el presente estudio se evalúa el uso del QuitoMax[®] en el cultivo del ajo en condiciones de organopónico, aplicado de manera foliar durante su ciclo biológico.

Por todo lo anteriormente planteado, se propone el siguiente **problema científico**:

Se desconoce el efecto fisiológico del bioestimulador cubano de origen natural QuitoMax, sobre el crecimiento y desarrollo del ajo (*Allium sativum* L.) durante su ciclo productivo

Como **hipótesis científica** de trabajo se propone:

La aplicación de QuitoMax® (Quitosana) en el cultivo del ajo permitirá establecer un balance nutricional en las plantas, lo que promueve su crecimiento y desarrollo durante su ciclo productivo.

Objetivo general.

- ✓ Evaluar el efecto del bioestimulador cubano de origen natural QuitoMax®, sobre el rendimiento biológico del cultivo del ajo con el empleo de tres dosis diferentes.

Objetivos específicos.

- ✓ Determinar el comportamiento de algunos indicadores morfofisiológicos y bioquímicos en el cultivo del ajo, en respuesta al uso de tres dosis del bioestimulador QuitoMax®.
- ✓ Determinar el rendimiento del cultivo y sus componentes.
- ✓ Analizar algunos indicadores de factibilidad económica de acuerdo con las condiciones establecidas para el estudio.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. El cultivo del ajo (*Allium sativum* L.).

2.1.1. Origen y distribución del ajo (*Allium sativum* L.).

El ajo (*Allium sativum* L.) fue domesticado por el hombre para ser usado como condimento y luego como planta medicinal. Se plantea que es originario de Asia Central (Kazajastán, Uzbekistán y Turkmenistán) y se encontró silvestre en la montaña Alticas de Siberia y en la parte sur de los macizos de los Urales, cerca de donde se une el Volga con el Mar Caspio, de donde se expandió hacia Egipto, China y por toda la región del Mediterráneo, de donde fue traído a América por los conquistadores españoles probablemente a través de México, desde donde fue diseminado hasta Chile por el Sur y posteriormente fue introducido en el hemisferio Norte, donde constituye en la actualidad un cultivo de importancia económica. (Pérez *et al.*, 2003; Aguilar *et al.*, 2007 ; Reveles *et al.*, 2009; Torres, 2012).

2.1.2. Clasificación taxonómica.

El ajo pertenece a la familia de las Liliaceae (Reveles *et al.* 2009., Maroto.s/f.).

Reino: Plantae

Clase: Liliopsida

Subclase: Liliidae

Superorden: Liliianae

Orden: Amaryllidales

Familia: Alliaceae

Subfamilia: Allioideae

Género: *Allium*

2.1.3. Descripción morfológica del cultivo.

Huerrez y Caraballo (1996) señalan que el sistema radical del ajo esta formado por un conjunto de raíces adventicias que nacen del tallo verdadero pudiendo alcanzar una profundidad de 60-70 cm, pero el grueso de estas se sitúa en una capa de suelo comprendida a una profundidad de 40 – 45 cm. Marrero *et al.*

(2009) afirma que las raíces son muy numerosas, blancas, fasciculadas y poco profundas.

El tallo está representado por una masa aplastada que se llama “disco”, esta situado en la base del bulbo y de el brotan las yemas, hojas y raíces.

El bulbo está formado por una serie de unidades elementales o “dientes” recubiertos cada uno de ellos por una túnica protectora de color variable que forman conjuntamente una capa envolvente y que suelen ser de color blanquecino. Los dientes pueden ser simples o compuestos. Los simples tienen una sola yema y los compuestos dos ó más. El número de dientes en un bulbo varía con el clon (Marrero *et al.*, 2009).

Flores: se encuentran contenidas en una espata membranosa que se abre longitudinalmente en el momento de la floración y permanece marchita debajo de las flores. Se agrupan en umbelas. Cada flor presenta 6 pétalos blancos, 6 estambres y un pistilo. Aunque se han identificado clones fértiles, los bajos porcentajes de germinación de las semillas y las plántulas de bajo vigor hacen que el ajo se haya definido como un apomíctico obligado, término que se refiere a su capacidad para producir embriones sin existir fecundación previa. (Cameroni, s/f.).

2.1.4. Composición química.

Al revisar la composición química del ajo (*Allium sativum* L.) se puede notar que contiene una gran cantidad de agua (cerca del 60%), por lo que la cantidad de materia seca variará entre el 30 y 40% del ajo fresco; con un contenido alto de carbohidratos que varía de 23 a 33%, y su contenido de proteína de 5,3 a 6,6% (Reveles *et al.*, 2009.). Es una excelente fuente de vitamina B1, minerales y vitaminas necesarias para el adecuado funcionamiento del cuerpo humano (Thompson *et al.*, 2006; Barak *et al.*, 2007).

En investigaciones recientes (Sánchez *et al.*, 2016) plantean que el bulbo de ajo ha sido ampliamente estudiado y contiene, entre otros componentes: compuestos sulfurados: ajoene y derivados, alicina, alil-metil trisulfuro y derivados, cicloalíina y derivados, dialil disulfuro y derivados, dimetil sulfuro, alil-metil-disulfuro y derivados, dimetil tiosulfonato y derivados, 5-butil-cisteína-sulfóxido y derivados. Aminoácidos sulfurados: alíina (que por oxidación enzimática se transforma en alicina, producto intermedio en la formación de los

derivados disulfurados de alilo, constituyentes finales del aceite esencial) (Kemper, 2000).

2.1.5. Importancia económica del cultivo.

Este cultivo se encuentra entre las especies vegetales que se consume desde la antigüedad por el hombre y que se utiliza con fines culinarios o medicinales (Mozaffari *et al.*, 2014). Según informes de Reveles *et al.* (2009) citan las principales propiedades para la salud: el efecto antiséptico, antiinflamatorio, bactericida, antiviral y antiparasitario intestinal.

2.1.6. Producción mundial y en Cuba.

García (1998) planteó que el ajo a pesar de ser considerado como un cultivo hortícola, se encuentra muy extendido a nivel mundial.

Esta hortaliza constituye uno de los cultivos más importantes de Argentina (Muñoz, 2010). Según reportes de Huez *et al.* (2010), los principales países productores y exportadores en el ámbito mundial, se encuentran, México, España, Italia, China, Egipto, India, Rumania, Francia, Estados Unidos y Brasil.

En Cuba las áreas dedicadas a la siembra de este cultivo sobrepasan las 124 600 hectáreas anuales y se producen cerca de 1 437 100 toneladas (ONEI, 2014). Aun cuando la fertilización de este cultivo se realiza, por lo general, con fertilizantes minerales, sus rendimientos históricos son bajos de dos a seis t.ha⁻¹, en comparación con los obtenidos en otros países que reportan más de 10 t.ha⁻¹ (Muñoz, 2010; Pupo *et al.*, 2016).

2.1.7. Factores edafoclimáticos del cultivo:

El ajo es una planta que se caracteriza por su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, pero se afecta su productividad según la incidencia de los factores edafoclimáticos como se describen a continuación en la etapa de desarrollo de los bulbos.

2.1.7.1. Fotoperiodo.

Esta planta requiere de días cortos en sus primeros estadios, pero para la formación de los bulbos es necesario que la duración de los días sea mayor de las 10 horas. El ajo exige una intensa luz, en caso de escasez de esta, las plantas se ahílan y los falsos tallos crecen más altos y los bulbos engrosan

poco, según reportes de Aguilar *et al.* (2007). Este mismo autor refiere que en las plantaciones tardías, las condiciones de temperatura son más favorables para el crecimiento, pero el fotoperíodo le acorta el ciclo, por lo que puede afectar el rendimiento.

Una concordancia entre temperaturas relativamente más altas y mayor duración del día, favorece la acumulación de sustancias nutritivas de reserva y a su vez la formación y la maduración de los bulbos. En tales condiciones disminuye la ramificación del tallo verdadero y consecuentemente la formación de yemas y dientes en las axilas de las hojas (Muñoz *et al.*, 2010).

2.1.7.2. Temperatura.

Huerrez y Caraballo (1996) plantean esta especie es resistente a las temperaturas relativamente frías dentro de ciertos límites.. Cuando las raíces brotan de las semillas, pueden crecer a temperatura de dos y tres °C, pero lo hacen más rápidamente de cinco a 10°C, cuando las temperaturas sobrepasan los 20 °C el crecimiento de las raíces se afecta.

La temperatura más propicia para el crecimiento de las hojas es aproximadamente 15°C, y cuando empiezan a formarse las yemas, 15-20°C. Durante el período de maduración de los bulbos, la temperatura debe ser mayor 20-25°C. Esto constituye un factor limitante para las siembras tempranas. Cuando las temperaturas medias diarias son inferiores a 23 °C los dientes brotan sin dificultad alrededor de los siete días (Aljaro, 2001).

Los mejores rendimientos se logran cuando después de 25 días de brotados los dientes, las temperaturas medias diarias permanecen por debajo de 21°C durante 40 días. Estas temperaturas se producen en Cuba generalmente de diciembre a febrero (Marrero *et al.*, 2009).

En este sentido cabe señalar que las condiciones del frío o de las bajas temperaturas que deben presentarse durante el período de otoño - invierno son básicas para estimular la planta en sus etapas de desarrollo más avanzadas cerca de la primavera, a formar los bulbos (temperaturas inferiores a 7°C.). Por otra parte, una vez captado y completado este estímulo de frío, durante el período primaveral las plantas requerirán de un ambiente con temperaturas

más elevadas, esto es sobre los 18 a 20°C. Sólo bajo estas condiciones se podrá producir el verdadero crecimiento de los bulbos. (Marrero *et al.*, 2009).

Por último, al finalizar la etapa de crecimiento de los bulbos, se demandará nuevamente de condiciones de ambientes aún más cálidos, lo que será básico para iniciar y llevar a buen término los procesos de maduración. Es durante este período y sólo bajo este ambiente de altas temperaturas que los bulbos alcanzan el color, la formación de cutículas que envuelven las cabezas y finalmente la dureza y compactación suficientes para ser cosechados (Aljaro, 2001; Marrero *et al.*, 2009).

2.1.7.3. Humedad.

Para obtener altos rendimientos y bulbos grandes, las plantas deben sufrir escasez de agua durante el período de formación del sistema foliar según Paredes *et al.* (2008). El mismo autor afirma que ya pasado este periodo la necesidad de agua es menor, ya que el sistema de raíces estará bien desarrollado para iniciar la acumulación de sustancias nutritivas en los dientes del bulbo y detener los procesos del crecimiento. Durante el período de formación de las yemas, la humedad debe ser regular, una intensa humedad en este período puede estimular la tendencia del crecimiento debido a lo cual las yemas recién formadas pueden germinar en vez de convertirse en dientes normales. En el período que se inicia la maduración de los bulbos, tiene que ser reducida, porque si se pudren más fácilmente las túnicas y los bulbos se quedan desenvueltos.

En las condiciones de Cuba, es fundamental que los clones que se utilicen posean un grado determinado de tolerancia o resistencia a enfermedades, como la inducida por el hongo alternaría porri y la mancha blanca, que provocan graves daños en el follaje y no permiten mantener un área foliar sana en el estadio de inducción del bulbo. En clones susceptibles a estas enfermedades, como el Criollo y el Vietnamita, los productores plantean que es necesario hacer numerosos tratamientos fitosanitarios, más de 30 en 125 días de cultivo, para poder lograr rendimientos aceptables. Pero cuando, la dosis de estos productos está por encima del nivel de tolerancia de las plantas, se producen desecamientos y pérdidas de hojas y para restaurar el follaje, es

necesario aplicar fertilizantes en momentos que no son los más adecuados (Muñoz *et al.*, 2010).

2.1.7.4. Suelos.

Este cultivo, admite gran variedad de suelos, aunque prefiere los francos arenosos o los francos arcillosos, con buen drenaje, pH entre 6,5 y 7,0 y con contenidos de materia orgánica superior a 1,5. Es sensible a condiciones salinas y en la preparación del suelo, éste debe quedar bien mullido y con buena nivelación (Muñoz *et al.*, 2010).

En investigaciones recientes (Muñoz *et al.*, 2010) sugiere que para cultivar el ajo y obtener buenas producciones, es conveniente conocer determinados detalles acerca de la fisiología y ecología de esta especie. Durante su desarrollo, ocurren varios estadios o etapas como: la brotación, el crecimiento, la inducción del bulbo y el desarrollo de éste hasta la cosecha y post-maduración. Su mejor desarrollo lo consigue en zonas de días largos, donde la duración de la luz solar pase de las 10 horas diarias, sobre todo durante la formación del bulbo (Japon, 1984).

2.2. Bioestimulante QuitoMax®.

2.2.1. El QuitoMax®, un bioestimulante para la agricultura.

En la búsqueda de vías para aumentar la producción de alimentos, surge una nueva forma de desarrollo de la agricultura, basada en principios ecológicos, que interpretan el sistema agrícola de manera holística y en el que se conciben técnicas para el manejo del clima (Fonseca *et al.*, 2013). Son muchos los productos naturales que se han obtenido para desarrollar un manejo agroecológico de los ecosistemas, entre los que se encuentran los bioplaguicidas, los bioestimulantes y los biofertilizantes como los microorganismos eficientes (Pomares *et al.*, 2008).

En los últimos años y especialmente en Cuba, son muchos los bioestimulantes y biofertilizantes orgánicos que permiten a las plantas superar las situaciones de estrés en las condiciones adversas del medio, favoreciendo el crecimiento, desarrollo y rendimiento, con una disminución de uso de sustancias químicas (Álvarez, 2014).

Dentro del marco conceptual de bioestimulantes se encuentra el QuitoMax®, es un polímero lineal de formulación líquida formado por residuos de glucosamina unidos por enlaces β 1-4, cuyos grupos aminos pueden estar parcialmente acetilados (Falcón *et al.*, 2012) que se obtienen, fundamentalmente por proceso de desacetilación de la quitina que se encuentra en el exoesqueleto del cangrejo, camarón o langosta (Kaku *et al.*, 2002) con la siguiente estructura química:

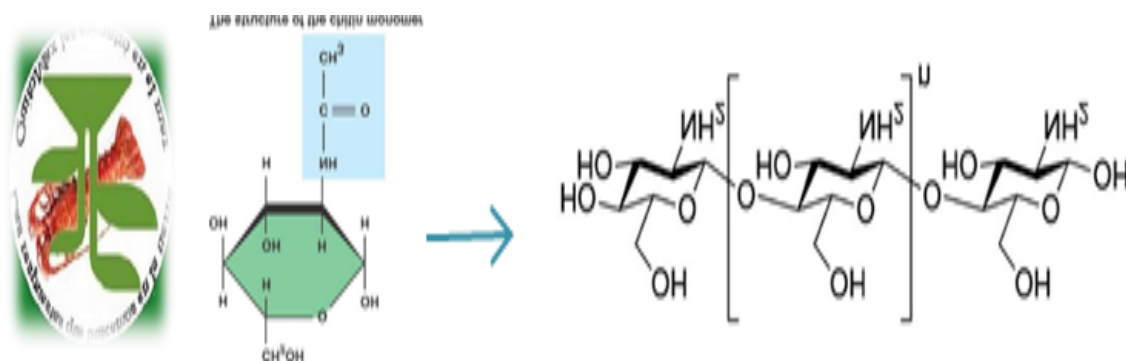


Figura 1. Polímero conformado por unidades de D-glucosamina unidos por enlaces de tipo β (1,4) 2 amino-2-Desoxi- β -D-Glucopiranosas.

La quitosana es la más estudiada entre las oligosacarinas y de mayores aplicaciones en la agricultura y en diversas ramas como la industria, la medicina, la cosmética, la protección del medio ambiente, por lo que la producción mundial de estos polímeros es de millones de toneladas (Prashanth y Tharanathan, 2007).

La masa molecular del polímero también juega un papel importante en sus efectos biológicos. La conversión de quitina en quitosana reduce la masa molar promedio del polímero de uno a $2,5 \times 10^6$ a uno a cinco $\times 10^5$ (Majeti y Kumar, 2000).

Es reconocido que su actividad biológica está relacionada con las cargas positivas libres, presentes en el grupo amino en condiciones de acidez, que interactúan con cargas contrarias de componentes de la pared celular y las membranas de microorganismos y plantas (Falcón *et al.*, 2015), por lo cual ejerce un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de numerosos cultivos; causa la inducción defensiva y de resistencia contra patógenos en plantas aplicadas y, a diferencia de las otras oligosacarinas estudiadas; provoca la

inhibición del crecimiento y desarrollo de microorganismos en general (El Handrami *et al.*, 2010; Falcón *et al.*, 2012 y 2015).

2.2.2. Regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tanto el polímero quitosana como sus derivados de menor masa molecular se consideran reguladores del crecimiento y desarrollo de las plantas, al estimular el crecimiento radical y vegetativo de varias especies (Hadwiger, 1989; Chibu *et al.*, 2002).

Así la utilización de la quitosana mediante imbibición o recubrimiento de las semillas, determinaron un incremento de la germinación de cultivos como maíz (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum* spp) (Reddy *et al.*, 1999; Shao *et al.*, 2005), lográndose mayor calidad y vigor en las posturas (Zhou *et al.*, 2002) en aplicaciones al cultivo del maní (*Arachis hipogaea* L.) reportaron aumentos tanto en la germinación como en la actividad de la enzima lipasa y los niveles de ácidos giberélico (AG) e indolacético (AIA). El tratamiento de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) causó a su vez mayor germinación y un aumento en la masa total de brotes (Cho *et al.*, 2008).

Tanto la imbibición de semillas como la aplicación foliar de diferentes dosis del producto favorecieron el incremento del crecimiento en diferentes cultivos entre ellos el maíz (*Zea mays* L.) (Sharathchandra *et al.*, 2004), papa (*Solanum tuberosum* L) (Kowalski *et al.*, 2006, Torres, 2011), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), (Falcón, 2009, Batista, 2013); en cultivos como arroz (*Oryza sativa* L.) (Boonlertnirun *et al.*, 2008) y algodón (*Gossypium* L.), (Dzung, 2004) favoreció además el incremento de la altura y el rendimiento de las plantas.

Aplicaciones exógenas de la quitosana permiten acortar el período de floración y mejorar la floración y fructificación (Utsunomiya *et al.*, 1998; Ohta *et al.*, 2004); incluso se han demostrado incrementos de los rendimientos y en la calidad de varios cultivos (Hadwiger, 1989; Freepons, 1990).

Se ha logrado en plantas de lechuga tratadas un incremento del 50% en la superficie foliar (Chibu y Shibayama, 2001; Batista, 2013). Aplicaciones foliares en el cultivo de fresas (*Fragaria* L.) aumentó la cantidad de hojas así como el

peso fresco y seco de las mismas, y el rendimiento en número y masa de los frutos (Mawgoud *et al.*, 2010).

La literatura científica plantea que la quitosana es capaz de aumentar el peso seco de las hojas y el crecimiento total en plantas de soya (*Glycine max* L.) (Prapagdee *et al.*, 2007).

Efectos favorables en el crecimiento expresado en el incremento de la longitud de los tallos y raíces, sus masas frescas y secas, la superficie foliar y los contenidos de clorofila en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) fueron informados por Sheikha (2011) destacando en sus resultados que las mejores respuestas fueron encontradas con las menores dosis utilizadas.

Se reportaron incrementos en el rendimiento y la calidad de minitubérculos en papa, así como en la producción del tabaco y el tomate (Falcón, 2012).

Algunos autores plantean que la influencia benéfica sobre el crecimiento está relacionado con un efecto antitranspirante en la planta inducido por el cierre de los estomas (Lee *et al.*, 1999). De acuerdo a un estudio realizado en plantas de pimiento aplicadas con quitosana se logró una reducción en el consumo del agua por las plantas entre un 26 y 46%, por disminución de las pérdidas de agua a través de los estomas debido a un cierre estomático provocado por la quitosana (Iriti *et al.*, 2009). También en plantas de soya y maíz se encontraron variaciones en la actividad fotosintética, la conductancia estomática, la transpiración y el CO₂ intercelular (Khan *et al.*, 2010).

En general, en dependencia del órgano de la planta que se trate se han obtenido los resultados benéficos antes mencionados cuando se hacen tratamientos a las semillas, a las raíces de las plantas o por aspersión foliar en los momentos adecuados para cada cultivo (Freepons, 1990; Walker *et al.*, 2004; Cho *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación se desarrolló en el organopónico perteneciente a la Granja Urbana, situado en la Universidad de Matanzas, en el municipio y provincia del mismo nombre. Se realizó en el período comprendido entre enero – abril del 2018.

La variedad utilizada fue la de ajo “Chileno” con un ciclo fisiológico de aproximadamente 120 días después de la plantación, establecidos con un marco de siembra de 0, 10 x 0,07m en (6 hileras sobre canteros).

Para el montaje del experimento se utilizaron dos canteros contiguos (Figura 2) con una longitud de 25 m y 1 m de ancho sobre un sustrato conformado por un 80% de suelo y 20% de materia orgánica, dispuestos en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones los cuatro tratamientos evaluados. Cada una unidad experimental fue de 3,5 m², con una distribución de seis en cada cantero para un total de 12 parcelas.



Figura 2. Momento inicial de montaje del experimento. (Foto autor).

Los tratamientos que se evaluaron se muestran a continuación:

Tratamiento 1: control (sin estimulador del crecimiento).

Tratamiento 2: aplicación de QuitoMax® (100 mg.ha⁻¹).

Tratamiento 3: aplicación de QuitoMax® (150 mg.ha⁻¹).

Tratamiento 4: aplicación QuitoMax® (200 mg.ha⁻¹).

La aplicación del QuitoMax® se realizó con mochila Matabi de 16L de capacidad total, utilizando de esta solamente 2L para realizar la dilución del producto, la aplicación fue realizada de forma manual y lo más homogénea posible sobre las plantas en dos momentos del ciclo biológico del cultivo (30 y 60 días después de la plantación).

Las atenciones culturales que se le realizaron al cultivo fueron siguiendo las instrucciones de la guía técnica para la producción del cultivo del ajo (Marrero *et al.*, 2009) teniendo que adaptarla para hacerlas corresponder a las exigencias de las áreas experimentales, la época de plantación, el desarrollo del cultivo y el control de malezas que se realizó de forma manual.

Se determinaron los indicadores morfofisiológicos: número de hojas, altura de las plantas y diámetro del falso tallo a los 28 días después de la plantación y a los 30 días después de la primera aplicación (60 días de la plantación).

La altura se midió por medio de una regla graduada, hasta la altura de las hojas poniendo estas en posición vertical.

En el momento de la cosecha se evaluó el rendimiento del cultivo e indicadores bioquímicos de eficiencia biológica de la planta determinados en el bulbo como se muestran a continuación:

Determinación de las variables del rendimiento.

- Peso del bulbo: se utilizó una balanza digital Sartorius, con precisión de 1mg.
- Ancho ecuatorial y polar del bulbo: se utilizó un pie de rey, con precisión de 0,1 mm.
- Número de dientes por bulbos.
- Rendimiento y producción por cantero en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$

Determinación del contenido de proteínas solubles totales.

El contenido de proteínas se determinó colorimétricamente mediante el método descrito por Lowry *et al.* (1951), empleando albúmina de suero bovino (BSA) como patrón. Las mediciones espectrofotométricas descritas en el presente

trabajo fueron realizadas en un espectrofotómetro UV/VIS Ultrospec 2000 (Pharmacia Biotech, Suecia).

Determinación de contenido de carbohidratos solubles totales.

El contenido de carbohidratos en las muestras se determinará colorimétricamente mediante el método del fenol-sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956) empleando D-glucosa como azúcar patrón. Las muestras fueron leídas a una absorbancia de 490 nm.

Determinación de contenido de azúcares reductores.

El contenido de azúcares reductores se determinó por el método del ácido dinitrosalísílico (Miller, 1959) con D-glucosa (Sigma) como azúcar patrón. La absorbancia se midió a una longitud de onda de 456 nm.

Análisis Estadístico.

Toda la información obtenida fue procesada según el paquete estadístico Statgraphic plus 5.1 sobre WINDOWS. Se determinó el ajuste a una Distribución Normal mediante la prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov-Smirnov y la Homogeneidad de Varianza mediante las Pruebas de Bartlett (Sigarroa, 1985). En los casos en que los datos cumplieron los requisitos exigidos se procesaron mediante ANOVA de clasificación simple y se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan para la comparación entre medias. Para los datos que no cumplieron con estas premisas, se utilizó la Prueba de Kruskal-Wallis y las medias fueron comparadas mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Student-Newman-Kwels (SNK) ($p < 0,05$).

Valoración económica.

Se determinó la factibilidad económica de la aplicación del QuitoMax® en las condiciones de organopónico. Para ello se elaboró una ficha de costo comparativa de acuerdo con los tratamientos evaluados. Se partió de los rendimientos obtenidos en cada tratamiento, calculándose los gastos directos e indirectos según los recursos utilizados en cada una de las labores agrotécnicas ejecutadas en el cultivo, las cuales se correspondieron con las indicadas por MINAGRI (2000) modificadas en correspondencia con las posibilidades del organopónico y el desarrollo del cultivo.

Para el cálculo de los gastos de aplicación del QuitoMax® se tuvo en cuenta las dosis empleadas, así como el costo del producto, el cual es de \$ 34.00 moneda nacional, para cubrir una hectárea (Información aportada por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícola).

El volumen de producción se determinó a partir del rendimiento en kg.m^{-2} , por el área del cantero. Se partió de los rendimientos obtenidos en cada tratamiento, asumiendo un área de $20,0 \text{ m}^2$. Se empleó la siguiente expresión:

$$\text{Producción obtenida (kg)} = \text{Rendimiento (kg.m}^{-2}) \times \text{Área (m}^2\text{)}.$$

Para determinar los ingresos se tuvo en cuenta el precio comercialización de este producto en el mercado. Se calcularon los siguientes indicadores:

$$\text{Ingreso (\$)} = \text{Producción obtenida (kg)} \times \text{Precio de venta (\$/kg)}.$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la figura 3 se observa el comportamiento de la altura y número de hojas de las plantas a los 28 días después de la plantación, sin la aplicación del QuitoMax®.

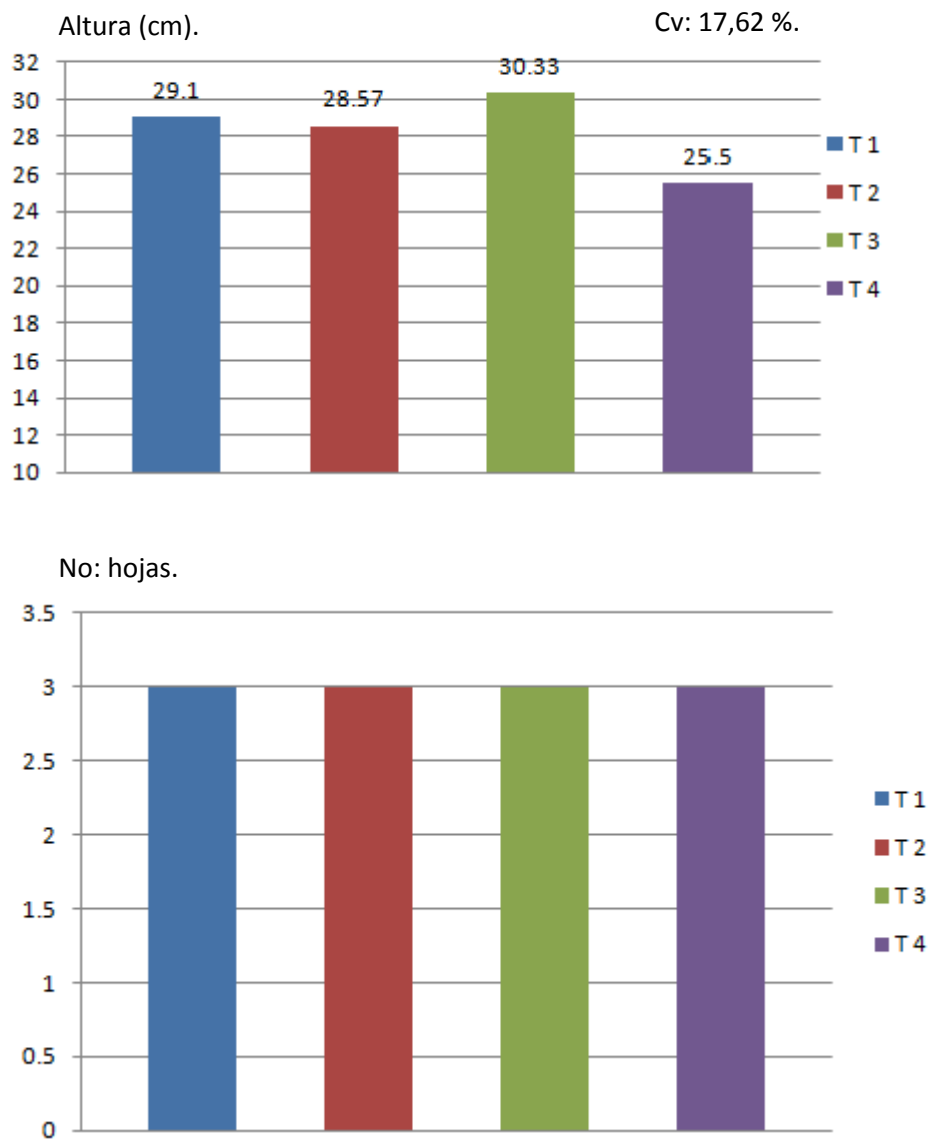


Figura 3. Valores promedios de los indicadores morfológicos medidos a las plantas, a los 28 días después de la plantación, teniendo en cuenta las unidades experimentales que le corresponden a cada tratamiento. T1. (Tratamiento control), T2. ($100 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$), T3. ($150 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) y T4. ($200 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Este resultado evidencia que la respuesta de las plantas en cuanto a la brotación y durante los primeros días de su desarrollo sin la aplicación del estimulador QuitoMax® (28 días), tuvo una respuesta uniforme en cada una de las parcelas seleccionadas para el estudio, lo que es muy positivo para esta investigación. El número de hojas se comportó con el mismo valor (tres hojas) en todas las parcelas seleccionadas para el trabajo, que se correspondieron posteriormente con los tratamientos en estudios, y en lo referente a la altura de las plántulas puede decirse que un coeficiente de variación de solamente el 17, 62% también denota uniformidad para esta variable en esta primera etapa, en el que el desarrollo de las plántulas está asociada en gran medida a la calidad de las semillas (calidad de los dientes), (Muñoz, 2010), ello demuestra que el material utilizado cumplió con este requisito.

Las evaluaciones realizadas después de la primera aplicación del producto QuitoMax®, en relación a los tratamientos en estudios, se presentan en las figuras 4, 5 y 6. Estos resultados reflejan el desarrollo del cultivo a partir de las variables morfológicas medidas durante su fase de desarrollo vegetativa (60 días), el cual se enmarca en el periodo de mayor crecimiento del cultivo (54-75 días) (Marrero *et al.*, 2009).

La altura de la planta, el número de hojas y el grosor del falso tallo, son las variables que marcan el desarrollo de las plantas de ajo en el periodo de mayor desarrollo vegetativo del cultivo (Rebolledo, 2004; Muñoz, 2010).

La figura 4 refleja el comportamiento en cuanto a la altura y el número de hojas. Como se puede observar, los resultados que se muestran denotan un efecto estimulador del QuitoMax® en el desarrollo del cultivo durante esta fase de su ciclo biológico. Se destaca el tratamiento de 150 mg.ha⁻¹ (T3), que muestra diferencia significativa respecto al testigo en ambas variables, lo que no ocurre con el T2 (100 mg.ha⁻¹) y el T4 (200 mg.ha⁻¹) en la variable altura de la planta, en este último indicador el T2 y T4, también se mostraron similares al testigo.

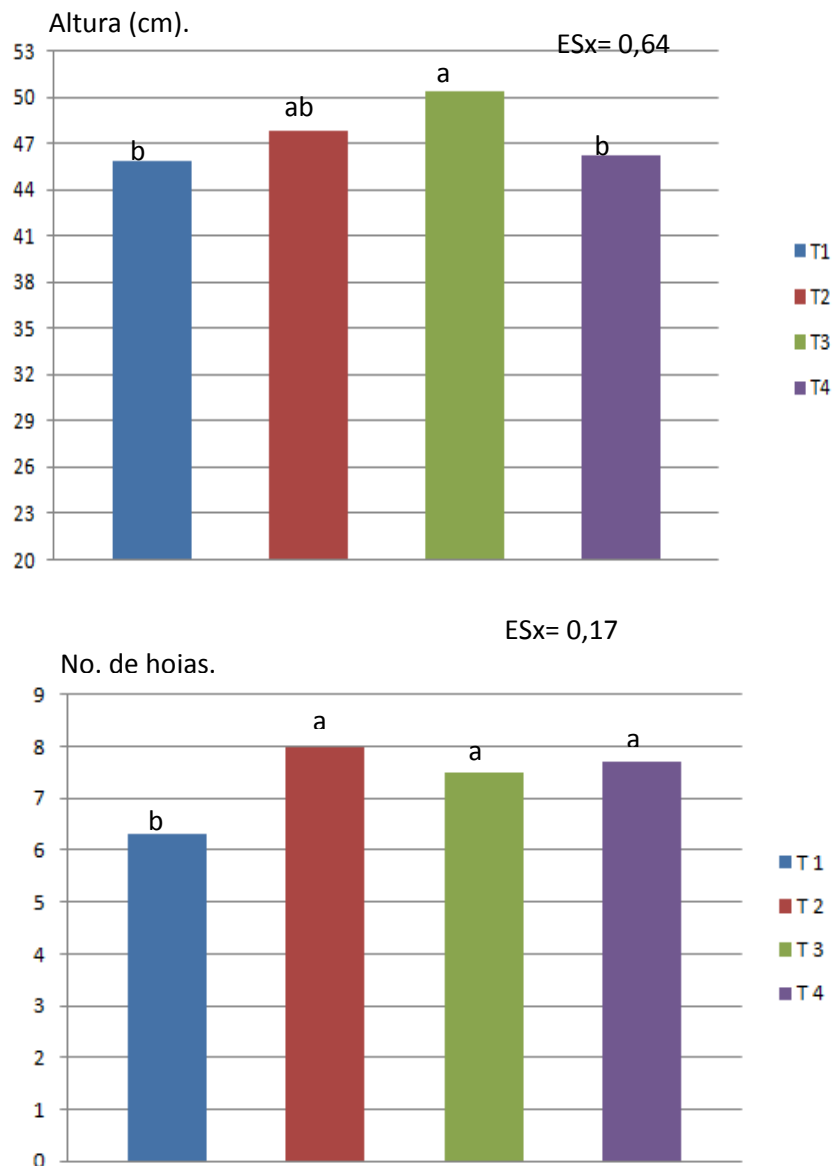


Figura 4. Comportamiento de la altura de las plantas y el número de hojas después de la primera aplicación de QuitoMax® (60 días después de la plantación). T1. (Tratamiento control), T2. (100 mg.ha⁻¹), T3. (150 mg.ha⁻¹) y T4. (200 mg.ha⁻¹). Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para $p < 0,05$. ESx significa error estándar de la media.

Referente al diámetro del falso tallo (Figura 5), no se presentó diferencia entre ninguno de los tratamientos evaluados, lo que no evidencia un efecto del estimulador QuitoMax® en esta variable durante esta fase de su ciclo biológico.

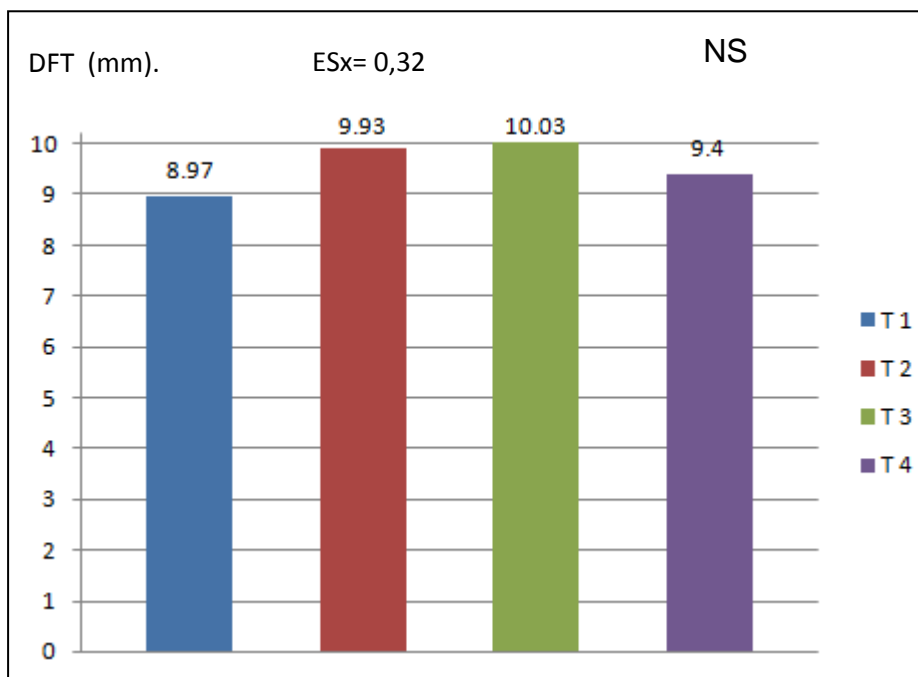


Figura 5: Diámetro del falso tallo (DFT) después de la primera aplicación de QuitoMax® (60 días después de la plantación). T1. (Tratamiento control), T2. (100 mg.ha⁻¹), T3. (150 mg.ha⁻¹) y T4. (200 mg.ha⁻¹). NS significa que no hay diferencia significativa entre las medias.

El grosor del falso tallo es un indicador importante para demostrar la eficiencia en la actividad metabólica de las plantas, por las sustancias de reservas acumuladas en este, normalmente su mayor expresión debe ocurrir entre los 60 y 90 días después de la plantación. Ello sugiere que este órgano de la planta deba responder de manera significativa como resultado de una mayor actividad metabólica a partir del efecto estimulador del producto “QuitoMax”. Sin embargo autores como Pupo *et al.* (2016) se refieren a resultados informados por otros investigadores, donde no encontraron incrementos significativos en esta variable a los 90 días después de la plantación como respuesta al empleo de dos estimuladores (EcoMic® y FitoMas E®).

Después de la segunda aplicación (60 días después de la plantación), solamente se evaluaron las variables de calidad del bulbo y del rendimiento del cultivo en el momento de la cosecha, las cuales se reflejan en las figuras 6 y 7.

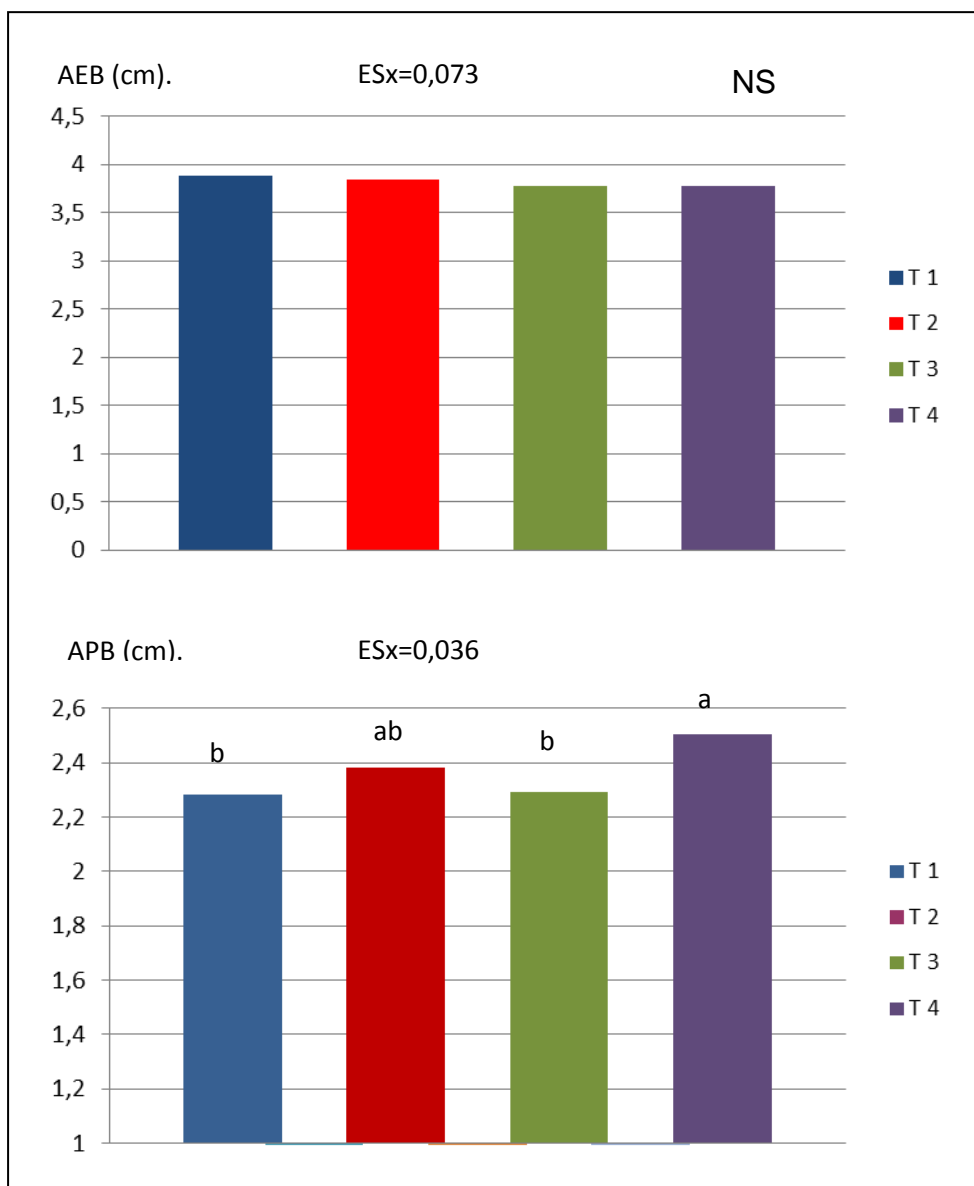


Figura 6: Ancho ecuatorial y polar del bulbo en el momento de la cosecha. T 1. (Tratamiento control), T2. (100 mg·ha⁻¹), T3. (150 mg·ha⁻¹) y T4. (200 mg·ha⁻¹). Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para $p < 0,05$. ESx significa error estándar de la media. NS significa que no hay diferencia significativa entre las medias.

Como se refleja en la figura 6, en el ancho ecuatorial del bulbo (AEB) no hubo diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos en estudio. Sin embargo en relación al ancho polar (APB), sí se refleja diferencia significativa entre los tratamientos, con los mejores resultados para el T4 (200 mg·ha⁻¹), el cual difiere de manera significativa con los tratamientos T3 (150 mg·ha⁻¹) y T1 (control), pero se comportó de manera similar al T2 (100 mg·ha⁻¹). El T2 y el T1 no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre ellos.

En relación al peso del bulbo y número de dientes por bulbo (Figura 7), tampoco se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Ello condicionó el rendimiento por cantero, en el cual no se reflejó diferencia estadísticamente significativa para $p < 0,05$ (Figura 7).

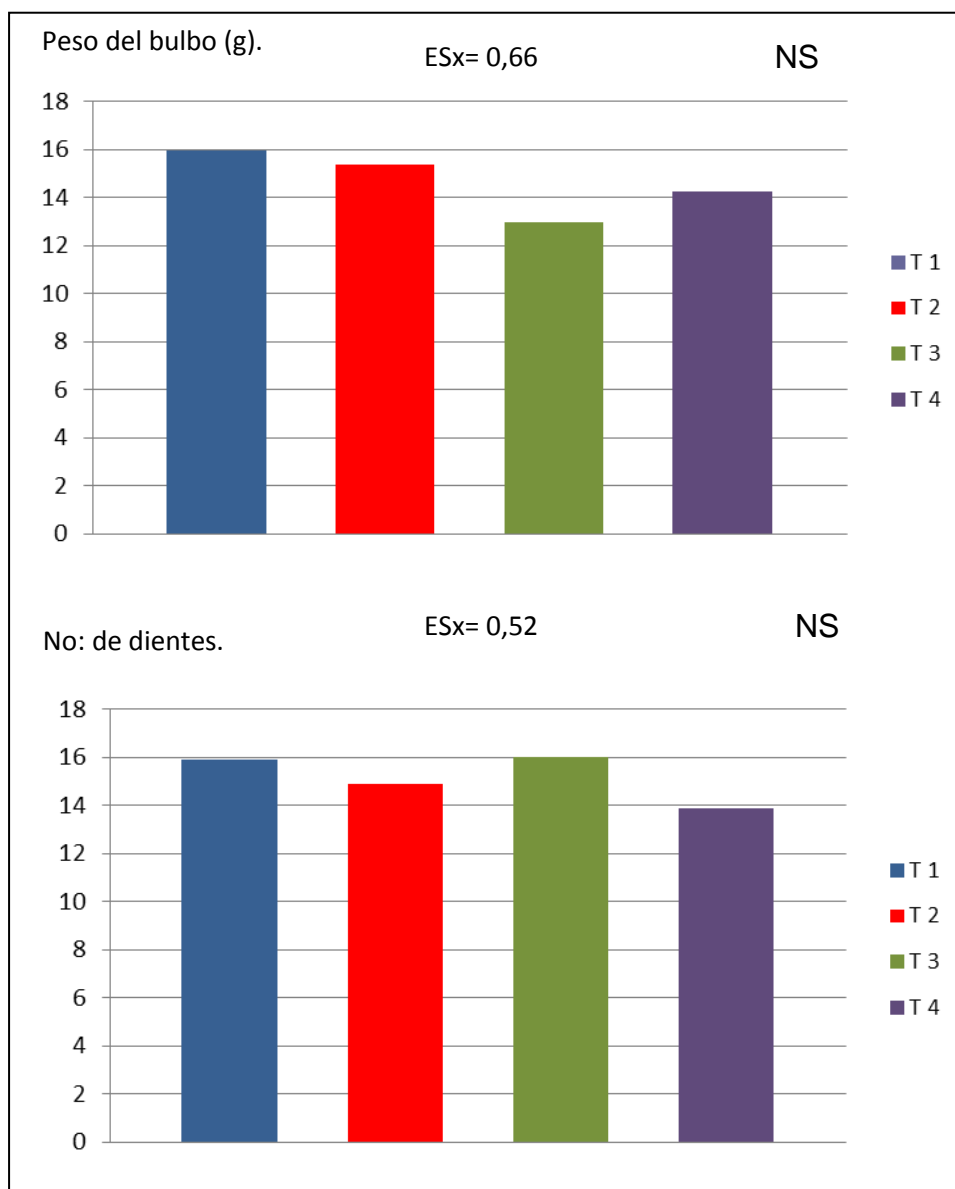


Figura 7: Comportamiento del peso del bulbo y el número de dientes obtenidos después de la cosecha. T1. (Tratamiento control), T2. ($100 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$), T3. ($150 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) y T4. ($200 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$). ESx significa error estándar de la media. NS significa que no hay diferencia significativa entre las medias.

Por otra parte el rendimiento por cantero (Figura 8), tampoco arroja resultados satisfactorios con el empleo de este producto en las condiciones del estudio.

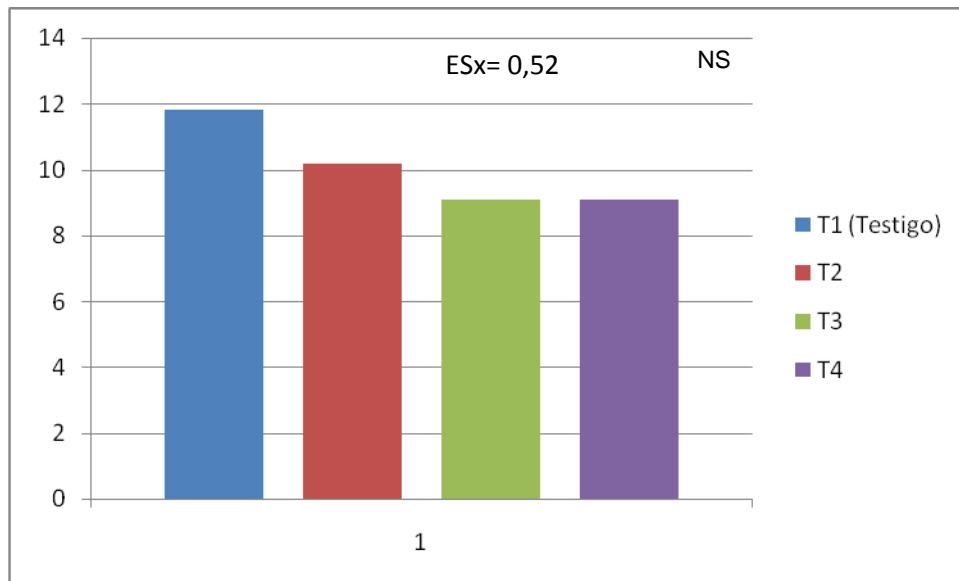


Figura 8. Comportamiento de la producción por cantero (25 m²) a partir del rendimiento del cultivo en kg.m⁻², de acuerdo con los tratamientos en estudio. T 1. (Tratamiento control), T 2. (100 mg.ha⁻¹), T 3. (150 mg.ha⁻¹) y T 4. (200 mg.ha⁻¹). ESx significa error estándar de la media. NS significa que no hay diferencia significativa entre las medias.

De manera general los resultados mostrados en relación a las variables morfológicas evaluadas, las variables del rendimiento del cultivo en el momento de la cosecha y el rendimiento por cantero, no reflejaron un efecto estimulador del QuitoMax® en el rendimiento biológico del cultivo en las condiciones del estudio.

El QuitoMax® es un bioestimulante líquido a base de polímeros de quitosana, que funciona como activador de la fisiología y el crecimiento vegetal lo que conlleva al incremento de los rendimientos (Iriti *et al.*, 2009; Falcón *et al.*, 2015). Según estos autores se ha considerado que el modo de acción de estos polímeros puede deberse a la asimilación por la planta de los grupos aminos del polímero y su utilización en esqueletos carbonados o a un efecto antitranspirante en la planta que permite un mejor uso del agua para el crecimiento, en especial cuando se hacen aplicaciones foliares.

El empleo de este producto ha dado muy buenos resultados en la respuesta biológica de los cultivos, a partir de tres características esenciales en su actividad biológica que la hacen deseable en este campo, benefician el aumento del crecimiento y los rendimientos de muchos cultivos probados y

causan la inducción defensiva y de resistencia contra patógenos (Falcón *et al.*, 2015). Sin embargo el éxito de su empleo depende de diferentes factores entre los que se encuentran, la dosis de aplicación, la forma en que se utiliza y el órgano de la planta que se trate, a lo que se suma las peculiaridades eco fisiológica de cada especie. Es por ello que desde este punto de vista en la literatura se reportan diferentes resultados con distintos criterios de análisis (Torres, 2011; Falcón, 2012; Pérez, 2013; Batista, 2013; Díaz, 2013).

En este sentido la mayoría de los autores informan efectos favorable con el uso de la Quitosana en la actividad fisiológica de los cultivos, con incrementos de los rendimientos, sin embargo autores como Jiménez *et al.* (2009), no encontraron efecto con el uso de tres dosis de Quitosana en la emisión de flores en el cultivo del pepino, y por otra parte en el grosor del fruto, dosis de 100 y 150 mg.ha⁻¹ arrojaron resultados similares al testigo.

El ajo es un cultivo que es muy sensible a las condiciones del medio y su época de desarrollo es muy limitada en el año, fuera de estas condiciones su rendimiento puede ser afectado significativamente.

Diferentes autores se han referido a la importancia de conocer las particularidades de la fisiología y ecología de esta especie para lograr altos rendimientos (Muñoz, 2010; Marrero *et al.*, 2010). Según estos propios autores, durante su desarrollo, ocurren varios estadios o etapas como la brotación, el crecimiento, la inducción del bulbo y el desarrollo de éste hasta la cosecha y post-maduración, que son exigentes a condiciones del medio, manejo del cultivo y atenciones culturales.

La época de plantación es un factor determinante sobre los rendimientos. Su desarrollo depende, en gran medida, de la interacción con la temperatura y el fotoperíodo. El periodo de mayor crecimiento del cultivo se beneficia con la combinación de bajas temperaturas con días más cortos, mientras que el desarrollo del bulbo se favorece cuando los días se hacen más largos y las temperaturas aumentan. En las condiciones de Cuba se enmarca desde el 15 de octubre hasta el 15 de diciembre, aunque puede extenderse hasta el 30 de este mes (Muñoz, 2010; Marrero *et al.*, 2010). Se plantea que en las plantaciones tardías, las condiciones de temperatura son más favorables para

el crecimiento, pero el fotoperíodo le acorta el ciclo, por lo que puede afectar el rendimiento.

Todo ello sugiere que en las condiciones del experimento (plantación tardía, ocho de enero) el cultivo inició su periodo de mayor crecimiento en condiciones favorables de temperatura y luz (fotoperíodo), lo que permitió un desarrollo uniforme del cultivo como se muestra en la figura 3, posteriormente, después de la aplicación del QuitoMax®, bajo condiciones todavía favorable del clima para el cultivo, pudo manifestarse efectos del producto sobre la actividad metabólica de las células estimulando la misma, induciendo un mayor desarrollo de las plantas, que se reflejaron en algunas de las variables morfológicas evaluadas (Figura 4), sin embargo como consecuencia de la aparición de temperaturas más elevadas y mayor duración del periodo de luz en el día (días más largos), se interrumpe la fase de mayor crecimiento y desarrollo del cultivo, y se inicia más temprano el proceso de bulbificación, en el que puede verse afectado la calidad de este. En las condiciones del experimento, el ciclo del cultivo se acortó en 14 días.

Ello puede ser la causa de que no se produjera diferencias significativas en la mayoría de las variables del rendimiento medidas, ni en el rendimiento del cultivo por cantero (Figuras 6, 7 y 8).

Por otra parte en relación a los indicadores bioquímicos evaluados, la figura 9 muestra la concentración de carbohidratos solubles totales en los bulbos. De manera general, los tratamientos con la aplicación de QuitoMax® fueron superiores al control. Los mayores contenidos fueron obtenidos con la dosis de 200 mg.ha⁻¹. Estos resultados pudieran interpretarse a partir de los efectos fisiológicos del producto, en relación al efecto antitranspirante en la planta inducido por el cierre de los estomas (Lee *et al.*, 1999; Falcón *et al.*, 2015). Ello permite una mayor acumulación de estos compuestos en los bulbos durante el periodo de crecimiento, los cuales pueden ser utilizados durante la etapa de floración y desarrollo de los frutos.

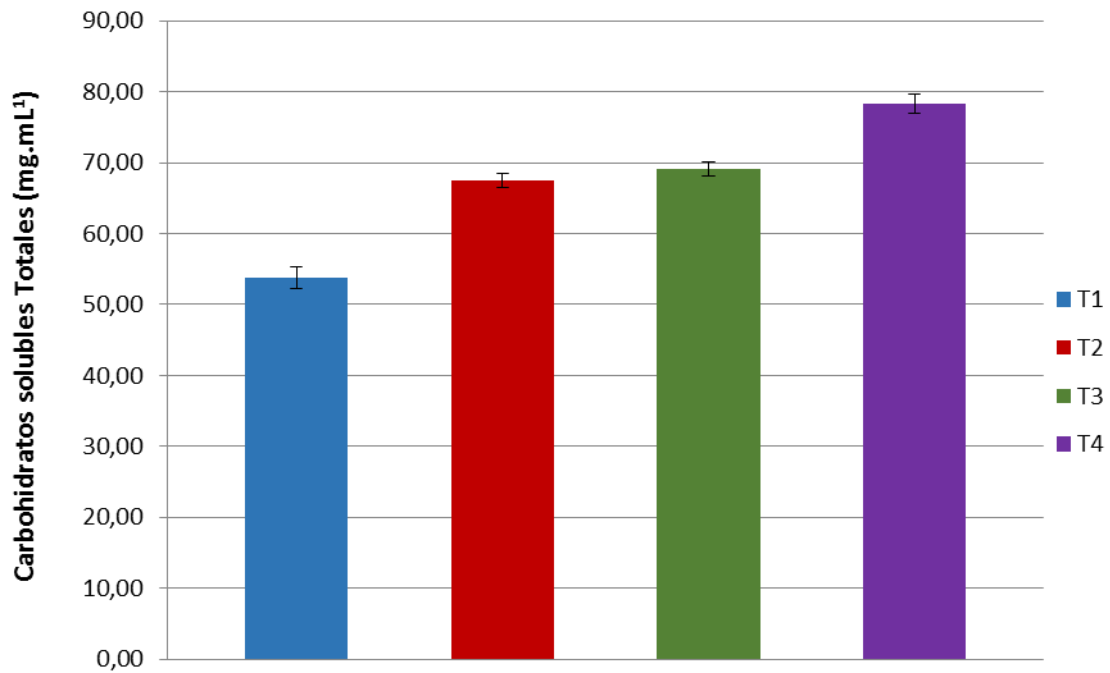


Figura 9. Carbohidratos solubles totales en los bulbos. T1. (Tratamiento control), T2. (100 mg.ha⁻¹), T3. (150 mg.ha⁻¹) y T4. (200 mg.ha⁻¹). Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente para $p < 0,05$.

Los contenidos de azúcares reductores en los bulbos de ajo no evidenciaron diferencias entre los tratamientos (Figura 10). Esto puede estar relacionado con el hecho de que en el momento de la cosecha, las reservas de azúcares totales de mayor peso molecular no eran degradadas para generar azúcares simples, los cuales pueden translocarse a la parte superior de la planta, para su uso en la obtención de energía metabólica y como fuente de esqueletos carbonados para la formación de nuevas moléculas y tejidos.

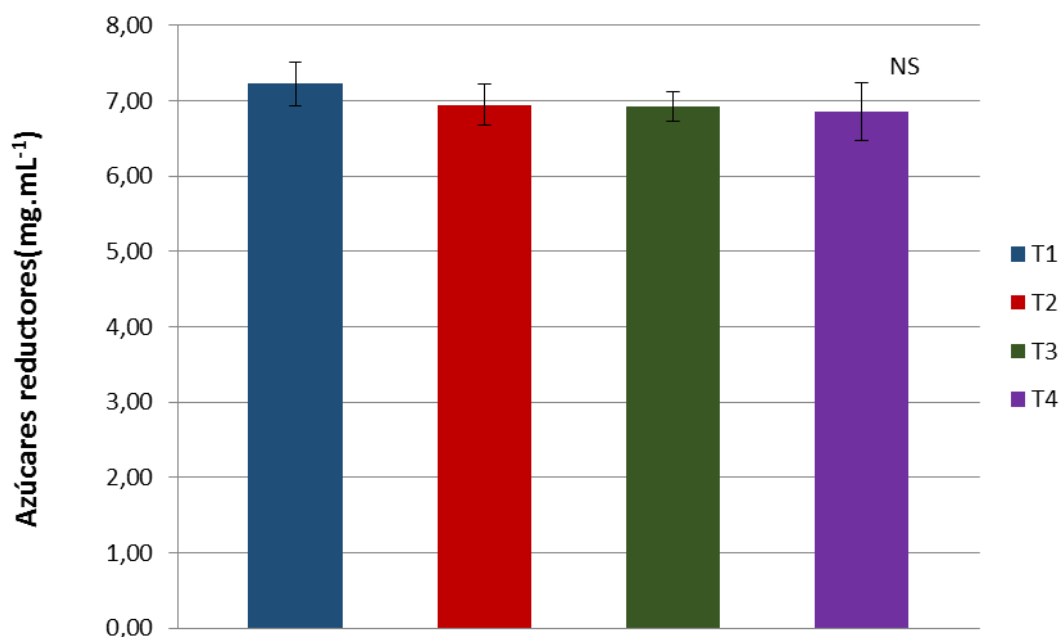


Figura 10. Azúcares reductores en bulbos. T1: testigo, T2: 100 mg.ha⁻¹, T3: 150 mg.ha⁻¹ y T4: 200 mg.ha⁻¹. NS significa que no hay diferencia significativa entre las medias.

El contenido de proteínas solubles totales se muestra en la figura 11. Como se puede observar no hubo diferencia entre los tratamientos con aplicación del producto y el control.

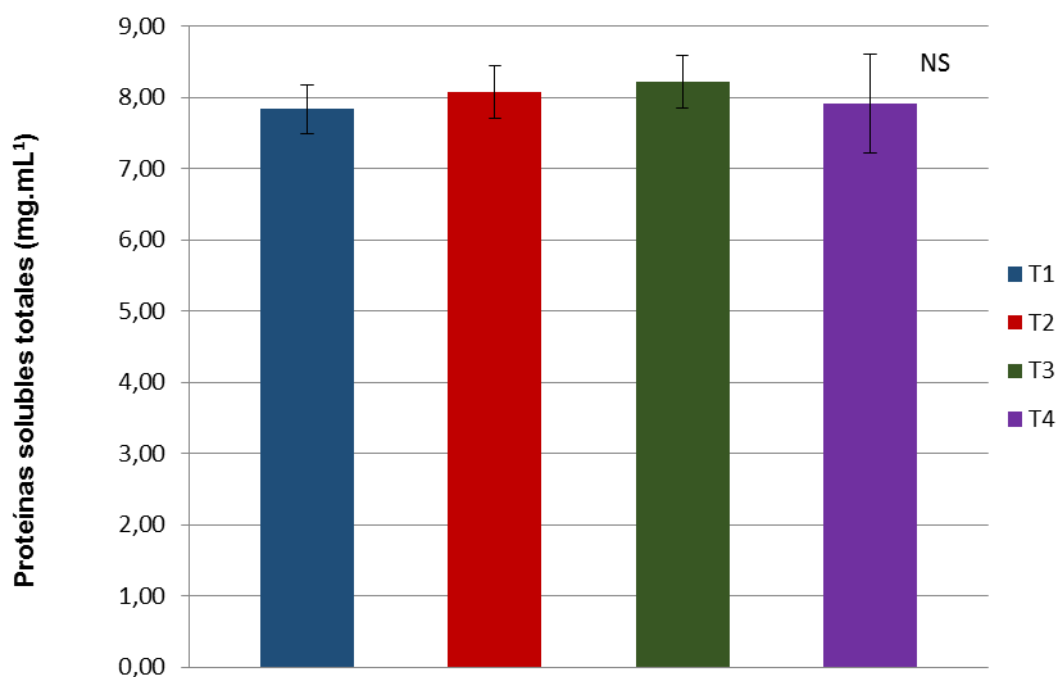


Figura 11. Proteínas solubles totales en bulbos. T1: testigo, T2: 100 mg.ha⁻¹, T3: 150 mg.ha⁻¹ y T4: 200 mg.ha⁻¹. NS significa que no hay diferencia significativa entre las medias.

A modo de conclusión en relación a las variables bioquímicas, puede decirse que las plantas tuvieron una respuesta muy similar a la mostrada con los indicadores morfológicos y a las variables del rendimiento evaluadas, por lo que no se puede afirmar que hubo efecto estimulador del producto en el rendimiento biológico del cultivo respecto al control en las condiciones del estudio.

Valoración económica.

Como se puede apreciar en la tabla 1, el comportamiento de los indicadores económicos está más influenciado por los valores del rendimiento en cada tratamiento, que por el uso del estimulador. El QuitoMax® es un producto nacional que se comercializa a precios asequibles y se utiliza en dosis muy bajas, por lo que el incremento en el costo por este concepto es prácticamente insignificante, si se logra ajustar la metodología de su empleo en el cultivo que se trate.

Tabla 1. Comportamiento de los indicadores económicos por tratamiento.

Indicadores económicos	UM	T1	T2	T3	T4
Rendimiento	Kg.m ⁻²	0,47	0,41	0,36	0,36
Producción	kg	11,8	10,18	9,08	9,07
Gastos de materiales	\$				
semilla		25	25	25	25
QuitoMax			0,085	0,085	0,085
Gasto total	\$	25	25,085	25,085	25,085
Ingresos	\$	259,6	223,96	199,76	199,54
Ganancia	\$	234,6	198,87	174,67	174,45
Costo/peso	\$	0,09	0,11	0,12	0,12

Precio de la semilla: \$ 1,50 la cabeza de ajo

Precio del QuitoMax®: Se comercializa nacionalmente a \$ 34,00 para cubrir una hectárea (Información aportada por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas)

Precio de venta: \$ 22,00 el kilogramo.

V. CONCLUSIONES

- El comportamiento de los indicadores morfológicos, bioquímicos y de calidad del bulbo, no permitieron definir de manera significativa un efecto estimulador del QuitoMax®, en las dosis evaluadas, sobre el rendimiento biológico del cultivo del ajo respecto al tratamiento control, en las condiciones del estudio establecidas.
- En las variables altura de las plantas y número de hojas se evidenció una respuesta positiva del cultivo en el periodo de mayor crecimiento con la mejor respuesta en la dosis de 150 mg.ha⁻¹.
- No se encontró diferencia significativa en los componentes del rendimiento, ni en la producción por cantero en relación a las dosis de QuitoMax® evaluadas con respecto al tratamiento control.
- El empleo del QuitoMax® en las condiciones del estudio no provocó incrementos significativos en los indicadores económicos de costos.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar el estudio sobre la determinación de dosis óptima de QuitoMax®, en el cultivo del ajo, en condiciones de organopónico, cumpliendo con el periodo óptimo de plantación y las exigencias agrotécnicas del cultivo.
- Profundizar en los mecanismos fisiológicos y bioquímicos involucrados en la respuesta de las plantas antes las aplicaciones foliares del producto QuitoMax®.

VII. Referencias Bibliográficas.

1. Aguilar, R. A.; Castro, J. C.; Galindo, I. y Garza, O. A. 2007. Estudio para la complementación y manejo de ajo por parte de la Comercializadora Gonzales S.A. Trabajo de Licenciatura de negocios internacionales. Escuela superior de Comercio y Administración Unidad Santo Tomás.
2. Ajo directo. 2006. Ajos [en línea]. Disponible en: <http://www.ajodirecto.com> [Consulta abril, 21 2018].
3. Aljaro, U. A. 2001. Ajos conceptos básicos de semillas y su plantación. Instituto de investigaciones, Centro Regional de Investigación La Platina, Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile, Chile.
4. Altieri, M. A. y Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants”. *The Journal of Peasant Studies*. 38(3): 587-612.
5. Álvarez, I. y Reynaldo, I. 2016. Efecto del Pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*. 36(3): 82-87.
6. Barak, M.; Ettehad, G. H.; Arab, R., Derakhshani, F.; Habibzadeh, S. H.; Mahommadnia, H.; Dailami, P.; Daryani, A. and Zarei, M. 2007. Evaluation of garlic extracts (*Allium sativum* L) effect on common pathogenic gram-positive and gram-negative bacteria isolated from children with septicemia hospitalized at Imam Khomeini Hospital. *Research Journal of Biological Sciences*. 2: 236-238.
7. Bautista, S.; Hernández, A. N.; Velázquez, M. G.; Hernández, M.; AitBarka, E., Bosquez-Molina, E. y Wilson, C. L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*. 25: 108-118.
8. Batista, L. 2013. Evaluación de tres dosis de quitosana en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Lital en condiciones de organopónico semitapado en el Municipio de Matanzas. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

9. Boonlertnirun, S.; Boonraung, C. y Suvanasara, R. 2008. Application of chitosan in rice production. *J. Metals Mat. Min.* 18: 47-52.
10. Cabrera, M. M.; Borrero, R. Y.; Rodríguez, F. A.; Angarica, B. E. M. y Rojas, M. O. 2011. Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annun, L*) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido”. *Ciencia en su PC.* p. 32–42.
11. Cameroni, G, M. s/f. Cadena del ajo. *Cadenas alimentarias.* p.3.
12. Carvajal, M. J. S. y Carmona, G. C. E. 2012. Benefits and limitations of biofertilization in agricultural practices [en línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Juan_Carvajal_Munoz/publication/280581225_Benefits_and_limitations_of_biofertilization_in_agricultural_practices/links/55bc522b08aec0e5f44199f7. [Consulta: marzo, 3 2018].
13. Chibu, H. y Shibayama, H. 2001. Effects of chitosan application on the growth of several crops. In *Chitin Chitosan in Life Science*, Uragami, T., Kirita, K., Fukamiso, T. (eds.) Tokyo, Japan: Kodansha Scientific LTD. p. 235-239.
14. Chibu, H.; Shibayama, H. y Arima, S. 2002. Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Japanese J. of Crop Sci.* 71: 206-211.
15. Cho, M. H.; No, H. K. y Prinyawiwatkul, W. 2008. Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. *J. Food Sci.* 73: 70-77.
16. Díaz, M. 2013. Efecto de diferentes dosis de aplicación del producto QuitoMax en la respuesta productiva del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
17. Dubois, M. K.; Gilles, A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substance. *Anal Chem;* 28: 350-356.
18. Dzung, N. A. 2004. Study on effect of chitosan oligomer on the growth and development of some short term crops in DakNong province. Final report of project of Science & Technology Department of DakNong (Vietnamese).

- 19.El Hadrami, A. 2010. Chitosan in Plant Protection. *Marine Drugs*. 8(4): 968-987.
- 20.Falcón, A. B. 2009. Evaluación de oligosacarinas nacionales de Quitosana en la estimulación del crecimiento, la nodulación y la protección de cultivos de interés económico. Informe Final del PNCT 00300277.
- 21.Falcón, A. B. 2012. Compuestos de quitosana como activadores del metabolismo, el crecimiento y la resistencia contra el estrés biótico en cultivos de interés económico. Informe Final de PNCT 00300330.
- 22.Falcón, A. B.; Gordon, A.; Costales, Daimy y Martínez, M. A. 2012. Respuesta enzimática y de crecimiento en una variedad comercial de tabaco (*Nicotiana tabacum*, L.) tratada por aspersion foliar de un polímero de quitosana. *Cultivos Tropicales*. 33(1): 65-70.
- 23.Falcón, A. B.; Costales, M.; Gonzales, G. 2015. Ministerio de Educación Superior. Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. p.112-117.
- 24.Fonseca, F.; Molinet, D.; Arias, R.; Agüero, F. and Torres, M. 2013. Efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares (cepa *Glomus fasciculatum*) y la materia orgánica en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Granma Ciencia*. 2 (17): 29-35.
- 25.Freepons, D. 1990. Plant growth regulators derived from chitin. United State Patent 4964894.
- 26.Fry, S. C.; Aldington, S.; Hetherington, P. R. and Aitken, J. 1993. Oligosaccharides as signals and substrates in the plant cell wall. *Plant Physiol*. 103: 1-5.
- 27.García, C. R. 1998. El ajo, cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- 28.Hadwiger, L. A. 1989. Method for treating cereal crop seed with chitosan to enhance yield, root growth and stem strength. Canadian Patent.
- 29.Huez, L. A.; López, J.; Jiménez, J.; Garza, S.; Preciado, A.; Álvarez, A.; Valenzuela, P. y Rodríguez, J. 2010. Fertilización nitrogenada en el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la costa de Hermosillo. *Biotecnia*. 7(3): 23-31.

30. Huerres, Consuelo y Caraballo, Nelia. 1996. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p. 171-185.
31. Iriti, M.; Picchi, V.; Rossoni, M.; Gomarasca, S., Ludwig, N.; Garganoand, M. y Faoro, F. 2009. Chitosan antitranspirat activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. *Env. Exp. Bot.* 66: 493-500.
32. Japon, J. 1984. El cultivo del ajo. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Hojas divulgadoras. 16 p.
33. Jiménez, N.; Gonzales, G.; Jiménez, Maria.; Silvestre, P.; Falcón, R. 2009. Evaluación de tres dosis de quitosana en el cultivo de pepino en un periodo tardío. *Granma Ciencia* 13(1): 1-6.
34. Khan, W.; Prithviraj, B. y Smith, D. L. 2010. Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. *Photosynthetica.* 40: 621-624.
35. Koochafkan, P.; Altieri, M. A. y Gimenez, E. H. 2012. Green Agriculture: foundations for biodiverse, resilient and productive agricultural systems. *International Journal of Agricultural Sustainability.* 10(1): 61-75.
36. Kowalski, B.; Jiménez, F.; Herrera, L. y Agramonte, D. 2006. Application of soluble chitosan in vitro and in greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers. *Potato Res.* 49: 167-176.
37. Lee, S.; Choi, H.; Suh, S.; Doo, I. S.; Oh, K. Y.; Jeong, E.; Schroe, A. T.; Low, S. y Lee, Y. 1999. Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing of reactive oxygen species from guard cells of tomato and *Commelina com.* *Plant Physiology.* 121: 147-152.
38. Lowry, O. H.; Rosebrough, N. J.; Farr, A. L. and Randall, R. 1951. Protein measurement the Folinphenol reagent. *J Biol Chem.* 193: 265-275.
39. Maroto, B, J. s/f. Ajo. Universidad politécnica de Valencia. Serie Agricultura.
40. Marrero, A.; Hernández, A.; Caballero, R.; Casanova, A.; Jiménez, S.; Iglesias, I.; León, M., Salgado. 2009. Guía Técnica para la producción de ajo. Ministerio de la Agricultura Instituto de Investigación Hortícolas "Liliana Dimitrova". Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana Cuba. p. 5-14.

41. Martínez, L. 2007. Cultivos: Ajo y Cebolla. En: Manejo integrado de plagas, Manual Práctico. Centro Nacional de Sanidad Vegetal, La Habana, Cuba. p. 24-36.
42. Mawgoud, A. M. R. A.; Tantawy, A. S.; El-Nemr, M.A. y Sassine, Y. N. 2010. Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *Eur. J. of Scie. Research.* 39: 161-168.
43. Majeti, N. V. y Kumar, R. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *React and Funct. Polym.* 46: 1–27.
44. Miller, G. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428.
45. MINAGRI. 2000. Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos. INIFAT. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. ACTAF. p. 47- 53.
46. Mozaffari, N. A. S.; Shabani, S.; Bayat, M. y Ebrahim, H. S. 2014. Antibacterial Effect of Garlic Aqueous Extract on *Staphylococcus aureus* in Hamburger". *Jundishapur Journal of Microbiology.* 7(11): 31-34.
47. Muñoz, L.; Almagel, L.; Benítez, M.; Brito, G.; Cáceres, I.; Castellanos, J.; Fraga, S.; Gil, J. F.; López, M. y Prats, A. 2010. El cultivo y mejoramiento de la producción de ajo en Cuba. ACTAF. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT). p.18-19.
48. No, H. K. y Meyers, S. P. 1995. Preparation and characterization of chitin and chitosan – a review. *J. Aquatic Food Product Tech.* 4: 27-52.
49. Ohta, K.; Morishita, S.; Suda, K.; Kobayashi, N. y Hosoki, T. 2004. Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 73: 66-68.
50. ONEI. 2014. Sector agropecuario. Indicadores seleccionados. Enero - septiembre de 2014. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. 15 p.

51. Paredes, E.; Pérez, E.; La O, F.; López, M.; Pérez, S.; Ronda, R. y Jiménez, L. 2008. Manejo Integrado en áreas dedicadas al cultivo del ajo (*Allium sativus* L.).
52. Pérez, M. L.; García, P. M.; Ramírez, R.; Barrera, J. L. 2003. Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento agronómico e industrial en Irapuato, Guanajuato. Gto. Acta Universitaria. 13(3): 57-65.
53. Pérez, C. 2013. Efecto de diferentes dosis de aplicación del producto Quitomax en la respuesta productiva del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
54. Pomares, F.; Baixauli, C.; Aguilar, J. M. and Ribó, M. 2008. Respuesta de una rotación de hortalizas ecológicas y de producción integrada a diferentes modalidades de gestión de los restos de cultivo. p. 25-30.
55. Prapagdee, B.; Kotchadat, K.; Kumsopa, A. y Visarathanont, N. 2007. The role of chitosan in protection of soybean from sudden death syndrome caused by *Fusarium solanif* sp. Glycines. Bioresource Tech., 98: 1353-1358.
56. Prashanth, K. V. H. y Tharanathan, R. N. 2007. Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential-an overview. Trends in Food Science & Tech. 18: 117-131.
57. Pulido, J. y Hernández, M. 2009. Guía técnica para la producción del cultivo del ajo. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" La Habana, Cuba. p. 5-6.
58. Pupo, F. C.; González, Gladia; Carmenate, O.; Peña, L.; Pérez, V. y Rodríguez, E. 2016. Respuestas del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) a la aplicación de dos bioproductos en las condiciones edafoclimáticas del centro este de la provincia de Las Tunas, Cuba. Cultivos Tropicales. 37(4): 57-66.
59. Ramos, M.; Ortega, S.; Hernández, A. N.; Alia, I.; Bosquez, E. y Bautista, S. 2009. Response of gladiolus (*Gladiolus* spp) plants after exposure corms to chitosan and hot water treatments. Scientia Horticulturae. 121: 480-484.

- 60.Reddy, M. V.; Arul, J.; Angers, P. y Couture, L. 1999. Chitosan treatment of wheat seeds induces resistanceto *Fusarium graminearun* and improves seed quality. J. Agric. Food Chem. 47: 1208-1216.
- 61.Reuben, S. O.; Yahya, S. N.; Misangu R. N. and Mulungu. L. S. 2006. Field evaluation on effects of common spices in the control of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) pest of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) commercial cultivar. Asian Journal of Plant Sciences. 5: 85-90.
- 62.Reveles, H. M.; Velásquez, R. y Bravo, A, G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo experimental Zacatecas. Calera, Zacateca, México. 272 p.
- 63.Roller, S. y Covill, N. 1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. Int. J. Food Microbiol. 47: 67-77.
- 64.Roselló O. J. 2003. Extractos naturales utilizados en agricultura ecológica. Centro de Química Farmacéutica. La Habana, Cuba. 20 p.
- 65.Salas, J. 2001. Eficacia de un repelente basado en ajo para la reducción poblacional de mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Agronomía Tropical. 51: 163174.
- 66.Sánchez, Eslhey María; Rojas, Sahily y Agüero, Nilvia Norma 2016. Investigaciones actuales del empleo de *Allium sativum* en medicina. Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta. 41 (3): 1-8.
- 67.Shao, C. X.; Hu, J.; Song, W. J. y Hu, W. M. 2005. Effects of seed priming with chitosan solutions of different acidity on seed germination and physiological characteristics of maize seedling. J. Zhejiang Univ. Agric. Life Sci. 1: 705-708.
- 68.Sharathchandra, R. G.; Niranjan Raj, S.; Shetty, N. P.; Amruthesh, K. N. y Shetty, H. S. 2004. A chitosan formulation Elexa TM induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. Crop Protection. 23:881-888.
- 69.Sheikha, S. A. y Malki, F. M. A. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plantsto the chitosan applications. European Journal of Scientific Research. 50 (1): 124-134.

70. Thompson, M.; Al-Qattan, K. K.; Bordia, T. and Ali, M. 2006. Including garlic in the diet may help lower blood glucose, cholesterol, and triglycerides. *Journal of Nutrition*. (Supplement) 136: 800S-802S.
71. Torres, L. E. 2012. Metodología para la propagación masiva de semillas de ajo (*Allium sativum* L.) libre de enfermedades mediante el cultivo de tejidos. Trabajo de posgrado en agronomía. Universidad Central de Venezuela.
72. Torres, L. I. 2011. Efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de la quitosana en la respuesta productiva del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Call White. Matanzas. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
73. Utsunomiya, N.; Kinai, H.; Matsui, Y. y Takebayashi, T. 1998. The effects of chitosan oligosaccharides soil conditioner and nitrogen fertilizer on the flowering and fruit growth of purple passion fruit (*Pasiflora edulis Sims var. edulis*). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 67: 567-571.
74. Walker, R.; Morris, S.; Brown, P. y Gracie, A. 2004. Evaluation of potencial for chitosan to enhance plant defence. In: Report of Rural Industries Research and Development Corporation, Publication No. 4, Project No. RS. 49 p.
75. Zepp, G.; Harwood, J. and Somwaru, A. 1996. Garlic: An Economic Assessment of the Feasibility of Providing Multiple-Peril Crop Insurance. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture for the Office of Risk Management. 48 p.
76. Zhou, Y. G.; Yang, Y. D.; Qi, Y. G.; Zhang, Z. M.; Wang, X. J. y Hu, X. J. 2002. Effects of chitosan on some physiological activity in germinating seed of peanut. *J. Peanut Sci.* 31: 22-25.