



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO



**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN DEL
PRODUCTO QUITOMAX[®] EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA
DEL CULTIVO DEL AJO (*Allium sativum* L.).**

AUTOR: ANNALIE CUE GONZÁLEZ

TUTOR: MSc. LILIBETH RODRÍGUEZ IZQUIERDO

Julio, 2018

Nota de aceptación

Presidente del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Dado en Matanzas, a los ____ días del mes de _____ de 2018.

“Año 60 de la Revolución”

Agradecimientos

- ♥ A la Revolución y en especial a nuestro Comandante Fidel por la oportunidad de formarme como Ingeniera.
- ♥ A mi tutora Lilibeth Rodríguez Izquierdo por su dedicación y sus señalamientos oportunos.
- ♥ A todos los profesores de la carrera de Agronomía por su profesionalidad pedagógica en el desarrollo de cada curso.
- ♥ A los trabajadores del organopónico que colaboraron en el montaje del experimento y todos aquellos que de una forma u otra me brindaron su apoyo.
- ♥ A mi abuelo que en paz descansa y Dios me lo bendiga, este era su gran sueño.
- ♥ A mi madre por su amor, comprensión y apoyo incondicional en cada reto, durante toda mi vida y en especial en estos cinco años de estudios universitarios.
- ♥ A mi abuela y mis tías que han contribuido a la formación de mi educación y por confiar siempre en mí.
- ♥ A mi hermano que de una forma u otra siempre está conmigo.
- ♥ A mi novio, quién me ha apoyado e impulsado a terminar mis estudios universitarios.
- ♥ A mis amigos y compañeros que me han acompañado en este largo periodo de estudios.
- ♥ A todos muchas gracias...

Opinión del tutor

El Trabajo de Diploma: Efecto de diferentes dosis de aplicación del producto QuitoMax[®] en la respuesta productiva del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.), de la estudiante Annalie Cue González, es el resultado de un constante y profundo estudio investigativo.

La aplicación de productos naturales de manufactura nacional en los sistemas de producción agrícolas que permitan reducir la aplicación de insumos químicos importados, es una prioridad del país. Su empleo representa un impacto económico, político y social, pues proporciona independencia de los mercados internacionales en constante subida de precios y elevan la producción de los cultivos lo cual incrementa la eficiencia de los sistemas agrícolas.

El trabajo que se presenta posee alto valor científico y amplias posibilidades de aplicación práctica. La investigación valida, por primera vez en el país, el efecto positivo del QuitoMax[®] en el crecimiento y desarrollo del ajo. Los resultados obtenidos reafirman que el bioestimulante aumenta los beneficios económicos, al permitir incrementos productivos significativos respecto a las plantas no tratadas, constituyendo por tanto una alternativa agroecológica para incrementar el rendimiento de este cultivo en el agroecosistema campesino con un menor costo económico y medio ambiental.

La persistencia, seriedad, laboriosidad y responsabilidad, son valores puestos de manifiesto por la estudiante en todo momento, y la ardua labor realizada en esta última etapa de su vida estudiantil, permiten que hoy pueda aportar valiosos resultados al desarrollo de la agricultura del territorio.

Por lo antes expuesto se propone que este trabajo sea aceptado por el tribunal y se le otorgue a la estudiante el título de Ingeniera Agrónoma.

MSc. Lilibeth Rodríguez Izquierdo

Resumen

La investigación se desarrolló en el Organopónico de la Universidad de Matanzas durante dos campañas de frío comprendidas entre los años 2015 y 2017, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación del bioestimulante QuitoMax[®] en el comportamiento agroproductivo del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.). Se empleó el clon de ajo “vietnamita”, con un ciclo de 120 días después de plantado (DDP). Se estableció un diseño experimental de bloque al azar con cinco réplicas en un área de 125 m². Se evaluaron dosis de 75, 150, 300 y 500 mg.ha⁻¹ del producto aplicadas a los 50 y 80 DDP. A los 100 DDP, se analizó la altura de las plantas y número de hojas activas. En la cosecha se determinaron las variables: diámetro polar y ecuatorial del bulbo (cm), masa del bulbo (g), número de dientes y rendimiento (t.ha⁻¹). Los resultados evidencian el efecto positivo del bioestimulante en la productividad de las plantas y la calidad comercial de los bulbos, expresado en un notable aumento de los rendimientos, que alcanzan valores de hasta 11 t.ha⁻¹ con el empleo de la menor dosis de aplicación.

Índice

Contenidos	Página
Introducción	1
Problema e Hipótesis	3
Objetivos	3
Revisión bibliográfica	4
• Generalidades del cultivo del ajo	4
• Origen	4
• Distribución geográfica e importancia económica.	4
• Clasificación taxonómica.	6
• Características morfológicas	6
• Fenología del cultivo del ajo	7
• Requerimientos del cultivo.	8
• Uso de bioestimuladores en la agricultura.	10
• Quitosana. Principales características y propiedades.	12
• Influencia de la quitosana en la estimulación del crecimiento y desarrollo de plantas.	15
• QuitoMax [®] resultados y perspectivas en la producción agrícola.	16
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	21
Conclusiones	30
Recomendaciones	31
Bibliografía	32

Introducción

El mundo enfrenta en la actualidad, la mayor crisis de todos los tiempos, en el ámbito ambiental, económico-financiero y alimentario; este último motivado por el rápido crecimiento demográfico mundial y la disminución de las tierras cultivables a un ritmo acelerado, que implicará mayor escasez de alimentos.

En los últimos años, el incremento de los rendimientos de los cultivos, ha estado motivado más por el aumento de las producciones, que por el incremento de las áreas cultivadas, lo cual solo se ha logrado con el uso y abuso de productos químicos que degradan cada vez más las bases productivas y atentan contra la salud de los propios consumidores.

Por otra parte, la utilización desmedida de productos químicos a partir de la Revolución Verde, ha provocado una disminución en la capacidad productiva de los suelos manifestándose diferentes procesos degradativos como: la compactación, salinización, desertificación, contaminación de los suelos, el agua y los propios cultivos, la pérdida de la biodiversidad, entre otros trastornos ecológicos que hacen peligrar la propia existencia del hombre. Ante esta realidad los países subdesarrollados y en vías de desarrollo deben poner en práctica alternativas sostenibles de producción agrícola para satisfacer sus necesidades alimentarias sin comprometer las generaciones futuras.

Las hortalizas constituyen un grupo importante entre los alimentos demandados por la población, de ahí que el aumento de la producción de estos cultivos se considere una prioridad en la agricultura de muchos países. En Cuba se siembran alrededor de 185 743 hectáreas anualmente y se producen cerca de 1 942 800 toneladas (ONEI, 2017 a y b). En la provincia de Matanzas, se dedican 4 600 hectáreas anuales a la producción de hortalizas, alcanzándose producciones de 99 100 toneladas, desarrolladas en un 70,7 % por el sector no estatal (ONEI, 2017 c).

El ajo (*Allium sativum* L.) representa un importante renglón en las hortalizas que se cultivan en el país. Su desarrollo está afectado por las condiciones climáticas y la aparición de diferentes enfermedades que provocan la disminución de su rendimiento (Izquierdo y Gómez, 2012); por ello figura entre los cultivos que más alta carga de

productos fertilizantes y plaguicidas químicos recibe, en muchos casos de forma excesiva, para lograr resultados productivos aceptables (Marrero *et al.*, 2010). Sin embargo, en las condiciones de Cuba, los rendimientos históricos resultan bajos (Izquierdo y Gómez, 2007), en relación con los obtenidos en otros países que reportan más de 10 t.ha⁻¹ (Izquierdo y Gómez, 2005; Huez *et al.*, 2010), lo que hace imprescindible buscar alternativas viables que contribuyan a mejorar el crecimiento y desarrollo de esta planta, y su productividad.

Ante la necesidad de producir más y con mejor calidad, se trabaja en la búsqueda de alternativas que permitan desarrollar las producciones a un bajo costo económico y ambiental. Así han surgido productos bioactivos de origen natural que favorecen el desarrollo fisiológico de los vegetales, dentro de los cuales la quitosana comienza a destacarse por su impacto en el incremento en la productividad y el rendimiento en frutas y vegetales (El Ghaouth *et al.*, 1991; Bautista-Baños *et al.*, 2006; El Haldrami *et al.*, 2010).

Investigadores del Grupo de Productos Bioactivos (GPB) del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) desarrolla productos a base de quitosanas (QuitoMax[®]), como principal agente activo, que ejercen diferentes efectos biológicos en plantas y permiten diversas aplicaciones como alternativas para diferentes agroquímicos. (Falcón *et al.*, 2005), dándose a la tarea de validar y extender su uso en cultivos de interés económico para el país sobre todo los más dependientes de grandes paquetes tecnológicos.

Problema

En las condiciones de Cuba, los rendimientos del cultivo del ajo resultan bajos y están condicionados al empleo de insumos químicos que encarecen los costos productivos y ambientales.

Hipótesis

La aplicación del producto QuitoMax[®] en el cultivo del ajo permitirá por su acción estimulante, un mejor desarrollo fisiológico de las plantas y el incremento en los rendimientos potenciales del cultivo, constituyendo una alternativa económica viable a la aplicación de agrotóxicos.

Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación del bioestimulante QuitoMax[®] en el comportamiento agroproductivo del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.).

Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de cuatro dosis de aplicación del producto QuitoMax[®] en el crecimiento y desarrollo de algunas variables agromorfológicas que componen el rendimiento.
2. Evaluar la influencia de diferentes dosis del producto en el incremento de los rendimientos del cultivo.

Revisión bibliográfica

1.1 Generalidades del cultivo del ajo.

1.1.1 Origen.

El ajo es originario del centro y sur de Asia desde donde se propagó al área mediterránea y de ahí al resto del mundo. Se cultiva desde hace miles de años; aproximadamente unos 3.000 años a. C., ya se consumía en la India y en Egipto. A finales del siglo XV los españoles lo introdujeron en el continente americano (Campelo *et al.*, 2016).

En Cuba se introdujo desde principios de siglo XIX; en la actualidad se cultiva en todo el país, pero la producción nunca ha sido lo suficientemente amplia como para lograr el autoabastecimiento del producto (Izquierdo y Gómez, 2007).

1.1.2 Distribución geográfica e importancia económica.

La producción mundial de ajo y el comercio internacional han venido experimentando un sostenido aumento, como consecuencia del cambio de los hábitos de consumo hacia una alimentación más saludable y del reconocimiento de sus propiedades terapéuticas (Lucier y Biing-Hwan, 2000; Boriss, 2006).

Los principales países productores son, en su mayoría, países asiáticos que son consumidores tradicionales: China, India, Corea y Tailandia. Éstos, junto a otros 12 países, entre los cuales se encuentran España, EE.UU., Brasil, Argentina, Chile y Perú concentran el 90 % de la superficie cultivada a nivel mundial (Aljaro *et al.*, 2009).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015), el cultivo mundial de ajo (*Allium sativum* L.) alcanzo alrededor de 25 millones de toneladas y 17 t.ha⁻¹, en producción y rendimientos, respectivamente.

Tabla 1. Superficie cosechada, producción y rendimiento de los principales países productores de ajo.

País	Superficie cosechada (ha)	Producción (toneladas)	Rendimiento (ton/ha)	Participación en producción (%)
China	664.144	13.664.069	20.6	77.3
India	164.860	833.970	5.1	4.7
República de Corea	22.414	271.560	12.1	1.5
Egipto	9.674	244.626	25.3	1.4
Rusia	26.800	213.480	8.0	1.2
Myanmar	28.400	185.900	6.5	1.1
Etiopía	15.361	180.300	11.7	1.0
Estados Unidos	9.210	169.510	18.4	1.0
Bangladesh	37.055	164.392	4.4	0.9
Ucrania	19.500	157.400	8.1	0.9
España	14.200	136.000	9.6	0.8
Argentina	14.000	128.900	9.2	0.7
Brasil	10.542	104.586	9.9	0.6
Turquía	9.510	76.936	8.1	0.4
Argelia	12.100	70.700	5.8	0.4
Chile	1.258	12.000	9.5	0.1
Total mundial	1.199.929	17.674.893	14.7	100.0

Fuente: elaborado por Odepa con información de Faostat 2012

La producción mundial de ajo, aunque más reducida que otras hortalizas alcanza niveles de más de dos millones de toneladas y se dedican a su cultivo más de 377 000 hectáreas. China es el mayor productor mundial con 555 000 toneladas; en América las mayores producciones corresponden a Estados Unidos con 78 000 toneladas, seguido de Brasil y México con 70 000 y 43 000 toneladas respectivamente (Prato-Sarmiento, 2016).

En Cuba, el ajo es una de las especies hortícolas de más utilización por la población, fundamentalmente como condimento. Prácticamente durante todo el período pre revolucionario e incluso después del Triunfo de la Revolución anualmente se importaba el ajo para cumplimentar, aunque limitadamente los requerimientos racionales.

Los altos precios del ajo en el mercado mundial, las dificultades para su adquisición en diferentes países productores y los lineamientos trazados nacionalmente de reducir al

mínimo las importaciones de determinados productos, ha traído como consecuencia el establecimiento de planes con vista a incrementar la producción del cultivo en el país priorizándolo en cuanto a la asignación de recursos se refiere. Prácticamente en todas las provincias del país, se han establecido áreas de siembra que permitan incrementar la obtención de semillas con vistas a lograr el autoabastecimiento del producto, por lo que se trabaja en la obtención de nuevos genotipos, que se adapten a las condiciones edafoclimáticas y con un rendimiento superior a las 3 t.ha⁻¹ (Izquierdo y Gómez, 2007).

1.1.3 Clasificación taxonómica.

El ajo, cuyo nombre científico es *Allium sativum* L., con relación a su clasificación taxonómica de las angiospermas realizada por Melchior en 1964 fue ubicada en el género *Allium* en la familia *Liliaceae*; clasificaciones realizadas posteriormente, lo ubicaron en la familia *Amarillidaceae* con base en la estructura de la inflorescencia. En la más reciente clasificación de las monocotiledoneas se ha aceptado en la familia *Alliaceae*, con lo que Takhtajan en 1997 propone la siguiente clasificación taxonómica (Fritsch y Friesen, 2002):

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Liliidae*

Superorden: *Lilianaes*

Orden: *Amaryllidales*

Familia: *Alliaceae*

Subfamilia: *Allioideae*

Tribu: *Allieae*

Género: *Allium*

1.1.4 Características morfológicas

La planta del ajo llega a medir desde 30 hasta cerca de 90 centímetros de altura, es una planta herbácea, bulbosa perenne, sus bulbos son odoríferos, sus raíces son adventicias que se localizan entre 5 y 45 centímetros de profundidad, aunque llegan a medir hasta 70 y 80 centímetros de longitud (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

El verdadero tallo mide cerca de 30 milímetros de diámetro y 5 milímetros de altura y tiene forma de plato, del cual nacen las hojas y raíces, las hojas miden de uno a tres centímetros de ancho y de 20 a 50 centímetros de largo, están formadas por una vaina y un limbo aplanado, estrecho, largo y fistuloso, con una nervadura central bien desarrollada y con terminación en punta; el falso tallo es corto y erecto y está constituido por las vainas de las hojas. En la base de las vainas de las hojas no se acumulan sustancias nutritivas y al morir se convierten en túnicas protectoras (llamadas catáfilas) del bulbo.

El bulbo está compuesto de varios bulbillos o dientes unidos en su base que se forman en las axilas de las hojas en número de seis o siete en adelante, por lo que se les considera hojas transformadas que sirven para almacenar reservas de la planta; los bulbillos son envueltos de manera individual por túnicas interiores, mientras que el bulbo completo es envuelto por túnicas exteriores transparentes membranosas de coloraciones que van del blanco al rojizo o púrpura y que se forman en el interior de las hojas envainadas (Kamenetsky y Rabinowich, 2006).

La planta de ajo puede producir un tallo o escapo floral en cuya parte superior aparece la inflorescencia en forma de umbela esferoidal cubierta por una bráctea grande, membranosa y caduca. La umbela está constituida por flores pequeñas con seis sépalos y pétalos de color blanco o rosado así como seis estambres y un pistilo que al madurar dan origen a un fruto con tres cavidades, cada una con dos semillas, que rara vez se producen (Peña-Iglesias, 1988; Sarita, 1995; Kemper, 2000).

1.1.4 Fenología del cultivo del ajo

El ajo se caracteriza por la amplia variedad fenotípica (Pérez *et al.* 2010). No obstante, se ha demostrado poca diversidad genética, así, los cultivares o ecotipos son clasificados de acuerdo a parámetros morfológicos y de rendimientos (Rosen y Tong 2001; Acosta *et al.* 2008).

Durante su desarrollo, ocurren varios estadios o etapas como:

- De brotación de las semillas (dientes) hasta formación de las primeras 5-6 hojas, llamadas hojas estériles. Esta etapa está comprendida desde la brotación hasta aproximadamente 60-70 días en dependencia de la variedad.
- De formación de las hojas fértiles hasta el máximo crecimiento de estas. Se forman de 4 a 5 hojas fértiles hasta alcanzar la máxima altura.
- De máximo crecimiento de las hojas a inicio de formación de las yemas, esta etapa puede durar alrededor de 1 mes y se caracteriza porque las yemas acumulan poco en sustancias de reservas.
- De inicio de formación de las yemas a formación del bulbo, se incrementa la acumulación de sustancia de reserva en las yemas o dientes lo que da lugar a la formación del bulbo hasta alcanzar su máximo desarrollo.
- De máximo desarrollo del bulbo hasta el secado total del follaje o lo que se conoce como maduración y por tanto ya la planta está de cosecha.

La caracterización y comprensión de las condiciones ecofisiológicas, en especial la temperatura y el fotoperiodo, son vitales para determinar la adaptabilidad de los cultivares (Portela y Cavagnaro, 2005).

1.1.5 Requerimientos del cultivo

El ajo es una planta muy rústica y prospera en la mayoría de los climas, aunque prefiere los templados y poco sujetos a cambios bruscos (Japon, 1984).

Las plantas se desarrollan en diferentes tipos de suelos siempre que presenten buen abastecimiento de nutrientes. Las características de su sistema radical permiten cultivarlo en suelos relativamente superficiales, pero es conveniente que presenten una estructura friable, con buena aireación y de buen drenaje. El ajo no tolera suelos de estructura pesada y compacta, que formen costras superficiales o se agrieten. Debe ser suelos capaces de retener la humedad que requieren las plantas en forma continua y que posean una fertilidad elevada, ya que el volumen de raíces que se desarrollan en el suelo es escaso para absorber agua y nutrientes. El pH óptimo para su desarrollo oscila entre 6,5 y 7,5.

El ajo es un cultivo muy sensible a las condiciones del medio y su época de desarrollo es muy limitada en el año. Es catalogado como un cultivo invernal, pues su desarrollo foliar puede verse afectado en presencia de altas temperaturas (Llopis, 2017). Las raíces incrementan su velocidad de crecimiento entre 5-10 °C; las temperaturas superiores a 20 °C, pueden afectar el proceso de enraizamiento. El óptimo crecimiento de las hojas y yemas se alcanza a los 15-20 °C.

Con temperatura y humedad adecuadas, las raíces emergen, las hojas retoñan y la planta pasa por un período de crecimiento vegetativo. Son necesarias las bajas temperaturas (vernalización) entre 18 - 20 °C, para inducir la formación del bulbo que se desarrolla con condiciones de temperatura apropiadas y días más largos. La formación y maduración del bulbo, admite temperaturas de 20-25 °C. Valores más elevados de esta variable han mostrado afectaciones en la brotación de los dientes y su producción por bulbo. Períodos de altas temperaturas y elevada pluviosidad pueden producir la pudrición de los dientes y como consecuencia una considerable reducción de la producción.

Los clones que mejor se adaptan, a las condiciones de Cuba son los que inducen el desarrollo del bulbo a 11 horas luz, en cuyo momento debe estar finalizando el estadio de mayor crecimiento, que ocurre entre los 45 y 75 días de la siembra. De este modo, se aprovechan mejor los recursos acumulados. 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. Beneficia su crecimiento, 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. (Muñoz *et al.*, 2010).

La relación entre las temperaturas no muy altas y la duración del día largo, favorece la formación y maduración de los bulbos. Bajo estas condiciones disminuye la ramificación del verdadero tallo y como consecuencia, la formación de yemas y dientes, desarrollándose bulbos bien formados y de pocos dientes.

La regulación de un adecuado régimen hídrico durante el crecimiento y desarrollo del ajo contribuye a la obtención de bulbos de mayor tamaño y mejor formado. Durante la

fase de formación del follaje, la planta no debe carecer de humedad. En la fase de formación de las yemas, la humedad del suelo debe ser controlada pues una elevada humedad en este período puede estimular el crecimiento y la germinación de las yemas recién formadas en lugar de convertirse en dientes normales. El exceso de humedad en este período puede favorecer un mayor crecimiento del falso tallo y las hojas, pero limita la acumulación de las sustancias de reserva en los dientes. Estas tendencias se hacen más evidentes cuando la alta humedad durante dicho periodo está acompañada por una alta fertilización nitrogenada.

Durante el período de inicio de la maduración del bulbo, cuando el falso tallo comienza a ablandarse, la humedad del suelo debe reducirse, porque las túnicas se pudren fácilmente y los bulbos quedan desenvueltos y expuestos al ataque de enfermedades fungosas (pudriciones), además se produce el desgrane de los dientes del bulbo.

1.2 Uso de bioestimuladores en la agricultura.

La agricultura en todo el mundo enfrenta el reto de producir alimentos para una creciente población que en los últimos 20 años ha alcanzado un ritmo promedio de desarrollo anual entre los 93 y 100 millones de personas (Torres, 2011). El grave problema del hambre que afecta a más de 800 millones de personas se concentra en la franja de los llamados “suavemente subdesarrollados” donde se concentra el 95 % del crecimiento de la población y son precisamente los que cuentan con menos posibilidades de financiamiento para enfrentar ese desafío, mucho más si se sabe que los esfuerzos del desarrollo económico basado en los patrones de vida actuales conducen al agotamiento incesante de los bienes naturales y al deterioro del medio ambiente (UNESCO, 2005).

En la actualidad, existen más de 840 millones de personas con una disponibilidad insuficiente de alimentos. En los próximos 20 años, necesitaremos un 50 % más de alimentos, un 30 % más de agua y un 50 % más de energía para alimentar a 1 200 millones de personas más en el mundo; sin embargo, en los últimos 20 años el incremento de la población ha sido muy superior al aumento de la producción por hectárea de tierra cultivada (Revista Digital de Agricultura, 2012).

Elevar los rendimientos productivos constituye una tarea titánica, que está encaminada sobre todo a elevar la productividad de los cultivos, ya no sobre la base del uso desmedido de insumos químicos, sino con la búsqueda de alternativas y materiales menos agresivos que logren su efecto específico en la planta o en sus productos, y no constituyan un riesgo para el medio ambiente. Por otra parte, es necesario garantizar que los diversos productos utilizados en los sistemas agrícolas como biocidas, estimuladores de crecimiento, fertilizantes, etc., no produzcan efectos perjudiciales como la inducción de resistencia en patógenos o su acumulación en los consumidores humanos (Lárez, 2008).

El uso de productos de origen natural ha alcanzado un importante valor, siendo cada vez más utilizados en la producción agrícola a nivel mundial, por contribuir eficazmente a superar el reto planteado por la creciente y continua demanda de alimentos por parte de la población mundial.

En la última década en Cuba, son muchos los bioestimulantes y biofertilizantes orgánicos que se emplean como alternativa en los cultivos agrícolas para superar las situaciones de estrés en las condiciones adversas del medio, favoreciendo su crecimiento, desarrollo y rendimiento, con una disminución de uso de sustancias químicas (Álvarez, 2014).

Esta variedad de productos, cuyo común denominador es el contenido de principios activos, actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentan su desarrollo, mejoran su productividad en la calidad del fruto y contribuyen a mejorar la resistencia de las especies vegetales ante diversas enfermedades (Díaz, 1995).

Su uso foliar, se refiere a la aplicación externa de sustancias en baja concentración generalmente menor al 0,25 % bien sea para activar o retardar procesos fisiológicos específicos, principalmente en el crecimiento (raíz, ápices foliares, yemas), o para contrarrestar demandas energéticas o activación puntual de procesos en el desarrollo y sostenimiento de estructuras (Gómez y Castro, 2010).

Los bioestimulantes son un interesante campo dentro de la ciencia que se usa en la agricultura, prueba de ello lo constituye el I Congreso Mundial sobre el Uso de Bioestimulantes en la Agricultura celebrado en noviembre de 2012 en Estrasburgo,

Francia. Existe mucho interés por conocer su funcionamiento e influencia sobre las plantas, el suelo e incluso los microorganismos presentes en el mismo. Esto se está plasmando en muchas líneas de investigación actuales que comienzan a desarrollarse y que son muy atractivas para las empresas que se dedican a la agricultura, ya que sus resultados están moviendo mucho dinero a nivel mundial (Tortosa, 2012).

El valor de mercado de estos productos se estima entre los 200 y 400 millones de euros, con un crecimiento anual de más del 10 % e inversiones anuales en investigación y desarrollo de entre el 3 y el 10 % de la facturación (Revista Digital de Agricultura, 2012).

Derivado del conocimiento de las hormonas naturales o sustancias inductoras producidas por las plantas y sus efectos sobre el desarrollo y productividad de las mismas, han surgido en el mercado un sin número de bioestimulantes (productos sintéticos y/o complejos que emulan a dichas hormonas química y funcionalmente), así como algunos extractos de origen vegetal y marino que contienen algunos de esos productos naturales y los cuales son empleados en aplicaciones exógenas, con fines de lograr alguna ventaja comercial o competitiva. Los grupos de compuestos hormonales descubiertos y reportados hasta el momento y que tienen un impacto significativo sobre el desarrollo y manejo en los cultivos son los siguientes: auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno, ácido abscísico, brasinoesteroides, salicilatos, jasmonatos y oligosacarinas.

1.2.1. Quitosana. Principales características y propiedades.

La quitosana es el principal derivado de la quitina, polímero natural más abundante después de la celulosa, descubierto por Braconno en 1811. En 1859, Rouget descubrió que el tratamiento de la quitina con una solución concentrada de hidróxido potásico a ebullición la modificaba transformándola en un compuesto soluble en soluciones de ácidos diluidos, más tarde designado como quitosana por Hoppe-Seiler (Gacén y Gacén, 1996).

La quitosana es un polímero lineal formado por residuos de glucosamina unidos por enlaces β 1-4, cuyos grupos aminos pueden estar parcialmente acetilados (Falcón *et*

al., 2012). Es químicamente similar a la celulosa de la que difiere en que el grupo hidroxilo del C-2 de la unidad de anhidroglucosa ha sido sustituido por un grupo amino.

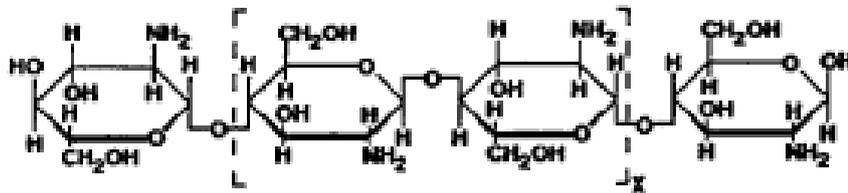


Figura 1. Estructura monomérica y enlaces que conforman el polímero de quitosana.

Las cargas positivas presentes en el grupo amino de la quitosana le confieren a la molécula un carácter policationico y determinan numerosas y únicas propiedades biológicas de gran importancia. Usualmente, los polímeros de quitosana que se obtienen y se aplican con distintos fines, poseen una acetilación parcial de los grupos aminos dependiente del método y las condiciones en que se obtuvieron a partir de la quitina. Debido a la reactividad biológica de las cargas positivas del grupo amino, estos tendrán más o menos actividad biológica, en dependencia del número y distribución de cargas positivas en la molécula.

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 $1-2,5 \times 10^6$ a $1-5 \times 10^5$ (Majeti y Kumar, 2000).

La quitosana, es la oligosacarina, más estudiada y de mayores aplicaciones en el campo de la agricultura de pre y pos-cosecha. Estos compuestos ejercen diferentes efectos biológicos que los hacen deseables para su uso agrícola, como son la activación de resistencia basal en las plantas contra sus principales patógenos (El Handrami *et al.*, 2010; Meng *et al.*, 2010; Falcón-Rodríguez *et al.*, 2011, 2012), actividad antimicrobiana directa contra diversos patógenos (Badawy y Rabea, 2011; Falcón-Rodríguez *et al.*, 2012; Katiyar *et al.*, 2014), la estimulación del crecimiento, desarrollo y los rendimientos en cultivos de interés (Kim, 2010; Sheikha y Malki, 2011, Mahdavi, 2013), así como, sus características de compuesto inocuo y biodegradable (Velásquez, 2008, Falcón *et al.*, 2010).

La tabla 2 muestra algunas de las aplicaciones que se han ensayado para este biopolímero en actividades relacionadas con la agricultura.

Tabla 2. Algunas de las aplicaciones de la quitosana en actividades relacionadas con la agricultura.

Usos	Propiedades aprovechadas	Referencias	Cultivo
Películas para recubrimiento de frutos, hojas, semillas y vegetales frescos	Antimicrobiana	Devlieghere <i>et al.</i> , (2004) Galed <i>et al.</i> , (2004) Srinivasa <i>et al.</i> , (2004) Ratanachinakorn <i>et al.</i> , (2005) Hewajulige <i>et al.</i> , (2007)	Cítricos, mango, toronja, lechosa (papaya), fresa, tomate
Clarificación de jugos de fruta	Coagulante Floculante	Root y Johnson, (1978) Boguslawski <i>et al.</i> , (1990) Hongfei y Hesheng, (2003) Chatterjee <i>et al.</i> , (2004)	Pera, toronja, limón, manzana
Protección de plántulas	Fungicida	Lafontaine y Benhamou, (1996) Barka <i>et al.</i> , (2004)	Uva, tomate
Liberación controlada de agroquímicos	Formación de hidrogeles, labilidad de derivados	Hirano, (1978) McCormick <i>et al.</i> , (1982) Teixeira <i>et al.</i> , (1990) Palma <i>et al.</i> , (2005)	Arándano
Estimulación del crecimiento	Bioestimulante	Nge <i>et al.</i> , (2006)	Orquídea
Inhibidor del oscurecimiento de frutos y tubérculos	Biocida	Waliszewski <i>et al.</i> , (2002)	Banana, papa
Biocidas	Antimicrobiana	Bautista-Baños <i>et al.</i> , (2006) Hadwiger y McBride, (2006) Liu <i>et al.</i> , (2007)	Tomate, papa, hortalizas
Corrección de sustratos de crecimiento	Fungicida Nematicida	Sneh y Henis, (1972) Abd-El-Kareem, (2002) Abd-El-Kareem <i>et al.</i> , (2002, 2004 y 2006)	Lupino blanco Guisante, apio, tomate, papa
Inductor de mecanismos de defensa	Inductor de resistencia	Khan <i>et al.</i> , (2003)	Soya

1.2.2 Influencia de la quitosana en la estimulación del crecimiento y desarrollo de plantas.

Las primeras patentes relacionadas con la estimulación del crecimiento y los rendimientos de cereales previamente tratados con quitosana datan de finales de la década de los 80 (Hadwiger, 1989).

En sentido general, la aplicación de quitosana ha mostrado efectos positivos en el crecimiento de las plantas, tanto en la estimulación de la germinación de semillas como en el crecimiento de partes de la planta como: raíces, retoños y hojas. En algunos casos, se ha observado que la estimulación de la germinación de semillas tratadas ha logrado elevar el porcentaje de germinación a los niveles requeridos para la certificación (Bhaskara *et al.*, 1999; Reddy *et al.*, 1999; No *et al.*, 2007) y un mejor desarrollo y producción de brotes en las posturas obtenidas (Zhou *et al.*, 2002; Shao *et al.*, 2005; Cho, No y Prinyawiwatkul, 2008).

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 (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 fueron informados por Sheikha y Malki (2011), destacándose en sus resultados que las mejores respuestas fueron encontradas con las menores dosis utilizadas.

Otras evidencias de los efectos positivos en el crecimiento de las plantas han sido señaladas por Hirano (1992) en el cultivo de la col, por Lee *et al.* (2005) en soya, por Kim *et al.* (2005) en albahaca y Valdés (2017) en frijol.

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), entre los que cabe resaltar al tomate (Falcón, 2012; Rodríguez *et al.*, 2013), papa (Torres, 2011; Morales *et al.*, 2015), tabaco (Araujo, 2012) y maíz (Lizárraga, 2013).

Por otra parte, Benavides-Mendoza *et al.* (2004) atribuyeron al polímero capacidades de desarrollar tolerancia al estrés biótico y abiótico en cultivos de lechuga, cebolla y tomate.

Los efectos beneficiosos del polímero se han observado también en plantas florales (Wanichpongpan *et al.*, 2001). Así, cuando se aplicaron soluciones muy diluidas en las raíces de orquídeas, en forma de aerosol, éstas mostraron una estimulación en su crecimiento y renovaron su producción de flores (Chandrkrachang, 2002), entre otros efectos favorables.

Aunque se han reportado efectos positivos de la aplicación directa de quitosana sobre los tejidos foliares (Benavides-Mendoza *et al.*, 2001, 2002), fruta (Salvador *et al.*, 1999; Hernández *et al.*, 2001) o suelo (Ohta *et al.*, 2004), es necesario explorar nuevas alternativas que aumenten la eficiencia de las aplicaciones en plantas.

1.2.3 QuitoMax[®] resultados y perspectivas en la producción agrícola.

QuitoMax[®] es biostimulante líquido de producción nacional, desarrollado por el GPB del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, a partir de formulados de quitosana; cuyo uso se valida en campo mediante extensiones y campos controles en diferentes provincias de Cuba.

En este sentido durante las campañas agrícolas de 2012-2015, se extendió a cientos a miles de hectáreas en el país fundamentalmente en los cultivos de papa, frijol y maíz. En la campaña 2014-2015 se generalizó en las 1 700 ha de papa plantadas en la provincia de Mayabeque y se extendió en cientos de hectáreas de Matanzas y Ciego de Ávila obteniéndose incrementos de más de tres toneladas por hectárea como promedio. En frijol se generalizó en más de 2 000 ha en la misma provincia y en más de 1000 ha a nivel nacional en el cultivo del maíz. Adicionalmente, se ha extendido en decenas de hectáreas en el cultivo del tomate y el tabaco en la provincia de Granma (Falcón *et al.*, 2015).

En la provincia de Matanzas se ha validado su aplicación en condiciones de organopónicos y huertos intensivos con resultados favorables en cultivos como: tomate (Pérez, 2013), papa (Hernández, 2013; Pino, 2014), tabaco (Díaz, 2013 b), frijol (Valdés, 2017) lechuga (Batista, 2013) y la cebolla (Díaz, 2013 a; Tejera, 2013).

Los resultados demuestran la eficacia del producto en la estimulación del crecimiento y desarrollo de las variables agroproductivas e incrementos de los rendimientos del 10 al 60 % por encima de los controles en dependencia de las dosis de aplicación experimentadas, del cultivo y la localidad de que se trate (González *et al.*, 2010; Jiménez *et al.*, 2010; Costales, 2013; Falcón *et al.*, 2015, Morales *et al.*, 2016).

Materiales y métodos

2.1 Descripción del experimento.

La investigación se realizó en el Organopónico de la Universidad de Matanzas durante dos campañas de frío comprendidas entre los años 2015 y 2017.

Tabla 3. Fecha de siembra y cosecha en las campañas evaluadas.

	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
Primera campaña	Noviembre/2015	Marzo/2016
Segunda campaña	Diciembre/2016	Abril/2017

Se empleó el clon de ajo “Vietnamita”, con un ciclo de 120 días después de plantado, estableciéndose un marco de plantación de 0,10 x 0,25 m.

Para el montaje del experimento se seleccionó un área de 125 m², constituida por parcelas de 5 m² (25 unidades experimentales) teniendo como sustrato una mezcla de suelo Ferralítico Rojo según clasificación genética de Hernández *et al.* (1999) y materia orgánica constituida por estiércol vacuno descompuesto en proporción de 50:50. Se estableció un diseño de bloque al azar con cinco tratamientos y cinco réplicas (Figura 2).

Se evaluaron los siguientes tratamientos:

- T1: Control. Sin aplicación del producto.
- T2: Aplicación de 75 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®].
- T3: Aplicación de 150 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®].
- T4: Aplicación de 300 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®].
- T5: Aplicación de 500 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®].

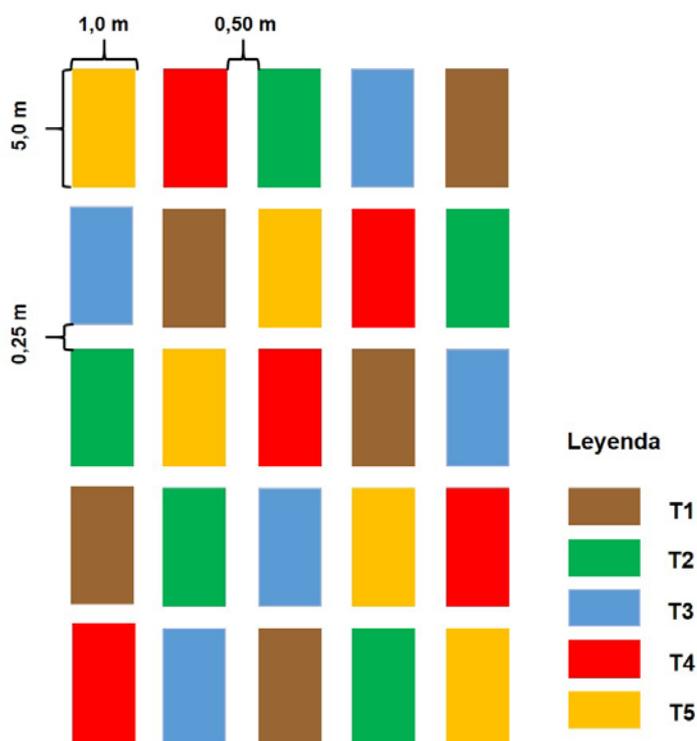


Figura 2. Croquis del área experimental.

La aplicación del producto se realizó mediante aspersión foliar con mochila Matabi de 16 litros de capacidad, humedeciendo todas las plantas de forma homogénea. Se realizaron aplicaciones del polímero quitosana a los 50 y 80 días después de la plantación (DDP), resultando en dosis globales de 150, 300, 600 y 1000 mg.ha⁻¹ para los tratamientos T2, T3, T4 y T5, respectivamente.

El manejo agrotécnico se realizó teniendo en cuenta la guía técnica para la producción del ajo, modificada en correspondencia con las posibilidades del área experimental y el desarrollo del cultivo, pero sin realizar aplicaciones de productos fertilizantes y fitosanitarios. Las necesidades hídricas del cultivo se cubrieron utilizando un sistema de riego microjet.

2.2 Características del producto empleado.

El producto QuitoMax[®] es un polímero de quitosana (Q-88) obtenido mediante desacetilación básica (NaOH) de la quitina de langosta cubana (Falcón *et al.*, 2015). Se caracteriza por presentar una masa molecular de $1,35 \times 10^5$ g.mol⁻¹ y un grado de N-acetilación del 12 %; se emplearon concentraciones de 4 g.L⁻¹.

2.3 Determinación del crecimiento y desarrollo de las plantas y su rendimiento en la cosecha.

Las evaluaciones se realizaron en 10 plantas por parcela experimental (30 plantas por tratamiento).

A los 100 DDP se midió con cinta métrica la altura de las plantas desde la zona de unión de la base de las hojas (cuello) hasta el ápice de la hoja más larga. El número de hojas activas se determinó por conteo directo.

En el momento de la cosecha se evaluaron las siguientes variables, utilizando para ello pie de rey y balanza analítica (0,0001 g):

- Diámetro polar del bulbo (mm): comprendido entre la base del falso tallo y el sistema radical.
- Diámetro ecuatorial del bulbo (mm): correspondiente a la parte del bulbo más ensanchada.
- Número de dientes por bulbos.
- Masa del bulbo (g).

A partir del peso promedio de los bulbos y el número de plantas existentes en cada parcela experimental se estimó el rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$) alcanzado.

2.7 Análisis estadístico.

Los datos se procesaron utilizando el programa STATGRAPHICS Plus 5.1, mediante ANOVA de clasificación simple y las medias se compararon por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan a una $p \leq 0,05$.

Resultados y discusión

3. Determinación de la respuesta productiva del cultivo del ajo a la aplicación de diferentes dosis del bioestimulante QuitoMax®.

La aplicación del bioestimulante favoreció el crecimiento y desarrollo de las plantas de ajo con marcada influencia en los resultados obtenidos en la cosecha.

En la tabla 4 se muestran la altura y el número de hojas activas alcanzadas por las plantas a los 90 DDP.

En ambas plantaciones se observan diferencias significativas entre los tratamientos en la altura de las plantas. Los mejores valores se reportaron para el T2 que difiere significativamente del resto de los tratamientos. Las plantas en la segunda campaña presentaron un mayor crecimiento.

Tabla 4. Variables del crecimiento y desarrollo evaluadas a los 100 DDP en ambas campañas. Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

Tratamientos	Altura (cm)		Número de hojas	
	2016	2017	2016	2017
T1	24,63 c	25,31 c	7,53	7,26 b
T2	26,15 a	29,50 a	7,67	8,60 a
T3	25,46 b	28,30 b	7,13	8,50 a
T4	24,73 c	28,12 b	7,60	8,20 a
T5	25,87 b	27,60 b	7,00	8,13 a
ES	0,73	1,40	0,87	3,26

En la primera campaña no se presentaron diferencias en el número de hojas activas; si en la segunda donde los tratamientos con aplicación del bioestimulante favorecieron un incremento de esta variable respecto al control. Debe destacarse que en la segunda campaña el proceso de senescencia de las hojas ocurrió más rápido, observándose un mayor número de hojas secas, respecto a la primera plantación.

El mayor crecimiento de las plantas en el año 2017 puede atribuirse a al comportamiento de las temperaturas y el fotoperiodo. Al retardarse la fecha de siembra el desarrollo del cultivo coincidió con períodos de temperaturas relativamente altas y

días largos que promueven la síntesis de giberelina en las plantas, lo cual tiene una marcada influencia en el desarrollo del follaje, provocando un alargamiento de la fase de crecimiento y desarrollo vegetativo, y retardando el proceso de bulberización.

El efecto del producto bioactivo quitosana ha sido poco evaluado en el crecimiento y desarrollo del cultivo del ajo, pero se han realizado trabajos que demuestran la viabilidad del producto y los efectos positivos que ejerce sobre los cultivos con diferentes dosis y formas de aplicación (Álvarez *et al.*, 2011; Morales *et al.*, 2016).

Según Montano *et al.* (2008), los bioestimulantes activan diferentes procesos fisiológicos como el incremento de la fotosíntesis y la producción de diferentes hormonas que actúan sobre la elongación de las células de la planta; además como el producto es aplicado al follaje, es rápidamente absorbido y traslocado sin ningún gasto adicional de energía, influyendo en la elongación del tejido vegetativo, promoviendo el crecimiento de las plantas.

Kirn (1999) atribuyó estos efectos positivos en el crecimiento, a que las oligosacarinas actúan como elicitores naturales o catalizadores que inducen la producción de proteínas como la quitinasa, que actúa en las plantas como mecanismos de defensa, redoblando la protección de estas contra patógenos y el estrés del medio, manteniendo su estabilidad. Este autor, además reportó que las plantas tratadas con quitosana incrementaron la capacidad de absorber nutrientes del suelo lo cual puede contribuir a su exitoso crecimiento y desarrollo. También el polímero contiene aproximadamente 6,8 % de todos los minerales presentes en los exoesqueletos de los crustáceos, convirtiéndolo en una fuente adicional de nitrógeno y otros elementos para las plantas tratadas.

Abdel *et al.*, (2010) y Pérez (2013) encontraron efectos positivos con la incorporación de quitosana en la fresa y el tomate logrando mejorar la altura y el área foliar, sobre todo en fases tempranas de crecimiento.

Boonlertnirun *et al.* (2008), reportan favorables aumentos en la altura de plantas de arroz, cuyas semillas fueron embebidas en diferentes concentraciones del polímero. También Van Toan y Hanh (2015) avalan la efectividad aplicaciones foliares de quitosana en el crecimiento vegetal y la productividad de este cultivo.

Costales *et al.* (2017) demostraron que la aspersión foliar de quitosanas en dosis bajas resultó la mejor forma de aplicación, con resultados positivos en la nodulación y el crecimiento vegetativo de plantas de soya.

Por otra parte, Gordon (2009) y Falcón *et al.* (2012) que no lograron incrementos en el número de hojas, en aplicaciones foliares del polímero a plantas de tabaco en diferentes concentraciones (0,1 g.L⁻¹, 0,5 g. L⁻¹, 1,0 g. L⁻¹ y 2,5 g. L⁻¹).

Corbera y Nápoles (2013) observaron incrementos en el desarrollo foliar y el crecimiento en solanáceas y leguminosas con la aplicación de oligosacarinas. En plantas de lechuga tratadas con quitosana se lograron incrementos de hasta un 50 % de la superficie foliar (Chibu *et al.*, 2002).

Sheikha y Malki (2011) encontraron resultados favorables en el crecimiento expresado mediante 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* superstryke), destacándose en sus resultados, que las mejores respuestas se manifestaron con las menores dosis de quitosana aplicadas, similar a lo encontrado en estos experimentos.

Los componentes del rendimiento evaluados presentaron un mejor comportamiento con la menor dosis aplicada. Debe tenerse en cuenta que las oligosacarinas son sustancias reguladoras del desarrollo que incluso a bajas concentraciones, pueden promover la formación y/o activación de las hormonas tradicionales que actúan en la célula vegetal (Salvador y Laserre, 2010).

En la figura 3 se presenta el comportamiento del diámetro polar (cm) de los bulbos de ajo. En la primera campaña el tratamiento 2 presenta los mayores valores y difiere significativamente del resto de los tratamientos, mientras los menores fueron reportados en el tratamiento control. En el año 2017, T2 no difiere estadísticamente de T3 y T4, pero sí de T1 y T5; lo que muestra la efectividad de la aspersión foliar de 75 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®] (T2) en la producción de bulbos de mayor dimensión, con una mejor calidad, que satisfagan los estándares deseados por el consumidor.

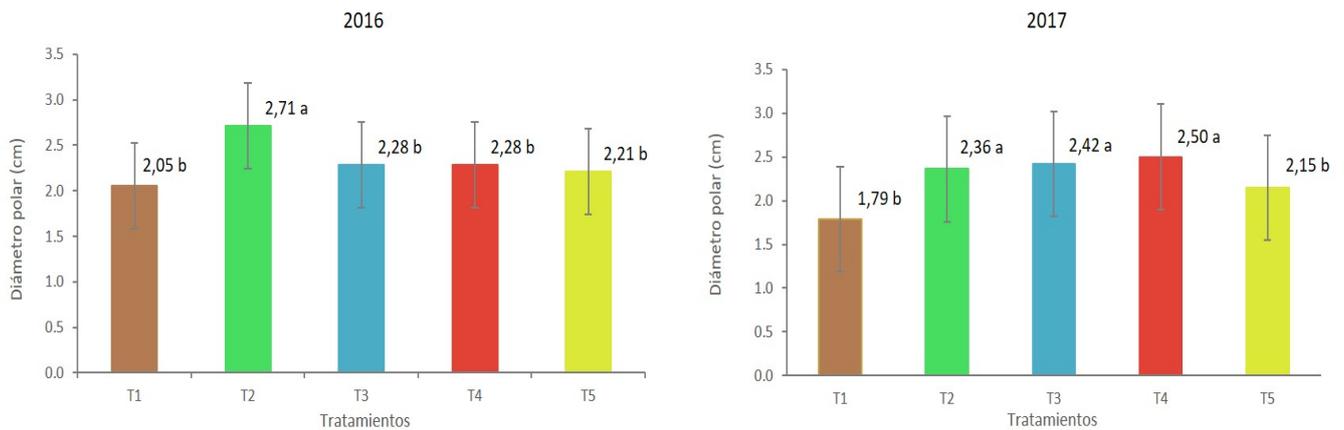


Figura 3. Diámetro polar del bulbo (cm) en la cosecha para ambas campañas. T1: Control sin aplicación, T2: 75 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T3: 150 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T4: 300 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T5: 500 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®]. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

El comportamiento del diámetro ecuatorial de los bulbos (Figura 4) mostró resultados similares al anterior con un mejor tamaño en la aplicación de la menor dosis del bioestimulante, que en ambos casos presenta diferencias significativas con el resto de las aplicaciones que no difieren del control.

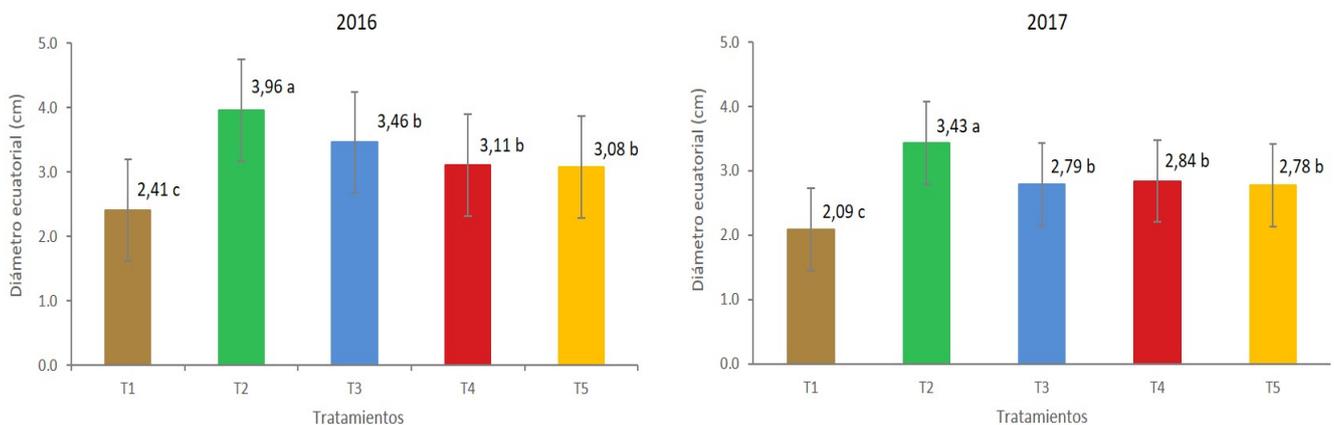


Figura 4. Diámetro ecuatorial del bulbo (cm) en la cosecha para ambas campañas. T1: Control sin aplicación, T2: 75 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T3: 150 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T4: 300 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T5: 500 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®]. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

El diámetro de los bulbos es un indicador que influye directamente en la calidad del producto para su comercialización en el mercado, ya que los consumidores prefieren bulbos con dimensiones predeterminadas en las normas de calidad, a la hora de su elección, tanto para usarlos como alimento o como material de propagación (Pupo *et al.*, 2016).

Falcón (2004) atribuye este comportamiento a la estimulación que producen las oligosacarinas en diferentes procesos fisiológicos y al incremento del tamaño de las células en los cultivos.

Efectos similares se han obtenido con la aplicación del polímero a diferentes concentraciones en otras especies cultivables. Díaz (2013) y Tejera (2013) reportaron incrementos significativos en el tamaño de los bulbos de cebolla con aplicaciones foliares del producto en dosis de $150 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Torres (2011), Miñoso (2012) y Jerez *et al.* (2017) informan a su vez una mayor producción de tubérculos de papa en las categorías comerciales con el empleo de 150 y $300 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

La figura 5 muestra la masa del bulbo (g) en la cosecha. Se observa al igual que en las variables anteriores una mejor productividad en el T2, el cual no presentó diferencias significativas con el resto de los tratamientos con QuitoMax[®] en la segunda campaña; sin embargo, difiere significativamente de los tratamientos con mayores dosis de aplicación y el control que resultó significativamente menor. Debe señalarse que los resultados del 2017 fueron inferiores.

El biopolímero quitosana ha contado con mucho interés de aplicación en la agricultura debido a su excelente biocompatibilidad, biodegradabilidad y bioactividad (Ramos *et al.*, 2011; Katiyar *et al.*, 2015), al igual que otros bioproductos. El uso de estos, es una estrategia en capacidad de incrementar productividad y calidad de órganos cosechables, siempre que se tenga información sobre los procesos fisiológicos y la demanda hormonal que definen los componentes de rendimiento de un cultivo, lo que permite realizar un estímulo exógeno sin generar un desequilibrio que desencadene respuestas negativas y limite el potencial de producción (Germán y Orozco, 2014).

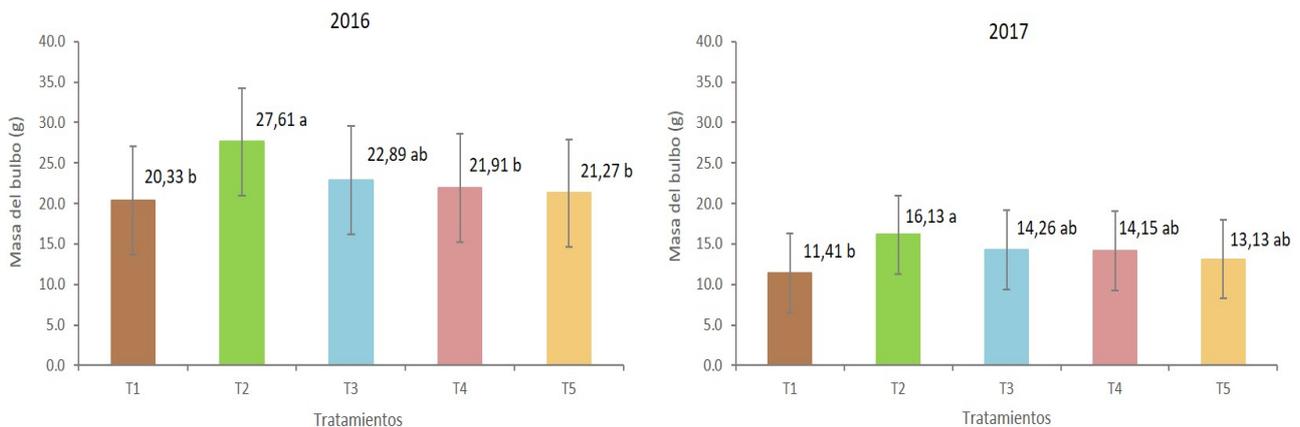


Figura 5. Masa del bulbo (g) en la cosecha para ambas campañas. T1: Control sin aplicación, T2: 75 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T3: 150 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T4: 300 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T5: 500 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®]. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

Martínez *et al.* (2016) corroboran que la aspersión de QuitoMax[®] estimuló significativamente la masa seca de plantas de frijol.

El efecto estimulador de la quitosana aplicada, asociado a igual efecto sobre la síntesis y acumulación de biomasa y del crecimiento, hace que las plantas que recibieron el tratamiento estén en mejores condiciones de sintetizar, acumular y traslocar mayores cantidades de fotoasimilatos desde las hojas a los sitios de consumo (Lugo, 2013).

En los bajos resultados de la segunda campaña pueden atribuirse a la plantación tardía del cultivo, desarrollándose el mismo en condiciones de temperatura superiores a las óptimas para inducir el proceso de formación del bulbo y un fotoperiodo no adecuado. En este sentido Gomes y Henrique (2007) reportaron que a fotoperiodos más largos se alcanzó menor incremento en la masa seca total en dos variedades de ajo evaluadas. El incremento del fotoperiodo afectó el crecimiento de los bulbos, con un decrecimiento en el diámetro de los mismos.

El número de dientes por bulbo (Tabla 5) no mostró diferencias significativas entre las diferentes dosis del producto empleadas, pero si respecto al tratamiento control donde solo se produjeron 9 y 10 unidades para el 2016 y 2017, respectivamente. El T2 obtuvo una mayor producción con 27 y 21 dientes por bulbo.

Tabla 5. Número de dientes por bulbo en la cosecha para ambas campañas. Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

Tratamientos	Número de dientes	
	2016	2017
T1	9,0 b	10,0 b
T2	27,0 a	21,0 a
T3	14,0 ab	19,0 a
T4	15,0 ab	11,0 ab
T5	13,0 ab	14,0 ab
ES	4,71	3,20

Los resultados mostrados por esta variable, pudieran explicarse por el hecho de que la quitosana en aplicaciones foliares incrementa los niveles de hormonas como giberelinas y ácido abscísico (ABA) (Jiao *et al.*, 2012), sustancias que están muy relacionados con la tuberización y la distribución de la materia seca en las plantas.

En tal sentido, al parecer existe una complementariedad entre las dos aplicaciones realizadas, la primera en fortalecer a la planta ante la posible entrada de enfermedades (Yan *et al.*, 2012) y, en segundo lugar, estimulando el movimiento de los asimilados hacia el bulbo, lo que contribuye positivamente en la acumulación de materia seca y el crecimiento en este órgano (Mármol *et al.*, 2011).

El peso de los bulbos a su vez determinó las diferencias alcanzadas en el rendimiento del cultivo en los diferentes tratamientos (Figura 6). En todos los casos este indicador resulta alto si se compara con los rendimientos alcanzados en el cultivo en los últimos años. Esto puede atribuirse a la calidad del suelo donde se desarrolló el experimento que presenta, además de una estructura friable, con buena aireación y drenaje, un alto contenido de materia orgánica y además a la realización de todas las atenciones agrotécnicas necesarias para favorecer el correcto desarrollo y productividad del cultivo.

En ambas campañas, las plantas tratadas con el bioestimulante mostraron resultados superiores a los obtenidos por el control, aunque la aplicación de las mayores dosis no difiere significativamente de este. Se presentó una tendencia a disminuir el rendimiento en la medida en que se aumentan las dosis de aplicación del producto. Resultan

significativos los rendimientos alcanzados con la aplicación de 75 mg.ha⁻¹ a los 50 y 80 DDP en la primera campaña con 11 t.ha⁻¹, que se acercan a los rendimientos potenciales reportados por Izquierdo y Gómez (2007) para este clon de ajo, lo cual apoya la hipótesis de que este producto en bajas dosis estimula la productividad de las plantas con incrementos significativos en su rendimiento.

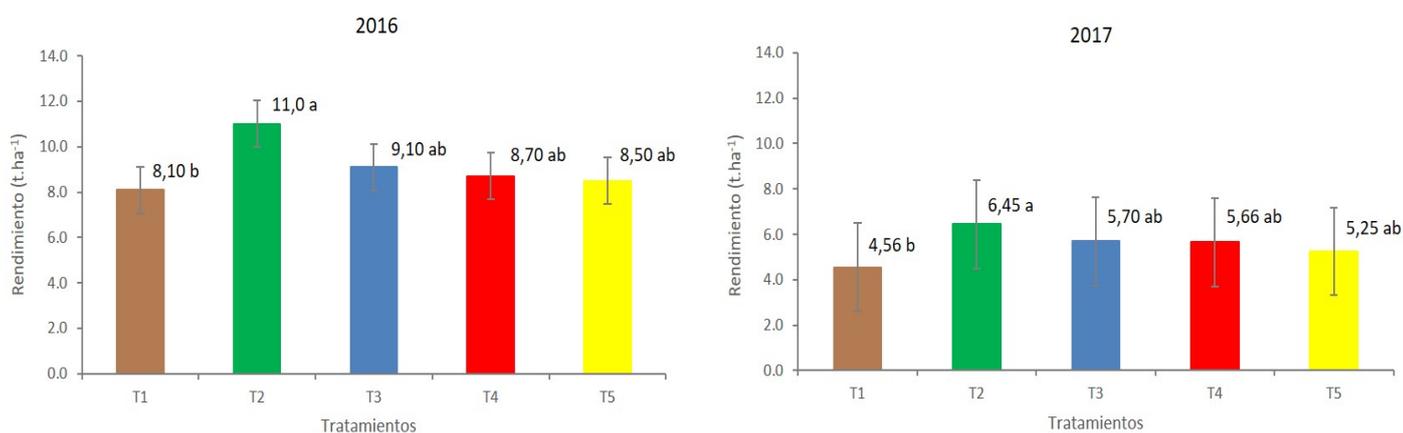


Figura 6. Rendimiento del cultivo (t.ha⁻¹) en la cosecha para ambas campañas. T1: Control sin aplicación, T2: 75 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T3: 150 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T4: 300 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®], T5: 500 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®]. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Duncan para p ≤ 0,05.

Los valores son superiores a los informados por Pupo *et al.* (2016) quienes obtuvieron rendimientos máximos de 4,54 t.ha⁻¹ en estudios realizados a este cultivo con la aplicación de los bioproductos EcoMic[®] y FitoMas E[®].

Morales *et al.* (2015) informan en el cultivo de la papa una mayor producción de tubérculos comerciales e incrementos en los rendimientos cuando emplearon dosis bajas de QuitoMax[®] a los 30 y 50 días de plantado. A su vez, Jerez *et al.* (2016) reportaron incrementos en el número de tubérculos y su calibre con el uso del polímero para la producción de semilla de papa.

Jiménez *et al.* (2016), corroboran el efecto positivo del QuitoMax[®] en el rendimiento y la calidad del tomate y pimiento. También Iriti *et al.* (2010) reportaron incrementos en el crecimiento y el rendimiento del frijol con aplicaciones del polímero en dosis mínimas.

La quitosana ha sido reportada como un importante producto estimulador del crecimiento y los rendimientos en cultivos como papa, tabaco, tomate, maíz, arroz,

pepino, soya y frijol, tanto en condiciones experimentales como a escalas productivas (Kowalski *et al.*, 2006; Burrows *et al.*, 2007; Jiménez *et al.*, 2010; Falcón, 2012; Costales *et al.*, 2016, Rodríguez *et al.*, 2017).

El clón 'Vietnamita' se introdujo en el país en la década del 80, es uno de los que mejor se ha adaptado a las condiciones edafoclimáticas cubanas y ha superado a otras variedades introducidas. Sin embargo, la época de siembra limita su desarrollo óptimo y productividad.

La disminución en un 40 % de los rendimientos en la segunda campaña respecto a la primera pueden atribuirse a que el cultivo fue plantado de forma tardía, en una época de siembra no óptima. La formación y maduración del bulbo se desarrolló en períodos de temperaturas relativamente altas lo cual afectó la inducción del proceso de traslocación de asimilados hacia este órgano de reserva.

La época más favorable para realizar las plantaciones se limita a un período de un mes, entre mediados de octubre y noviembre. En plantaciones más tempranas o en las más tardías, los rendimientos disminuyen como consecuencia de la interacción temperatura-fotoperiodo (Muñoz *et al.*, 2010).

En general un factor determinante para la tuberización es la temperatura. Al aumentar esta, se presenta mayor grado de inhibición sobre todo en presencia de un fotoperiodo largo (Jackson, 1999) lo cual coincide con las condiciones que se presentaron para la plantación del 2017.

Según Jerez *et al.* (2017), el efecto negativo de la temperatura sobre el proceso de tuberización es diferente de acuerdo a si el estímulo se aplica en el dosel o en el sustrato. Cuando únicamente el dosel se somete a incremento de temperatura la tuberización se ve severamente afectada asociándose a dicho resultado el aumento en el nivel de giberelinas en las zonas meristemáticas. En cambio, cuando el estímulo de alta temperatura se aplica en el sustrato no se previene la acción de la señal inductora de tuberización, pero sí se retrasa la formación del bulbo. Aspecto que además de los señalados pudiera explicar los bajos rendimientos de la segunda plantación respecto a la primera.

Conclusiones

- La aplicación foliar del producto QuitoMax[®] logró un significativo incremento en los componentes del rendimiento evaluados en el cultivo del ajo, alcanzándose los mejores resultados con el empleo de 75 mg.ha⁻¹ a los 50 y 80 días después de la plantación.
- El polímero quitosana ejerció un efecto positivo en la productividad de las plantas y la calidad comercial de los bulbos, expresado en un notable aumento de los rendimientos, que alcanzan valores de 11 t.ha⁻¹ con el empleo de la menor dosis de aplicación.

Recomendaciones

- Extender los resultados alcanzados a mayores áreas productivas con el fin de validar el efecto positivo del bioestimulante sobre el crecimiento y productividad del cultivo del ajo.
- Profundizar en los mecanismos y modos de acción que ejercen las quitosanas en el desarrollo fisiológico de este y otros cultivos de interés agrícola.

Bibliografía

1. Abdel, M. A. M. R.; Tantawy, A. S.; El-Nemr, M. A. y Sassine, Y. N. 2010 Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *European Journal of Scientific Research*, 39 (1): 161-168.
2. Abd-El-Kareem, F. 2002. Integrated treatments between bioagents and chitosan on root rot diseases of pea plants under field conditions. *Egyptian Journal of Applied Science*, 17: 257- 279.
3. Abd-El-Kareem, F., Abdallah, M.A., El-Gamal, N.G. y El-Mougy, N.S. 2004. Integrated control of Lupin root rot disease in solarized soil under greenhouse and field condition. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 32: 49-63.
4. Abd-El-Kareem, F., Abd-Alla, M.A. y El-Mohamedy, R.S. 2002. Induced resistance in potato plants for controlling early blight disease under field condition. *Egyptian Journal of Applied Science*, 17: 51-66.
5. Abd-El-Kareem, F., El-Mougy, N.S., El-Gamal, N. G. y Fotouh, Y.O. 2006. Use of Chitin and Chitosan against Tomato Root Rot Disease under Greenhouse Conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2: 147-152.
6. Acosta-Rodriguez GF, Lujan-Favela M, Parra-Quezada RA. 2008. Crecimiento y rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, Mexico. *Agric Tec Mex*. 34 (2): 177-188.
7. Aljaro, A., Monardes, H., Urbina, C., Martín, Alejandra y Muñoz, E. 2009. Manual del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.). Nodo Hortícola. VI Región. Chile. 49 p.
8. Álvarez, B. I.; Reynaldo, E. I.; Cartaya, R. O. y Teheran, Z. 2011. Efectos de una mezcla de oligogalacturónidos en la morfología de hortalizas de importancia económica. *Cultivos Tropicales*, 32 (3): 52-57.
9. Álvarez, C. N. 2014. Comportamiento agroproductivo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes frecuencias de aplicación del VIUSID

agro. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”.

10. Araujo, L.A. 2012. Respuesta agronómica del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum Lin*), a la aplicación de la quitosana, en condiciones agrometeorológicas de la Provincia Granma. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma.
11. Badawy, M.E.I. y Rabea, E.I. 2011. A Biopolymer Chitosan and Its Derivatives as Promising Antimicrobial Agents against Plant Pathogens and Their Applications in Crop Protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2011: 29.
12. Barka, E.A., Eullaffroy, P., Climent, C. y Vernet, G. 2004. Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. *Plant Cell Reports*, 22: 608-614.
13. Batista, Lizandra. 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. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
14. Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Velázquez-del Valle, M. G., Hernández-López, M., Ait Barka, 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.
15. Benavides-Mendoza, A., Ortega-Ortíz, H., Ramírez, H. y Maiti, R.K. 2004. Use of the interpolyelectrolyte complexes of poly acrylic acid-chitosan as inductors of tolerance against stress in horticultural crops. *Crop Research*, 28: 42-49.
16. Benavides-Mendoza, A., Ramírez-Godina, F., Robledo-Torres, V., Ramírez-Rodríguez, H. y Maiti, R.K. 2002. Pepper seed treatment with salicylic and sulfosalicylic acid modifies seedling epidermal anatomy and cold stress tolerance. *Crop Research*, 24 (1): 19-25.

17. Benavides-Mendoza, A., Romero-García, J., Ledesma-Pérez, A.S. y Raygoza-Castro, J.M. 2001. La aplicación foliar de quitosano en ácido acético aumenta la biomasa de la lechuga. *BIOTAM Nueva Serie*, 12 (3): 1-6.
18. Bhaskara, M. V., Arul, J., Angers, P. y Couture, L. 1999. Chitosan Treatment of Wheat Seeds Induces Resistance to *Fusarium graminearum* and Improves Seed Quality. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47: 208–1216.
19. Boguslawski, S., Bunseit, M. y Knorr, D. 1990. Effects of chitosan treatment on clarity and microbial counts of apple juice. *Zeitschrift für Lebensmittel-Technologie und –Verfahrenstechnik*, 41: 42–44.
20. Boonlertnirun, S., Boonraung, C., y Suvanasa, R. 2008. Application of chitosan in rice production. *J. Metals Mat. Min.*, 18: 47-52.
21. Boriss, H. 2006. Commodity Profile: Garlic. Agricultural Issues Center.
22. Burrows, Felicity, Louima, C., Abazinge, M. y Onokpise, O. 2007. Extraction and evaluation of chitosan from crab exoskeleton as a seed fungicide and plant growth enhancer. *American-Eurasian J. Agric. & Envirom. Sci.*, 2 (2): 103-111.
23. Campelo, E., Arboleya, J., Maeso, D., Paullier, J. y Giménez, G. 2016. Producción integrada de ajo. INIA. Boletín de divulgación, 111. Montevideo, Uruguay. 50 p.
24. Chandkrachang, S. 2002. The applications of chitin and chitosan in agriculture in Thailand. In: Suchiva, K., Chandkrachang, S., Methacanon, P. y Peter, M.G. Editors. *Advances in Chitin Science*, 5: 458–462.
25. Chatterjee, S., Chatterjee, S., Chatterjee, B.P. y Guha, A.K. 2004. Clarification of fruit juice with chitosan. *Process Biochemistry*, 39: 2229–2232.
26. Chibu, H.; Shibayama, H. and Arima, S. 2002. Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Japanese J. of Crop Sci.*, 71: 206-211.
27. 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.

28. Corbera, G. J. y Nápoles, G. M. C. 2013. Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii* hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27. *Cultivos Tropicales*, 34 (2): 05-11.
29. Costales, Daimy, Nápoles, María C., Falcón, A.B., González, G., Ferreira, A. y Rossi, A. 2017. Influencia de quitosanas en la nodulación y el crecimiento vegetativo de soya (*Glycine max* L. Merrill). *Cultivos Tropicales*, 38 (1): 138-146.
30. Costales, Daimy, Travieso, L., Varela, M. y Falcón, A. 2016. Efecto de diferentes formas de aplicación del QuitoMax[®] en la nodulación, el crecimiento y el rendimiento de soya (*Glycine max* L. Merrill) inoculada con Azofert[®] a escala de campo. Memoria del XX Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de la Lajas, Mayabeque. (CD) ISBN 978-959-7023-89-0.
31. Costales, D. 2013. Efecto de derivados de quitosana en la simbiosis *Bradyrhizobium*-soya. *Cultivos Tropicales*, 26 (1): 83-87.
32. Devlieghere, F., Vermeulen, A. y Debevere, J. 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21: 703-714.
33. Díaz, G. 1995. Efecto de un análogo de brasinoesteroide DDA-6 en el cultivo del tabaco. *Cultivos Tropicales*, 16 (3): 53-55.
34. Díaz, M. 2013. Efecto de diferentes dosis de aplicación del producto QuitoMax en la respuesta productiva del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
35. Díaz, Y. 2013. Evaluación de tres dosis de quitosana en la respuesta productiva del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) variedad Criollo 98. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
36. El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R. y Boulet, M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J Food Sci*, 56: 1618-1631.

37. El Hadrami, A., Adam, L.R., El Hadrami, I. y Daayf, F. 2010. Chitosan in plant protection. *Marine drugs*, 8 (4): 968–987.
38. Falcón, A.B., Cabrera, J.C., Reinaldo, I.M. y Núñez, M.N. 2005. Desarrollo de activadores de las plantas de amplio espectro de acción. Informe Final del PNCT 00100191, CITMA, Cuba.
39. Falcón, A.B., Costales, D., González-Peña, D. y Nápoles, M.C. 2015. Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, 36 (especial): 111-129.
40. Falcón, A.B., Gordon, Trudy A., Costales, Daimy y Martínez, M.A. 2012. Respuesta enzimática y de crecimiento en una variedad comercial de tabaco (*Nicotiana tabacum*, L.) tratada por aspersión foliar de un polímero de quitosana. *Cultivos Tropicales*, 33 (1): 65-70.
41. Falcón, R.A., Rodríguez, A.T., Ramírez, M.A., Rivero, D., Martínez, B.; Cabrera, J.C., Costales, D., Cruz, A., González, L.G., Jiménez, M.C., Jiménez, L., Hernández, I., Gonzáles, P.D. y Marquez, R. 2010. Chitosans as bioactive macromolecules to protect economically relevant crops from their main pathogens. *Bioteconología Aplicada*, 27 (4): 305-309. ISSN 1027-2852.
42. Falcón, A.B. 2004. Productos bioactivos una alternativa para evadir el efecto de las altas temperaturas en la germinación del tomate. XV Forum de Ciencias y Técnica de Base. INCA. San José de las Lajas.
43. 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. CITMA.
44. Falcón-Rodríguez, A.B., Costales, D., Cabrera, J.C. y Martínez-Téllez, M.Á. 2011. Chitosan physico-chemical properties modulate defense responses and resistance in tobacco plants against the oomycete *Phytophthora nicotianae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100 (3): 221-228.
45. Falcón Rodríguez, A.B., Costales Menéndez, D., Martínez Téllez, M.Á. y Gordon, T.A. 2012. Respuesta enzimática y de crecimiento en una variedad comercial de

- tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tratada por aspersión foliar de un polímero de quitosana. *Cultivos Tropicales*, 33 (1): 65-70.
46. FAOSTAT. 2012. Anuario Estadístico. [en línea]. Disponible en: <http://faostat.fao.org> [Consulta: abril, 2018].
47. Freepons, D. 1990. Plant growth regulators derived from chitin. United State Patent 4964894.
48. Fritsch, R.M. y Friesen, N. 2002. Evolution, Domestication and Taxonomy. In *Allium Crop Science: Recent Advances*, Edited by H. D. Rabinowitch and L. Currah. CABI Publishing. p. 5-30.
49. Gacén, J. y Gacén, I. 1996. Quitina y quitosano. Nuevos materiales textiles. *Boletín Intexter*, 110: 67-70.
50. Galed, G., Fernández Valle, M.E., Martínez, A. y Heras, A. 2004. Application of MRI to monitor the process of ripening and decay in citrus treated with chitosan solutions. *Magnetic Resonance Imaging*, 22: 127–137.
51. Germán, M. y Orozco, J. 2014. Bioestimulación arysta lifescience. Mensaje hacia la productividad. Memorias del XXVI Congreso Latinoamericano de la Papa-ALAP. «*Papa, alimento ayer, hoy y siempre*», Mar del Plata, pp. 251-253. ISBN 978-987-45615-0-3.
52. Gomes, C. y Henrique, P. 2007. Effect of different photoperiods in the growth of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 8 (1): 48-67.
53. Gómez, M.I. y Castro, H.E. 2010. Actualidad y Tendencias en el manejo de la Fertilización Foliar y Bioestimulantes. [en línea]. Disponible en: <http://www.tesismonografias.net/FER...CION-FOLIAR/1/>. [Consulta: marzo, 2016].
54. González, L.G., Falcón, A.B., Jiménez, M.C., Jiménez, L. y Tenrero, J.C. 2010. Evaluación de tres dosis de quitosana en el cultivo del pepino en un período tardío. *Amazónica*, 1: 39-42.

55. Gordon, Truddy. 2009. Respuesta enzimática y de crecimiento en plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) previamente aplicadas con un polímero de quitosana. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de la Habana.
56. Hadwiger, L.A. y McBride, P.O. 2006. Low-level copper plus chitosan applications provide protection against late blight of potato. *Plant Health Progress*, April. doi: 10.1094/PHP-2006-04XX-01-RS.
57. Hadwiger, L.A. 1989. Method for treating cereal crop seed with chitosan to enhance yield, root growth and stem strength. Canadian Patent.
58. Hernández, A., Pérez, J., Ascanio, O., Ortega, F., Avila, L., Cárdenas, A., Marrero, A. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Agroinform. La Habana. 64 p.
59. Hernández, L.M., Bautista, B.S., Montes, B.R., Bravo, L.L. y Bosquez, M.E. 2001. Evaluación del quitosano y extracto de semilla de papaya en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* en el fruto de la papaya. Memoria de la Reunión Interamericana de Ciencias Hortícolas, 160 p.
60. Hernández, H. 2013. Efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de quitosana sobre algunas variables del crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Spunta en condiciones de campo. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
61. Hewajulige, I.G., Sivakumar, D., Sultanbawa, Y., Wijeratnam, R.S. y Wijesundera R.L. 2007. Effect of chitosan coating on the control of anthracnose and overall quality retention of papaya (*Carica papaya*) during storage. *Acta Horticulturae*, 740: 245-250.
62. Hirano, S. 1978. A facile method for the preparation of novel membranes from *N*-acyl and *N*-arylidine chitosan gels. *Agricultural and Biological Chemistry*, 42: 1938.

63. Hirano, S. 1992. The activation of plant cells and their self-defence function against pathogens in connection with Chitosan. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 62: 293-295.
64. Hongfei, W. y Hesheng, L. 2003. Effects of chitosan on clarification of apple fruit juice. *LWT - Food Science and Technology*, 36: 691-695.
65. Huez, L. M. A., López, J., Jiménez, J., Garza, S., Preciado, F. A., Álvarez, A., Valenzuela, P. y Rodríguez, J. 2010. Fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la costa de Hermosillo. *Biotechnia*, 12 (3): 23-31.
66. Iriti, M.; Giulia, C.; Sara, V.; Ilaria, M.; Soave, C.; Fico, G. y Faoro, F. 2010. Chitosan-induced ethylene-independent resistance does not reduce crop yield in bean. *Biological Control*, 54: 241-247.
67. Izquierdo, H. y Gómez, O. 2005. «Martínez» un clon de ajo (*Allium sativum*, L.) de alta calidad fitosanitaria y buen potencial de rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 26 (2): 53.
68. Izquierdo, H. y Gómez, O. 2007. VIETNAMITA, un clon de ajo (*Allium sativum* L.) de alta calidad fitosanitaria y buen potencial de rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 28 (1): 75.
69. Izquierdo, H. y Gómez, O. 2012. “Criollo-9”, un cultivar resistente a las enfermedades fitopatógenas y elevado potencial de rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 33 (2): 68.
70. Jackson, N. 1999. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. *Plant Physiology*, 119 (1): 1-8.
71. Japon, J. 1984. El cultivo del ajo. *Hojas Divulgadoras del ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, 1 (84): 16.
72. Jerez, E. I., Martín, R. y Morales, D. 2016. Efecto de aplicaciones de QuitoMax® en el crecimiento y la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.). Memoria del XX Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de

- Ciencias Agrícolas (INCA), San José de la Lajas, Mayabeque. (CD) ISBN 978-959-7023-89-0.
73. Jerez, E. I., Martín, R., Morales, D y Reynaldo, Ines. 2017. Efecto de oligosacarinas en el comportamiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Romano. *Cultivos Tropicales*, 38 (1): 68-74.
74. Jiao, Z., Li, Y., Li, J., Xu, X., Li, H., Lu, D. y Wang, J. 2012. Effects of Exogenous Chitosan on Physiological Characteristics of Potato Seedlings Under Drought Stress and Rehydration. *Potato Research*, 55 (3-4): 293-301.
75. Jiménez, M.C., González, L.G., Falcón, A.B., Quintana, O., Bernardo, G. y Robaina, C. 2010. Evaluación de tres bioestimulantes sobre la incidencia de plagas en el maíz (*Zea mayz* L.) en la provincia de Santiago de Cuba. *Centro Agrícola*, 37: 45-48.
76. Jiménez, M.C., González, L.G., Paz, I., Falcón, A.B., Suárez, M. y Oliva, A. 2016. Respuesta agronómica de cultivos del género solanácea (tomate, *Solanum lycopersicum* L. y pimiento, *Capsicum annuum* L.) a la aplicación de QuitoMax® en fase de extensión. Memoria del XX Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de la Lajas, Mayabeque. (CD) ISBN 978-959-7023-89-0.
77. Kamenetsky, R. y Rabinowich, H. D. 2006. The Genus *Allium*: A Developmental and Horticultural Analysis. *Horticultural Reviews*. 32:329-337
78. Katiyar, D., Hemantaranjan, A., Singh, B. y Nishant, B. A. 2014. A Future Perspective in Crop Protection: Chitosan and its Oligosaccharides. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 1 (1): 1-8.
79. Katiyar, D., Hemantaranjan, A. y Singh, B. 2015. Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20 (1): 1-9.
80. Kemper, K. J. 2000. Garlic (*Allium sativum*). Longwood Herbal Task Force. 49 p.

81. Khan, W., Prithviraj, B. y Smith, D. 2003. Chitosan and chitin oligomers increase phenylalanine ammonia-lyase and tyrosine ammonia-lyase activities in soybean leaves. *Journal of Plant Physiology*, 160: 859–863.
82. Kim, H.J., Chen, F., Wang, X. y Rajapakse, N.C. 2005. Effect of Chitosan on the biological properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 3696-3701.
83. Kim, S.K. 2010. Chitin, Chitosan, Oligosaccharides and Their Derivatives: Biological Activities and Applications. Edit. CRC Press, 668 p.
84. Kim, D. 1999. Dalwoo-Chitosan Corporation, Chitin, chitosan and chitosan bloomer: preparation of chitin and chitosan. [en línea]. Disponible en: <http://www.members.tripod.com/~Dalwoo>. [Consulta: mayo, 15 2017].
85. Kowalski, B., Jiménez Terry, F., Herrera, L. y Agramonte-Peñalver, 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.
86. Lafontaine, P.J. y Benhamou, N. 1996. Chitosan treatment: an emerging strategy for enhancing resistance of greenhouse tomato to infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicilycopersici*. *Biocontrol Science and Technology*, 6: 111-124.
87. Lárez, C. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *UDO Agrícola*, 8 (1): 1-22.
88. Lee, Y.S., Kim, Y.H. y Kim, S.B. 2005. Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to Chitosan of different molecular weight. *Hort. Science*, 40: 1333-1335.
89. Liu, J., Tian, S., Menga, X. y Xua, Y. 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 44: 300–306.
90. Lizárraga, E., Torres, I., Moreno, E. y Miranda, S. 2013. Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counter act the effects of abiotic stress at seedling level. *African Journal of Biotechnology*, 10 (34): 6439-6446.

91. Llopis, A. 2017. Claves para el éxito del cultivo del ajo. [en línea]. Disponible en: <https://www.lafertilidaddelatierra.com>. [Consulta: abril, 2018].
92. Lucier, G. y Biing-Hwan. L. 2000. Garlic, Flavor of Ages. Agricultural Outlook. Economic Research Service. USDA, 4p Pittsboro, NC, USA. 10 p.
93. Lugo, L. 2013. Efecto del QuitoMax en la respuesta productiva del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
94. Mahdavi, B. 2013. Seed germination and growth responses of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) to chitosan and salinity. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5 (10): 1084–1088.
95. Majeti, N.V. y Kumar, R. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *React and Funct. Polym.*, 46: 1–27.
96. Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., Aiello, C., Chandler, C. y Gutiérrez, E. 2011. Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. *Tecnocientífica URU*, 1: 53–58.
97. Marrero, T. A., Hernández, A., Caballero, R., Casanova, A., Jiménez, S., Iglesias, I., León, M., Salgado, J. M. y Hernández, M. 2010. Guía técnica para la producción del cultivo del ajo. 1ra ed., Ed. Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana, Cuba, 30 p.
98. Martínez, L., Reyes, Yanelis, Falcón, A., Nápoles, María C. y Núñez, Miriam. 2016. Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas. *Cultivos Tropicales*, 37 (3): 165-171.
99. McCormick, C.L., Anderson, K.W. y Hutchison, B.H. 1982. Controlled Activity Polymers with Pendently Bound Herbicides. *Polymer Reviews*, 22: 57-87.
100. Meng, X., Yang, L., Kennedy, J.F. y Tian, S. 2010. Effects of chitosan and oligochitosan on growth of two fungal pathogens and physiological properties in pear fruit. *Carbohydrate Polymers*, 81 (1): 70-75.

101. Miñoso, J. B. 2012. Efecto de diferentes momentos de aplicación de quitosana en la respuesta productiva del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Call White. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
102. Montano, R. 2008. Fitomas-E, bionutriente derivado de la industria azucarera. Composición, mecanismo de acción y evidencia experimental. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. (ICIDCA). La Habana, Cuba.
103. Morales, D., Dell Amico, J., Jerés, E.I., 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.
104. Morales, D., Torres, L., Jerez, E., Falcón, A. y Dell' Amico, J. 2015. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 36 (3): 133-143.
105. Muñoz, Laura, Almaguel, Lérida, Benítez, María, Brito, G., Cáceres, Idalia, Castellanos, J.J., Fraga, Sahilí, Gil, J.F., López, M. y Prats, A. 2010. El cultivo y mejoramiento de la producción de ajo en Cuba. *Agricultura Orgánica*, 1: 18-21.
106. Nge, K.L., New, N., Chandkrachang, S. y Stevens, W F. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Journal of Plant Science*, 170: 1185-1190.
107. No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W. y Xu, Z. 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A Review. *Journal of Food Science*, 72 (5): 87-100.
108. 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.
109. ONEI. 2017 a. Anuario estadístico de Cuba 2016. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. 32 p.

110. ONEI. 2017 b. Sector agropecuario. Indicadores seleccionados. Enero - septiembre de 2017. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. 13 p.
111. ONEI. 2017 c. Anuario estadístico 2016. Matanzas. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. 312 p.
112. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2015. Estadísticas de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/statistics/es/>. [Consulta: abril, 2018].
113. Palma, G., Casals, P. y Cárdenas, G. 2005. Synthesis and characterization of new chitosan-Oethyl phosphonate. *Journal of the Chilean Chemistry Society*, 50: 719-724.
114. Peña-Iglesias, A. 1988. El ajo: virosis, fisiopatías y selección clonal y sanitaria. I Parte teórico descriptiva. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 14: 461-483.
115. Pérez, C. 2013. Efecto de diferentes dosis de aplicación del producto Quitomax en la respuesta productiva del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
116. Pérez L., Navarro M.J., Mendoza B., Ramírez R. 2010. Evaluación de rendimiento de compuestos de ajo tipo Taiwán. *Acta Universitaria*, 20 (3): 63-69.
117. Pino, Y. 2014. Efecto del Quitomax en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Spunta. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
118. Portela J.A. y Cavagnaro J.B. 2005. Growing phases of the white garlic (*Allium sativum* L.) plant in relation to field temperature and day length. *Acta Hort.* 688: 239-246.
119. 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 solani* f. sp. *Glycines*. *Bioresource Tech.*, 98: 1353-1358.

120. Prato-Sarmiento A.I. 2016. Evaluación financiera de ajo (*Allium sativum* L.) morado Nacional y Peruano en el altiplano cundiboyacense, Colombia. *Corpoica Cienc Technol Agropecuaria*, 17 (1): 43-53.
121. Pupo, C., González, G., Carmenate, O., Peña, L., Pérez, V. y 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.
122. Ramos, L.R., Montenegro, T. y Pereira, N. 2011. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12 (4): 195–215.
123. Ratanachinakorn, B., Kumsiri, W., Buchsapawanich, Y. y Singto, J. 2005. Effects of chitosan on the keeping quality of pummelos. *Acta Horticulturae*, 682: 1769-1772.
124. 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.
125. Reveles-Hernández, M., Velásquez-Valle, R. y Bravo-Lozano, A.G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigacion Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas Calera, Zac., México. Libro técnico nº 11. 272 p.
126. Revista Digital de Agricultura. 2012. Los bioestimulantes permitirán responder a la creciente demanda de alimentos en el mundo. [en línea]. Disponible en: <http://www.interempresas.net.html>. [Consulta: marzo, 2016].
127. Rodríguez, Aida T., Ramírez, M.A., Falcón, A., Bautista, Silvia, Ventura, Elsa y Valle, Yosleidy. 2017. Efecto del QuitoMax[®] en el rendimiento y sus componentes del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5. *Cultivos Tropicales*, 38 (4): 156-159.
128. Rodríguez, F., Menéndez, C., Delgado, O., Díaz, L. y Pino, C. 2013. Evaluation of chitosan as an inhibitor of soil-borne pathogens and as an elicitor of defence

- markers and resistance in tobacco plants. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5 (4): 533-541.
129. Root, T. y Johnson, E.L. 1978. A comparison of the use of chitosan and gelatin on the clarification of five blends of apple juice using both hot and cold treatment methods. In: Muzzarelli, M.M.A., Pariser, E.R. (Eds.), MIT Sea Grant Program. Proceedings First International Conference on Chitin/Chitosan. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, p. 387–395.
130. Rosen C.J. y Tong C.B. 2001. Yield, dry matter partitioning and storage quality of hardneck garlic as affected by soil amendments and scape removal. *Hort Science*. 36 (7): 1235-1239.
131. Salvador, L., Miranda, S.P., Aragón, N. y Lara, V. 1999. Recubrimiento de quitosán en aguacate. *Rev. Soc. Quím. Méx.*, 43: 18-23.
132. Salvador, P. y Laserre, T. 2010. Process for increasing plants resistance to an abiotic stress. US Patent, 0304975 A1.
133. Sarita, V. 1995. Cultivo de ajo. Serie Cultivos, Boletín Técnico No. 5. Segunda edición, Fundación de Desarrollo Agropecuario. República dominicana, 24 p.
134. 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.
135. Sheikha, S.A. y Malki, F.M. Al. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. *European Journal of Scientific Research*, 50 (1): 124–134.
136. Sneh, B. y Henis, Y. 1972. Production of antifungal substances active against *Rhizoctonia solani* in chitin amended soil. *Phytopathology*, 62: 595-600.
137. Srinivasa, P., Baskaran, R., Ramesh, M., Prashanth, K.H. y Tharanathan, R. 2004. Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan film. *European Food Research and Technology*, 215: 504-508.

138. Teixeira, M.A., Paterson, W.J., Dunn, E.J., Li, Q., Hunter, B.K. y Goosen, M.F. 1990. Assessment of Chitosan gels for the controlled release of agrochemicals. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 29: 1205–1209.
139. Tejera, Y. 2013. Efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de Quitomax en la respuesta productiva del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
140. Torres, LLiddrey. 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. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas.
141. Tortosa, G. 2012. Importante cita internacional sobre el uso de bioestimulantes en agricultura. [en línea]. Disponible en: <http://es.paperblog.com>. [Consulta: abril, 2016].
142. UNESCO. 2005. Agua para todos agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. 20 p.
143. 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.
144. Valdés, Lizandra. 2017. Efecto de la aplicación de QuitoMax y PectiMorf en el crecimiento vegetativo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en las primeras etapas del ciclo biológico. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
145. Van Toan, N. y Hanh, T. T. 2015. Application of chitosan solutions for rice production in Vietnam. *African Journal of Biotechnology*, 12 (4): 382-384.
146. Velásquez, C.L. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *UDO Agrícola*, 8 (1): 1–22.

147. Waliszewski, K.N., Pardo, V.T. y Ramírez, M. 2002. Effect of chitin on color during osmotic dehydration of banana slices. *Drying Technology*, 20: 719–726.
148. Wanichpongpan, P., Suriyachan, K. y Chandkrachang, S. 2001. Effects of chitosan on the growth of Gerbera flower plant (*Gerbera jamesonii*). In: Uragami, T., Kurita, K. y Fukamizo, T. Editors. Chitin and Chitosan in Life Science, Yamaguchi, p 198–201.
149. Yan, J., Cao, J., Jiang, W. y Zhao, Y. 2012. Effects of preharvest oligochitosan sprays on postharvest fungal diseases, storage quality, and defense responses in jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) fruit. *Scientia Horticulturae*, 142: 196-204.
150. 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.