



UNIVERSIDAD DE GRANMA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TRABAJO DE DIPLOMA

PRESENTADO EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO

TÍTULO: Evaluación de quitosano en el crecimiento y desarrollo de tomate
(*Solanum lycopersicum*, L.) en condiciones de casa de cultivo.

AUTOR: Wilmer Iván Lanchimba Sopalo

DIRECTOR INTERNO: MSc. Luis Gustavo González Gómez

CODIRECTOR EXTERNO: Dr. Juan José Reyes Pérez, PhD

Bayamo, Cuba

2019



UNIVERSIDAD DE GRANMA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TRABAJO DE DIPLOMA

PRESENTADO EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO

TÍTULO: Evaluación de quitosano en el crecimiento y desarrollo de tomate
(*Solanum lycopersicum*, L.) en condiciones de casa de cultivo.

AUTOR: Wilmer Iván Lanchimba Sopalo

DIRECTOR INTERNO: MSc. Luis Gustavo González Gómez

CODIRECTOR EXTERNO: Dr. Juan José Reyes Pérez, PhD

Bayamo, Cuba

2019

PENSAMIENTO:

Tenemos que aprestarnos a multiplicar los logros y a disminuir los errores, a profundizar la conciencia de la masa y aumentar la producción, a dar más con nuestras fuerzas, acostumbrarnos a que en la producción también podemos caminar solos, como hemos caminado momentos difíciles.

Che.



DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo

A Dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminar esta etapa de mi vida.

A la Revolución, por sus logros en la Educación.

A mi padre y hermanos quienes me apoyaron durante todos estos cinco años.

A mis tutores el M Sc. Luis Gustavo González Gómez, Dr. Juan José Reyes Pérez, PhD por guiarme en este difícil camino de la sabiduría.

En especial a mi madre que fue la que hizo posible este sueño a través de su esfuerzo, dedicación y apoyo para que yo fuera alguien en la vida.

A mi hermana, gracias por existir.

A la memoria de mi abuelo, quien hoy estaría orgulloso de su nieto.

AGRADECIMIENTO

Para mí esta es la parte más difícil del trabajo, ya que casi nunca se puede expresar con palabras todo lo que sentimos o queremos decir. Es por ello que solo me limitaré a mencionar algunos nombres, porque la lista de personas sería interminable.

- *A mi madre María Ermelinda, mi hermana Elsa Maribel, por su ayuda, apoyo, paciencia y amor.*
- *A mi padre Luis Alfredo, por ser mi amigo, ayuda y apoyo incondicional.*
- *A mis hermanos Efraín, Luis por su apoyo, dedicación y respeto hacia mí.*
- *A mi tía Erminia L y mis tíos Víctor L, Víctor S, Alberto S, por su ayuda en todos los momentos de mi vida.*
- *A mi cuñada Beatriz, por su ayuda y apoyo absoluto.*
- *A mi cuñado Darío, por sus consejos y apoyo incondicional.*
- *A mis tutores en especial a M Sc. Luis Gustavo González Gómez y Dr. Juan José Reyes Pérez, PhD que con su apoyo, dedicación y sus conocimientos permitieron que adquiriera una plena preparación profesional.*
- *A mi amigo Emmanuel quien estuvo en las buenas y en las malas.*
- *A esa persona tan especial y maravillosa que más que mi tutor ha sido un gran amigo durante toda mi carrera, con sus sabios consejos me ha encaminado por un buen camino, creo que son pocas las palabras para agradecerle todo lo que ha hecho por mí y todo el tiempo que me ha dedicado, al Dr. Juan José Reyes Pérez PhD, Gracias.*

A todos, muchas gracias

“Es imprescindible en cualquier obra humana la ayuda de múltiples colaboradores, y el mínimo obsequio que se le podría atribuir es expresarles el más noble y sencillo agradecimiento”.

RESUMEN

La investigación se realizó en condiciones de casa de cultivo, en el “Centro Experimental La Playita”, perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi – La Maná, Ecuador, desde abril a agosto del 2019, con el objetivo de evaluar la aplicación del quitosano sobre el cultivo del tomate. La siembra se realizó en semillero y las posturas posteriormente se trasplantaron en bolsas con un suelo franco-arenoso. La variedad de tomate utilizada fue “Amalia”. Se emplearon cuatro tratamientos, consistentes en tres diluciones de QuitoMax® y un tratamiento control replicados 4 veces, el diseño experimental empleado fue bloques completamente al azar. Los tratamientos fueron T1: Control, T2: 200 mg ha⁻¹, T3: 250 mg ha⁻¹ y T4: 300 mg ha⁻¹. Una parcela constituyó una réplica de 20 plantas (20 bolsas). Para la evaluación de las variables de crecimiento y desarrollo se seleccionaron 40 plantas por tratamiento y 40 frutos para los indicadores de calidad. Se le realizó una aplicación foliar a los 12 días después del trasplante (DDT). Los datos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación doble y una prueba de comparación múltiple medias por Tukey (P<0,05) con el paquete estadístico Statistica v. 10.0 para Windows. Los resultados obtenidos demostraron que la mejor dosis aplicada corresponde a la de 300 mg ha⁻¹ en el 100 % de las variables evaluadas, con un rendimiento de 61,9 t ha⁻¹ y un ingreso de 7 428,00 USD de valor de la producción.

Palabras claves: Quitosano, tomate, rendimiento.

ABSTRACT

The investigation was carried out under conditions of cultivation house, in the Experimental Center "La Playita", belonging to the Technical University of Cotopaxi – La Maná, Ecuador, from april to august of the 2019, with the objective of evaluating the application of the chitosan on the cultivation of the tomato. The seeding was carried out in nursery and the postures later on were transplanted in bags with a franc-sandy floor. The utilized tomato variety was "Amalia". Four treatments were used, consistent in three dilutions of QuitoMax® and a treatment control replied 4 times, the design experimental employee was blocks totally at random. The treatments were T1: Control, T2: 200 mg ha⁻¹, T3: 250 mg ha⁻¹ and T4: 300 mg ha⁻¹. A parcel constituted a replica of 20 plants (20 bags). For the evaluation of the variables of growth and development 40 plants were selected by treatment and 40 fruits for the indicators of quality were carried out an application to foliate to the 12 days after the transplant. The data were processed by means of analysis of variance of double classification and a test of comparison multiple stockings by Tukey (P <0,05) with the statistical package Statistica v. 10.0 for Windows. The obtained results demonstrated that the best applied dose corresponds that of 300 mg ha⁻¹ in 100% of the valued variables, with a yield of 61,9 t ha⁻¹ and an entrance of 7 428,00 USD of value of the production.

Key words: Chitosan, tomato, yield.

Índice

I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1.-Generalidades del cultivo de tomate.....	5
2.1.1.-Origen y distribución, producción y consumo.....	5
2.1.2.-Importancia económica y alimenticia del tomate.....	7
2.1.3.-Productos Bioactivos. Principales características.....	8
2.2.-Efecto de los bioestimulantes sobre las plantas de cultivo.....	9
2.3.-Quitosano.....	10
2.3.1.-Definiciones.....	10
2.3.2.-Obtención del quitosano y quitina.....	11
2.4.-Características generales del quitosano.....	13
2.4.1.-Estructura química.....	13
2.4.2.-Fuente.....	13
2.4.3.-Aplicaciones de la quitina y el quitosano.....	13
2.4.4.-Uso del quitosano en la agricultura.....	14
2.4.5.-Actividad biológica del quitosano.....	15
2.4.5.1.-Actividad antifúngica.....	15
2.4.5.2.-Actividad antibacteriana.....	17
2.4.5.3.-Actividad antiviral.....	17
2.4.5.4.-Efectos del quitosano sobre la fisiología de las plantas.....	18
2.5.-Mecanismo de inducción de defensa.....	18
2.5.1.-Actividad inductora.....	18
2.5.2.-Respuesta enzimática de defensa.....	19
2.5.2.1.-Fenilalanina Amonio Liasa (PAL).....	19
2.6.-Estudios del efecto del quitosano en la producción agrícola.....	20
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1.-Ubicación y caracterización edafoclimática del área experimental.....	24
3.2.-Diseño experimental.....	25
3.3.-Desarrollo experimental.....	25
3.4.-Indicadores del crecimiento.....	26
3.5.-Indicadores de calidad de los frutos evaluados fueron:	27
3.6.-Procesamiento estadístico.....	28
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29

4.1.-Influencia del quitosano sobre algunas variables del crecimiento.....	29
4.2.-Influencia del quitosano sobre algunos indicadores de desarrollo.	30
V. CONCLUSIONES.	47
VI.- RECOMENDACIONES.....	48
VII.- BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	49

I.- INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas y verduras cobra cada día más importancia por su influencia en la alimentación y nutrición saludables a nivel mundial, derivadas a su notable riqueza en vitaminas, minerales y otros componentes que son esenciales para la salud humana. Las hortalizas contribuyen a reducir los niveles de colesterol en la sangre; las vitaminas y minerales ayudan a mantener un adecuado estado de salud y un grado aceptable de bienestar. Por su parte, los compuestos fotoquímicos, tienen efectos antioxidantes y antiinflamatorios que pueden asegurar una mejor calidad de vida a los consumidores (Ordóñez, 2015).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es considerada como una de las hortalizas de mayor importancia y demanda en muchos países del mundo, por el sinnúmero de subproductos que de ella se obtienen, por las divisas que aporta y por el alto nivel de consumo fresco que se incrementa cada año. Este fenómeno ha originado la incorporación de vastas extensiones de tierra a este cultivo, a lo que se suma la necesidad de utilizar las tierras hasta ahora consideradas marginales (InfoAgro, 2011 & Flaño, 2013).

El cultivo de tomate, ocupa un lugar preponderante entre las hortalizas que se cultivan en el Ecuador por ser un producto muy apetecido por la población y altamente demandado por la agroindustria. Por las características de comercialización y sus precios, es demandado con gran fuerza cada año y las áreas dedicadas al cultivo están cerca de las 6, 000 hectáreas, con una producción total de 14,695 toneladas y un rendimiento agrícola de 7,05 t ha⁻¹ (Tapia, 2018).

Las principales áreas dedicadas al cultivo del tomate se encuentran localizadas, tanto en los valles cálidos de la serranía, como en el litoral. En la serranía, se ha producido el tomate riñón de mesa y en el litoral el tomate industrial para la elaboración de pasta (Betancourt, 2014).

El uso indiscriminado de agroquímicos en el cultivo de tomate ha ocasionado la degradación de los ecosistemas, fuente de la biodiversidad que proporciona la materia orgánica rica en minerales de fácil absorción para los cultivos (Mesa

DRS, 2007). La fertilización química, si bien proporciona nutrientes fácilmente disponibles para el crecimiento óptimo de las plantas, no contribuye a mejorar la condición física y química del suelo y en mucho de los casos, además de tener un costo elevado, causa daños en los mantos freáticos, acelera el proceso de salinización y reduce la macro y micro biota del suelo (Alagöz & Yilmaz, 2009).

Como resultado de ello, se ha percibido la necesidad de implementar métodos que permitan, entre otras cuestiones, mejorar la eficiencia de los cultivos, mitigar efectos adversos sobre el suelo, lo cual permitiría a su vez, aumentar las ganancias por área cultivada con producción en cantidad y calidad comercial, así como disminuir la tasa de uso de fertilizantes químicos (Morales *et al.*, 2016).

En este sentido, la implementación de modelos de Agricultura de Conservación (AC) ha sido un eje fundamental de las prácticas agrícolas en el ámbito global, debido a que esta se enfoca en el incremento de los rendimientos de los cultivos, con la disminución del uso de agroquímicos a partir de la utilización de prácticas inocuas para el medio ambiente, como la mejora de la fijación simbiótica y asimbiótica de nutrientes por los microorganismos asociados a la rizosfera, la mejora de la estabilidad del suelo a partir del uso de materiales orgánicos y la utilización de controles biológicos para el control de plagas y enfermedades, así como el uso de productos bioestimulantes de crecimiento (Carvajal & Mera, 2010).

Los productos bioactivos, ejercen diversos efectos beneficiosos en las plantas, tales como, la inducción de mecanismos defensivos y la estimulación del crecimiento vegetal, además de tener la ventaja de no ser dañinos a las plantas ni al medio ambiente (Terry *et al.*, 2017).

Desde esta perspectiva, hace ya varios años en nuestro país se ha estado implementando el uso de bioestimuladores de crecimiento vegetal y uno de los de mayor aceptación es el quitosano; debido a que influye positivamente en la fisiología, nutrición y sanidad de la planta (Ayala, 2015).

El quitosano, se obtiene, fundamentalmente, del exoesqueleto del cangrejo, camarón o langosta, ha sido ampliamente usado en la agricultura,

principalmente por estimular el crecimiento vegetal, poseer actividad antimicrobiana, nematocida, antiviral y fúngica, participar en la inducción de tolerancia y resistencia a diversos tipos de estrés (déficit hídrico, salinidad en el suelo, altas temperaturas), además de promover el crecimiento vegetal, lo cual tiene una marcada influencia sobre el incremento de los rendimientos y la calidad de las cosechas (Ayala, 2015 & Martínez *et al.*, 2016).

Existen experiencias de aplicación del quitosano en el cultivo del tomate en el mundo, sin embargo el uso en Ecuador está limitado logrando que la producción del tomate en el territorio ecuatoriano sea producida a base de aplicaciones de productos químicos, la misma, provoca efectos muy nocivos desde el punto de vista ambiental y de la salud humana, lo cual se ha señalado como una tendencia preocupante en América Latina (Reyes y Cortéz, 2017).

Por todo lo anteriormente expuesto, resulta necesaria la búsqueda de nuevas alternativas que permitan hacer un uso más racional de los recursos, disminuir los costos de producción sin afectar el suelo, la calidad y los rendimientos de los cultivos, lo que ha propiciado el uso de bioestimulantes del crecimiento de uso agrícola, los rendimientos de los cultivos, la calidad de las cosechas, la resistencia a las condiciones de estrés hídrico, salino y altas temperaturas (Morales *et al.*, 2016).

Problema científico.

¿Qué respuesta agronómica brinda el cultivo del tomate al aplicarle quitosano de manera foliar a los 12 días después del trasplante (DDT), en condiciones de casa de cultivo?

Hipótesis científica.

La utilización del quitosano en la producción de tomate, como tecnología limpia, estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas e incrementa los rendimientos comerciales, así como la calidad nutricional de los frutos en condiciones de casa de cultivo.

Objetivo general

- Evaluar los efectos del quitosano sobre el crecimiento, desarrollo y calidad de los frutos en plantas de tomate, cuando se aplica a los 12 días después del trasplante en condiciones de casa de cultivo.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del quitosano sobre variables de crecimiento y desarrollo en plantas de tomate cuando se aplica a los 12 días después del trasplante en casa de cultivo.
- Determinar los efectos del quitosano sobre indicadores de calidad en frutos de tomate cuando se aplica a los 12 días después del trasplante en casa de cultivo.
- Valorar económicamente los resultados obtenidos al aplicar quitosano al cultivo del tomate a los 12 días después del trasplante en casa de cultivo.

II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.-Generalidades del cultivo de tomate.

2.1.1.-Origen y distribución, producción y consumo.

El centro de origen del tomate se localiza en la región andina de América del Sur, en Perú, Ecuador, Bolivia, no obstante, las investigaciones indican que fue en México donde se domesticó. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia (Cuñat, 2017). En otros países europeos, solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses, difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (InfoAgro, 2003).

El tomate, es la segunda hortaliza de mayor importancia a nivel mundial después de la papa. Se cultiva en diversos países, no obstante, en 2008 más del 70% de la producción se concentró en cuatro países: China (36%), Estados Unidos (14%), Turquía (12%) e India (11%) (SAGARPA, 2010). A escala mundial existen casi cuatro millones de hectáreas de superficie sembradas con el cultivo, lo que representa una producción de 105,7 millones de toneladas (FAO, 2010).

Según las estadísticas de la FAOSTAT (2018), el tomate se cultiva aproximadamente en 5 millones de hectáreas alrededor del mundo, con una producción de más de 170 millones de toneladas de fruto fresco en el año 2014. Actualmente, Asia domina el mercado de tomate, con prácticamente un 60% de la producción mundial, seguido por América, Europa, África y por último Oceanía, con apenas un 0,15% de la producción mundial. El primer productor de tomate para la industria es Estados Unidos (California), junto con Europa y Asia son los quienes se llevan la mayor parte de la producción mundial de tomate para industria.

El rendimiento medio actual en el mundo es de 27 t ha⁻¹, pero el mayor rendimiento se obtiene en los invernaderos europeos. En cuanto a la exportación, 4,2 millones de toneladas de tomate fresco se exportan anualmente, siendo los mayores exportadores España y México. Las

exportaciones totales a nivel mundial de tomate procesado se distribuyen de la siguiente manera: 3 millones de toneladas de jugo y 1,8 millones de toneladas de pasta de tomate (Yara, 2018).

En el año 2012, la superficie sembrada a nivel nacional fue 3115 ha, con una producción de 62, 956 TM y las exportaciones de 61,420 TM (INEC, 2013). Se fluctúa que un 30% de la producción de tomate se realiza bajo cubierta plástica, siendo las provincias de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Azuay los principales productores (SINAGAP, 2013). Se estima que el consumo per cápita de tomate riñón en Ecuador para el año 2009 fue de 4 kg/persona, siendo un valor bajo dentro de la sociedad ecuatoriana si consideramos que países como Argentina consumen 16,9 kg/persona/año o en Chile que llegan a consumir 31,7 kg/persona/año (Hernández, 2013).

Ecuador, exporta más de 43,5 toneladas a España, Estados Unidos, Holanda, Canadá, Suiza, entre los principales destinos; se cultiva en todas las provincias del país, siendo las principales productoras: Loja, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Pichincha, Morona Santiago, Napo, Zamora Chinchipe, Sucumbíos, Carchi e Imbabura (Tapia, 2018).

La producción del tomate en el Ecuador se ha incrementado considerablemente, especialmente en la región de la sierra donde destacan Chimborazo y Tungurahua, y en la Costa, Guayas y Santa Elena. La agricultura es la base económica del Ecuador, ocupa al 77,4 % de su población económicamente activa (PEA); debido a la riqueza de su suelo y de las lluvias distribuidas a través del año (Borja, 2009).

Esta hortaliza es la de mayor consumo en el mundo por su aporte de vitaminas y minerales. Representa más de 30% de la producción hortícola mundial. Las enfermedades no transmisibles (ENT), especialmente las enfermedades cardiovasculares (ECV) y el cáncer, representan un importante problema de salud pública a nivel mundial. Una de las estrategias para revertir esta situación es incrementar el consumo de frutas y hortalizas. El tomate, rico en licopeno, es la hortaliza de mayor consumo a nivel mundial y la que más se cultiva en Ecuador. Varios estudios han mostrado que el consumo de tomate puede prevenir el desarrollo de eventos cardiovasculares (infarto agudo de miocardio

y enfermedad cerebro vascular) y ciertos tipos de cánceres (Palomo *et al.*, 2010).

No obstante al incremento en la cantidad de áreas sembradas y al alto nivel de consumo fresco y en conservas, los rendimientos de este cultivo no logran manifestarse según las potencialidades genéticas que tienen las variedades utilizadas, debido a que factores como las condiciones edafoclimáticas adversas y el uso indiscriminado de agroquímicos influyen negativamente en ello (Ramírez & Nienhuis, 2012).

2.1.2.-Importancia económica y alimenticia del tomate.

El tomate es uno de los cultivos de mayor valor económico en la actualidad, su demanda aumenta continuamente y con ella su producción y comercio. Esta hortaliza se ubica entre los principales cultivos con mayor valor agregado. Con una demanda de 540 mil toneladas anuales y es uno de los principales rubros facturados en supermercados a nivel mundial. Tienen la característica de ser nutritivos y con propiedades antioxidantes. Además, aportan fibra, minerales y vitaminas. Por esto, los tomates son las hortalizas preferidas y más solicitadas en el mundo (INTA, 2018).

El tomate constituye la principal hortaliza, y sus producciones se destinan al consumo ya sea fresco, pelado entero enlatado, concentrado o en salsas y condimentos lo que hace que el consumo de esta hortaliza se incremente. Esto se debe a la tendencia mundial de adquirir productos saludables y beneficiosos para la salud. Las economías regionales tienen una oportunidad gracias a la excelente calidad de la producción nacional y los buenos rendimientos obtenidos por hectárea, de ahí su importancia económica (INTA, 2018).

En el Ecuador el tomate se cultiva en todas las provincias del país, especialmente en varias zonas de la provincia de Tungurahua en donde se encuentra el 60% de la producción. Según el III Censo Nacional Agropecuario la superficie total sembrada es de 3054 ha. Se ha desarrollado variedades con cualidades especiales como simetría, color, sabor y resistencia a enfermedades (INTA, 2018) y (SOLAGRO, 2016).

Por otra parte, en el país se comercializan alrededor de 40 rubros en lo que corresponde a hortalizas de los cuales 10 de ellos tienen una significación

comercial relevante para el mercado doméstico y la exportación. Para la plaza interna los más relevantes son el tomate y la cebolla colorada, en menor escala la col, la zanahoria, la lechuga. Desde esta perspectiva la producción y comercialización de productos orgánicos, como productos diferenciadores, han convertido en una alternativa de desarrollo (Flores & Sánchez, 2016).

2.1.3.-Productos Bioactivos. Principales características.

En el proceso de simulación natural sobre la transformación de la materia, la utilización de productos y residuos biológicos es una gran alternativa para la producción agrícola, que deberá utilizar procesos o productos que no sean dañinos para el medio ambiente (Terry *et al.*, 2011).

Actualmente, diferentes grupos multidisciplinarios se dedican a buscar nuevos bioproductos con utilidad para la agricultura que sean totalmente naturales; para ello se están desarrollando productos a partir de diferentes plantas, extractos de abonos, microorganismos benéficos, artrópodos, crustáceos, entre otros, los cuales permiten a los cultivos crecer y desarrollarse adecuadamente, así como protegerse de organismos fitopatógenos (Núñez, 2010).

La aplicación de productos bioactivos a los cultivos va teniendo cada vez más importancia, desde el punto de vista económico y ecológico. Los reguladores del crecimiento en pequeñas cantidades aumentan, inhiben o modifican de una forma u otra cualquier proceso fisiológico del vegetal, considerándose a los bioactivos como productos activadores del crecimiento y desarrollo de las plantas, aportando compuestos directamente utilizables (Terry *et al.*, 2011).

Por otra parte, el crecimiento acelerado de la agricultura ha favorecido la demanda de nuevos productos de origen natural, que permitan el incremento de las producciones agrícolas, beneficiando al desarrollo de los cultivos y no sean factor de contaminación del medio ambiente, esto sin afectar la calidad y los rendimientos de los cultivos, lo que ha propiciado el incremento en el uso de bioestimulantes de uso agrícola (Mompie *et al.*, 2018).

Así, varias alternativas resultan necesarias adoptar, para garantizar incrementar los rendimientos en las áreas productoras a partir de la posibilidad del empleo de diferentes bioproductos, entre ellos el: QuitoMax, Pectimorf, Biobras, Fitomas-E, los mismos que son caracterizadas por sus excelentes

resultados en el incremento de los rendimientos en áreas dedicadas a la producción agrícola, a la vez que el empleo de estos bioproductos tienen un enfoque más ecológico y amigable con el ambiente; es decir, disminuciones en el uso de productos químicos, otros productos también se han empleado para satisfacer las demandas nutricionales de los cultivos (Mompie *et al.*, 2018).

2.2.-Efecto de los bioestimulantes sobre las plantas de cultivo.

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, al aplicarse a las plantas, poseen la capacidad de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y la asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia (Núñez *et al.*, 2010).

Los bioestimulantes, independientemente de su contenido de nutrientes, pueden contener sustancias, compuestos y/o microorganismos, cuyo uso funcional, cuando se aplican a las hojas o en la rizósfera, es mejorar el desarrollo del cultivo y consecuentemente el rendimiento, ya que mediante la estimulación de procesos naturales benefician el aprovechamiento de nutrientes e incrementa la resistencia a condiciones de estrés biótico y/o abiótico (Chun & Chandrasekaran, 2018). Los bioestimulantes pueden estar compuestos a base de hormonas vegetales, o bien, de extractos de algas marinas, aminoácidos, enzimas o vitaminas como la tiamina, ácidos húmicos, entre otros (Núñez *et al.*, 2010).

Estos bioestimulantes agrícolas accionan sobre la fisiología de la planta de diferentes formas y por distintos canales para potenciar el vigor del cultivo, el rendimiento y la calidad de la cosecha. Los bioestimulantes activan procesos metabólicos, su actividad puede medirse sobre los organismos vivos, sean microorganismos, como bacterias del suelo, células o tejidos “in vitro”, o plantas completas (INNOVAGRI, 2017).

Diferentes tipos de estrés bióticos y abióticos que aparecen con frecuencia en los cultivos de interés comercial pueden limitar, de forma importante, su producción, la calidad del fruto y su estado fisiológico. Desde este punto de vista, el uso de bioestimulantes que activen el metabolismo de la planta y que logren un cultivo más eficiente es una buena estrategia para aumentar la

productividad y la calidad del fruto desde un punto de vista sostenible. El uso de bioestimulantes agrícolas podría regular y mejorar los procesos fisiológicos de las plantas, como el cuajado, haciéndolos más eficientes (Castillo, 2018).

Los bioestimulantes actúan sobre la fisiología de las plantas a través de canales distintos a los nutrientes, mejorando el vigor, el rendimiento y la calidad y de una forma compatible desde el punto de vista medioambiental y sanitario (Granados, 2015).

Los productos bioestimulantes son una herramienta a utilizar como mejoradores del estado general de las plantas, debido a su potencial accionar que tiene en la fisiología de las plantas que da lugar a incrementos en la tasa de germinación, emergencia, floración, cuajado del fruto, la producción, disminuyendo la caída del fruto, mejorando (en algunos casos) el estado nutritivo de los árboles, estimulando el desarrollo vegetativo, retrasando la senescencia de las plantas, mejorando el estado hídrico de los cultivos, sin afectar a la calidad del fruto, que en muchos de los casos, presentan una calidad interna y externa mejor que los frutos de los árboles control (Martínez-Alcántara & Quiñones, 2018).

2.3.-Quitosano.

2.3.1.-Definiciones.

El quitosano es un biopolímero catiónico que, además de ser un compuesto seguro, posee propiedades antifúngicas y antibacterianas, características que lo posicionan como un material importante. Los reportes de la actividad antimicrobiana del quitosano datan de los años 80's; sin embargo, estudios in vitro e in vivo muestran la importancia de analizar las nuevas características de esta molécula. Asimismo, en la última década, diversos grupos de investigación se han dado a la tarea de estudiar sus mecanismos de acción (Jiménez *et al.*, 2018).

La quitina (polímero de 2-acetamido-2-deoxy- β -D-glucosa) es una molécula que se encuentra de manera abundante en la naturaleza y representa el principal componente del exoesqueleto de insectos, crustáceos, cangrejos y langostas, así como de la pared celular de hongos, cuya extracción arroja un producto que tiene poca solubilidad y baja reactividad. Para darle utilidad a

dicho extracto, éste puede ser modificado removiendo los grupos acetilo, lo que produce la forma desacetilada conocida como quitosano (Goy *et al.*, 2009).

El quitosano es un polisacárido lineal reconocido como seguro (GRAS, *Generally Recognized as Safe*, por sus siglas en inglés), no tóxico, biodegradable y compatible con el ambiente, por lo que tiene aplicaciones en áreas que incluyen a la industria de los cosméticos y la textil. Asimismo, diversos estudios muestran que posee propiedades antifúngicas y antibacterianas (Zhang *et al.*, 2011).

Los estudios básicos del polisacárido y su efecto sobre hongos y bacterias se incrementaron en la última década debido a las continuas restricciones establecidas en el uso de antibióticos, conservadores químicos de alimentos y plaguicidas, lo que muestra la importancia de estudiar esta molécula (Ahmed & Ikram, 2015).

2.3.2.-Obtención del quitosano y quitina.

La quitina se produce por biosíntesis en los crustáceos y presenta una tasa de reposición tan alta en la biosfera que, se estima, duplica a la de la celulosa. Los desechos de crustáceos producidos por la industria pesquera son la materia prima para la industrialización de la quitina. El procedimiento para obtenerla consiste en aislarla de proteínas, minerales, generalmente calcáreos y pigmentos (Barra *et al.*, 2012).

Las etapas de este procedimiento se denominan procesos de desproteínización y desmineralización. El quitosano, principal derivado de la quitina, se obtiene industrialmente mediante un tratamiento de desacetilación. Dependiendo de las condiciones de reacción, este biopolímero se obtiene de diferente peso molecular y grado de desacetilación. Estas variables los hacen útiles para diversas aplicaciones (Alvarado *et al.*, 2007).

La industrialización y comercialización de langostinos y camarones es una importante fuente de recursos en la mayoría de los países en todo el mundo, a su vez, crea un enorme problema medio ambiental: los caparazones de los crustáceos, desechados por las fábricas tras la extracción de la parte comestible, se acumulan en enormes basurales que constituyen un serio

residuo contaminante, representando un negativo impacto ambiental (Alvarado *et al.*, 2007).

El aprovechamiento de estos desechos constituye una oportunidad de desarrollo industrial, y a la vez, una solución inteligente para el problema ambiental que los mismos generan. Los resultados obtenidos demuestran una alternativa concreta, medioambientalmente sostenible y económicamente productiva. Estos se verán reflejados en la generación de divisas, sustitución de importaciones, la generación de empleo y principalmente en la solución de un problema medioambiental mediante el procesamiento de los residuos pesqueros para la obtención de un producto de alto valor agregado (Barra *et al.*, 2012).

Otros autores describen el proceso de obtención de la quitina, llevadas las conchas al laboratorio se limpian, secan, muelen hasta pulverizarse y se someten a un proceso de hidrólisis ácida, utilizando ácido clorhídrico, el cual convierte a los carbonatos en cloruros y solubiliza los minerales, básicamente el calcio. Una vez desmineralizadas, se aplica una hidrólisis alcalina, pues el álcali que se usa rompe la estructura de la matriz y hace solubles las proteínas, las cuales arrastran consigo grasas y pigmentos, componentes todos que constituyen el caparazón. Después de estas dos etapas se obtiene la quitina en polvo, la cual no es soluble en agua, lo que la hace poca práctica para su aplicación (Mármol *et al.*, 2011; Romanazzi, Feliziani, & Sivakumar, 2018).

La quitina obtenida según el procedimiento anterior se somete a un proceso llamado “desacetilar”, que significa quitar de la quitina parte de su estructura, el grupo acetilo, por tratamiento con álcali fuerte a altas temperaturas para obtener quitosano. La presencia de grupos aminos en la cadena polimérica ha hecho del quitosano uno de los materiales más versátiles que se estudian desde hace ya algún tiempo, por la posibilidad de realizar una amplia variedad de modificaciones, tales como las reacciones de anclaje de enzimas, reacciones de injerto, obtención de películas entrecruzadas, etc., de las cuales se obtienen materiales con propiedades adecuadas para aplicaciones inmediatas y futuras en biotecnología, biomedicina, agricultura entre otros (Mármol *et al.*, 2011; Javaid *et al.*, 2018).

2.4.-Características generales del quitosano.

2.4.1.-Estructura química.

El quitosano está formado por cadenas lineales de unidades de glucosamina [β -(1-4)-D-glucosamina] y en menor medida de N-acetil D-glucosamina [β -(1-4)-N-acetil-D-glucosamina], destacando la presencia de grupos funcionales como el hidroxilo y el amino. Asimismo, es considerado un polielectrolito, ya que posee una alta densidad de cargas positivas. Dicha capacidad permite explicar su habilidad para unirse a moléculas con carga negativa (Zhang *et al.*, 2011; Hayafune *et al.*, 2014).

El quitosano tiene un contenido de nitrógeno mayor al 7 % y posee una distribución regular de los grupos amino libres, que pueden ser protonados por ciertos ácidos cargándose positivamente lo que le confiere un comportamiento de polielectrolito. Este hecho permite explicar algunas propiedades del quitosano como son: la habilidad de enlazarse con sustancias cargadas negativamente tales como lípidos, proteínas, colorantes, entre otras; así como su comportamiento como floculante, adherente y adsorbente, adicionales a las reacciones típicas de las aminas. Una propiedad importante del quitosano es su estructura rígida, caracterizada por numerosos enlaces por puentes de hidrógeno, la cual le confiere una buena estabilidad térmica (Crini, 2005; Abd El-Aziz *et al.*, 2019).

2.4.2.-Fuente.

Está presente en la pared celular de hongos, levaduras y en el exoesqueleto de los invertebrados como cangrejos e insectos. La principal fuente de obtención de la quitina son los desechos de los crustáceos (Zamani *et al.*, 2007; Javaid *et al.*, 2018).

2.4.3.-Aplicaciones de la quitina y el quitosano.

Las aplicaciones de la quitina y quitosano son muy amplias, existiendo sectores en los que su utilización es habitual y conocida, y otros en los que constituye actualmente una interesante vía de investigación (Badwan, Rashid, Al Omari, & Darras, 2015; Javaid *et al.*, 2018; Abd El-Aziz *et al.*, 2019).

A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones de estos biopolímeros.

Industria de alimentos y bebidas: En la industria alimentaria la quitina y el quitosano tienen usos como aditivos en los alimentos (espesantes, gelificantes y emulsificantes), como recubrimientos protectores comestibles y en procesos industriales como la recuperación de proteína de desechos de ovo-productos para alimentación animal, como clarificadores en industrias de bebidas (agua, vino, zumo de manzana y zanahoria) sin afectar el color. La acción antimicrobiana la realizan privando a los microorganismos de iones vitales (Cu), bloqueando o destruyendo la membrana, filtrando constituyentes intracelulares, y formando complejos polielectrolíticos con polímeros ácidos y células de superficie (Pokhrel *et al.*, 2015; Abd El-Aziz *et al.*, 2019; Chun & Chandrasekaran, 2018; Romanazzi *et al.*, 2018).

Tratamiento de aguas: Es una de las áreas de mayor importancia ya que tanto la quitina como el quitosano son materiales ambientalmente amigables, entre los principales usos en esta área se tiene: como coagulante primario para aguas residuales de alta turbidez y alta alcalinidad; como floculante para remoción de partículas coloidales sólidas y aceites, y para la captura de metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas (Araya, 2010).

2.4.4.-Uso del quitosano en la agricultura.

El quitosano cuyas propiedades garantizan una efectividad económica y práctica superior a otros agentes tradicionales, ya que no produce contaminantes, es biocompatible con tejidos de plantas y animales y antimicrobiano. Su aplicación potencial en la agricultura, es muy importante ya que permite una gran estimulación, germinación, crecimiento y desarrollo de algunas plantas, a la vez que activa mecanismo de defensa en las mismas, los cuales están estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistemática al ataque de microorganismos (Jiménez *et al.*, 2009; Moshelion & Altman, 2015).

El quitosano cuando se aplica al inicio de la floración a los cultivos es capaz de estimular su crecimiento tanto en tallos, hojas y el tamaño de los frutos y aumentar los rendimientos de los cultivos al compararlos con las plantas que no se le aplicó esta sustancia (Molina, 2015).

Está demostrado que el quitosano produce un aumento del desarrollo del sistema radical (raíces y raicillas) y fortalecimiento del vigor y grado de lignificación de las plantas mediante el mecanismo SAR (Resistencia Sistémica Adquirida). En general la eficiencia de efecto bioestimulante del quitosano se debe a su composición y característica de este polímero, una vez que la planta tiene contacto con este compuesto siente que está en presencia de algún hongo patógeno, e inmediatamente empieza a desarrollar todos sus mecanismos de defensas, esto colateralmente produce un aumento significativo en la raíz, permitiéndole absorber más nutrientes, produciendo un fortalecimiento y mayor vigor en ellas (Molina *et al.*, 2017).

2.4.5.-Actividad biológica del quitosano.

2.4.5.1.-Actividad antifúngica.

El principal efecto del quitosano sobre los hongos es la inhibición del crecimiento micelial y la germinación de esporas de hongos fitopatógenos como *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer*, *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* y *Penicillium digitatum* (Bautista-Baños *et al.*, 2017; Verlee *et al.*, 2017). Incluso se reporta efecto inhibitorio en el crecimiento micelial de oomicetos como *Phytophthora capsici*, lo que podría resultar importante por el impacto de los pseudo hongos en la producción agrícola (Xu *et al.*, 2007a).

La actividad del quitosano ocurre a través de dos vías. Por un lado, el propio compuesto es capaz de actuar frente a los organismos patógenos; pero, por otro, también genera una situación de estrés en las plantas que favorece la activación de mecanismos de defensa internos que las preparan para luchar por sí mismas (Guo *et al.*, 2008; Palma-Guerrero *et al.*, 2009; García-Rincón *et al.*, 2010; Kong *et al.*, 2010; Hernández-Lauzardo *et al.*, 2011; Verlee *et al.*, 2017).

Una de las principales hipótesis del mecanismo de acción del quitosano sobre hongos asume que los grupos amino de las unidades de glucosamina (carga positiva) interactúan con componentes extracelulares de la pared y la membrana celular de los hongos (carga negativa), mediante atracciones electrostáticas. Lo anterior provoca la formación de poros y la salida del contenido intracelular (Ca^+ y K^+ , proteínas), lo que ocasiona inestabilidad y

muerte celular (Guo *et al.*, 2008; Palma-Guerrero *et al.*, 2009; García-Rincón *et al.*, 2010; Kong *et al.*, 2010; Hernández-Lauzardo *et al.*, 2011; Verlee *et al.*, 2017).

Sin embargo, otra hipótesis indica que oligómeros de quitosano difunden hacia el interior de las hifas, los cuales interfieren con componentes esenciales para el crecimiento celular (Eweis *et al.*, 2006) además de ocasionar la desorganización del citoplasma y la pérdida del contenido extracelular en las esporas de *F. oxysporum* (Palma-Guerrero *et al.*, 2009) así como la ruptura de vacuolas en *P. capsisi* (Xu *et al.*, 2007a; Xu *et al.*, 2007b). De acuerdo a lo anterior, el quitosano es una molécula versátil que tiene la capacidad de interactuar con diversos blancos celulares, ya sean estructurales o metabólicos, lo que dificulta los procesos fisiológicos normales de los microorganismos.

El quitosano exhibe actividad antimicrobiana contra algunos hongos filamentosos, levaduras y virus. Por otra parte, existen algunos hongos que contienen quitosano como principal componente, tal es el caso de los Zygomycetos, que son vulnerables al quitosano (Chien & Chou, 2006).

El quitosano logra su efecto antifúngico por vías diferentes en las que parece desempeñar un papel importante el grado de su polimerización. Una disminución en el grado de polimerización de la molécula de quitosano provoca una disminución en el número de especies de hongos inhibidos. La inhibición del crecimiento es debido a los grupos aminos protonados a pH 5.6 de quitosano y esto puede formar complejos poli electrolitos con los grupos ácidos y básicos de la superficie celular creando desórdenes; pero también ha sido encontrado que existe cierto requerimiento mínimo de tamaño molecular para poder mostrar actividad antifúngica *in vitro* (Chien & Chou, 2006).

Por otra parte Chien & Chou (2006) encontraron que el quitosano dependiendo del tipo y su concentración, pueden causar desde un 25 hasta un 90,5 % de inhibición del crecimiento de diferentes hongos que afectan la calidad de los frutos del cítrico (*Citrus tankan Hayata*), comprobaron que, con un aumento de la concentración, se aumentaba la inhibición sobre los microorganismos.

La sensibilidad de los hongos patógenos hacia el quitosano puede cambiar en los diferentes estadios de su desarrollo. Liu *et al.*, (2007) reportaron que el quitosano es mejor inhibidor de la germinación de *Penicillium expansum* que la de *Botrytis cinerea*, contrario a lo que se observó en el crecimiento micelial de estos hongos. También, Trotel *et al.*, (2006) observaron que el quitosano inhibe el crecimiento micelial y desarrollo in vitro del hongo *B. cinerea*.

2.4.5.2.-Actividad antibacteriana.

El quitosano inhibe el crecimiento de una amplia variedad de bacterias. (Liu *et al.*, 2006; Hayes *et al.*, 2008). Según sus características químicas será su actividad antibacteriana (Shih-Bing *et al.*, 2008).

La concentración del quitosano es una propiedad química de gran importancia para su actividad antibacteriana. Se demostró que soluciones de quitosano hasta la concentración de $0.10 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ inhibieron marcadamente el crecimiento de la bacteria patogénica *Xanthomonas saxonopodis* pv. *Poinsettiiicola* aislada de *Euphorbia pulcherrima*, a medida que se aumentaba la concentración mayor era el efecto inhibitorio de la misma (Bin *et al.*, 2007).

Un quitosano parcialmente desacetilado se estudió sobre otras dos bacterias: *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* y *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* demostrando que retarda el crecimiento de dichas bacterias a la concentración de 0,5 % (Wisniewska *et al.*, 2007).

2.4.5.3.-Actividad antiviral.

La actividad antiviral de la quitosana depende del grado de polimerización, del grado de desacetilación, de la carga positiva y el carácter de las modificaciones químicas de la molécula. Los posibles mecanismos de supresión de la infección viral por la quitosana son aún discutidos (Wisniewska *et al.*, 2007).

Los principales factores para suprimir infecciones del fago por quitosano son inactivación de la partícula del fago e inhibición de reproducción del bacteriófago a nivel celular. La quitosana posee una actividad antiviral por su habilidad para inducir resistencia a las enfermedades virales en plantas y para prevenir la multiplicación del bacteriófago en cultivos infectados por microorganismos (Chirkov *et al.*, 2002).

La capacidad del quitosano para suprimir la infección viral en plantas no depende del tipo de virus, la quitosana afecta a la planta induciendo su propia resistencia a las infecciones virales. El quitosano imita el contacto de la planta con un fitopatógeno, induce un amplio espectro de reacciones protectoras en la planta, la cual delimita una propagación sistémica de los virus sobre la planta y conduce al desarrollo de la resistencia adquirida sistémica (Rabea *et al.*, 2003).

2.4.5.4.-Efectos del quitosano sobre la fisiología de las plantas.

Los inductores son sustancias que promueven respuestas de defensa cuando se le aplica a los tejidos de las plantas o cultivos celulares de plantas (oligosacáridos, glicoproteínas, péptidos y lípidos). Los más estudiados son los oligosacáridos que incluye oligoglucanos, oligoquitinas, oligoquitosanas y ácidos oligalacturónicos (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2009).

Cuando una planta que ha desarrollado un mecanismo de resistencia al ser atacada por un patógeno, rápidamente ocurre la muerte celular o respuesta hipersensible en el sitio de la infección y ocurre también una serie de respuestas de defensa en la célula dañada. Esto incluye la producción de especies reactivas de oxígeno, cambios estructurales en la pared celular, acumulación de proteínas relacionadas con la defensa y biosíntesis de fitoalexinas. El quitosano ha sido extensamente evaluado para determinar la capacidad de inducir respuestas de defensa natural en la planta. Cambios fisiológicos y bioquímicos ocurren dentro de la planta debido a la inducción por quitosano (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2009).

2.5.-Mecanismo de inducción de defensa.

2.5.1.-Actividad inductora.

Existen evidencias que comprueban las propiedades inductoras del quitosano, en forma de respuestas de defensa en las plantas u órganos vegetales. Las proteínas relacionadas con la patogenicidad (*Pathogenesis Response Proteins*, PR-Proteínas) son un grupo heterogéneo de proteínas solubles inducidas en muchas especies de plantas en situaciones patológicas o relacionadas con otros tipos de estrés. Son proteínas de bajo peso molecular, solubles en pH ácidos y resistentes a la proteólisis (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2009).

Estas proteínas aparecen en la planta gracias a la acción del quitosano, esta estimula a que se vea amenazada y que por ende produzca esta proteína

antifúngica. Algunas investigaciones recientes han demostrado que una de estas proteínas induce directamente una protección contra hongos patógenos. Otros trabajos, han descubierto el mecanismo mediante el cual los genes que determinan la producción de estas proteínas se regulan gracias a diferentes sustancias, especialmente hormonas, que participan, por tanto, en el arsenal defensivo de las plantas (Stange, 2007).

2.5.2.-Respuesta enzimática de defensa.

2.5.2.1.-Fenilalanina Amonio Liasa (PAL).

Esta reacción es un punto clave del metabolismo primario y secundario del reino de las plantas debido a que en un tejido, los niveles de esta enzima pueden fluctuar significativamente en intervalos de tiempo relativamente cortos en respuesta a una amplia variedad de estímulos y bajo ciertas condiciones. La actividad de la PAL se considera como la velocidad limitante en el metabolismo de la vía metabólica de los fenilpropanoides en la producción de estructuras fenólicas y fitoalexinas en algunas especies (Rodríguez *et al.*, 2007).

Dicha enzima también está involucrada en la síntesis directa del ácido salicílico por la vía del ácido benzoico que es considerado una importante señal en la amplificación de las respuestas sistémicas defensivas de las plantas. En plantas de arroz obtenidas a partir de semillas tratadas con quitosano hidrolizado a 500 mg L^{-1} e inoculadas artificialmente con *Pyricularia grisea* también se observó un aumento marcado de la actividad de la PAL (Rodríguez *et al.*, 2007).

La aplicación del quitosano a concentración de $1,0 \text{ g L}^{-1}$ en precosecha indujo la actividad de PAL en frutos de uva y disminuyó la infección por patógenos (Meng *et al.*, 2008). Las hojas de plantas de tabaco tratadas con diferentes dosis del quitosano (por inmersión de semillas y aspersion foliar) presentaron diferencias de acuerdo a la concentración empleada. Por ejemplo en la inmersión de semillas las dosis más bajas ($0,1$ y $0,5 \text{ g L}^{-1}$) incrementaron la de actividad enzimática de PAL mientras que en la aspersion foliar las dosis más altas ($0,5$ y $1,0 \text{ g L}^{-1}$) estuvieron asociadas con una mayor actividad (Falcón-Rodríguez *et al.*, 2007).

2.6.-Estudios del efecto del quitosano en la producción agrícola.

Son muchísimas las aplicaciones en este campo que se han venido desarrollando, estas soluciones se utilizan para tratar semillas, prevenir infecciones microbianas y favorecer el desarrollo de las plantas. Generalmente, estos productos se aplican por vía foliar mediante la aspersion, los mismos permiten corregir de manera rápida, deficiencias de nutrientes en momentos críticos para el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, otras formas de aplicación como el tratamiento de semillas vía imbibición y la adición al sustrato se han informado como positivas en el beneficio biológico de los cultivos (Fernández-Larrea, 2013).

Los polímeros y oligómeros de quitosano pueden tener una amplia aplicación agrícola a partir de las potencialidades biológicas que se le han demostrado a estos compuestos, como la promoción del crecimiento y desarrollo vegetal de varios cultivos de importancia económica (Shehata *et al.*, 2012).

Quitomax (cuyo principio activo es el quitosano) es un producto evaluado y extendido en diversos cultivos de importancia económica como son: tabaco (*Nicotianam tabacum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), pimiento (*Capsicum annum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), soya (*Glicine max* L.), maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) entre otros, con resultados positivos y promisorios que han determinado una demanda actual en la agricultura mundial (Lizárraga *et al.*, 2013).

En adición al anterior evaluando la aplicación del quitosano en diferentes momentos. Midiendo las variables de altura final de la planta y componentes del rendimiento, para tal efecto realizando tratamientos a la semilla con una concentración de 1gL^{-1} y aspersiones foliares a una dosis de 360 mg L^{-1} en dos momentos a los 25 y 60 dd. La mejor respuesta del cultivar se obtuvo al tratar la semilla y cuando recibieron las dos aplicaciones foliares de Quitomax (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2017).

Sumándose a lo expuesto anteriormente González *et al.*, (2015) estudiaron el efecto que ejerce este polímero en el crecimiento y la esporulación de un aislado de *Phytophthora nicotianae*, así como en la actividad glucanasa en

plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) infectadas con el patógeno. Para ello se inoculó un disco con micelio de *Phytophthora nicotianae* en placas Petri con medio de cultivo PDA-V8 y diferentes concentraciones de quitosano. En donde la inhibición del crecimiento del micelio estuvo marcada por el tipo de ácido disolvente y las concentraciones empleadas. Donde observaron una relación directa entre el efecto inhibitorio y los niveles del polímero en el medio de cultivo.

Además, disminuyó la esporulación de *Phytophthora nicotianae* al adicionar hasta 3,0 g L⁻¹ y hubo un efecto biostático del crecimiento de la colonia, pero no biocida. Por otra parte, las plantas de tabaco de 30 días de sembradas, tratadas con quitosano o inoculadas con el aislado SS-11 a través de la raíz, mostraron variaciones en la concentración de proteínas y la actividad glucanasa en el tiempo. También se alcanzó un 26 % de protección vegetal al aplicar 0,5 g L⁻¹ del polímero a plantas de tabaco. Los resultados mostraron el efecto del quitosano como inhibidor del desarrollo de *Phytophthora nicotianae*, así como su potencialidad para incrementar la actividad glucanasa y la protección del cultivo ante la presencia de este patógeno (González *et al.*, 2015).

Según Bello *et al.*, (2016) aplicaron los biopolímeros a base de mucílago y pectina de nopalito y quitosano a frutos de aguacate “Hass” en concentraciones de 0.5, 1,0 y 1,5 % por cada uno de los biopolímeros, y éstos se aplicaron (por inmersión) a frutos de aguacate (madurez fisiológica) los cuales fueron almacenados durante 10 días a 6 ± 2° C más 10 días a 22 ± 2° C, simulando las condiciones de exportación. En donde las variables evaluadas fueron pérdida de peso (%), color (L*, a*, b*), firmeza (kgf) y sólidos solubles totales (°Brix). Los frutos de aguacate “Hass” recubiertos presentaron diferencia estadística en todas las variables estudiadas en donde concluyeron que con éstos biopolímeros la vida de anaquel de los frutos alargaron por encima de los 20 días.

En ese mismo sentido evaluando el efecto que tiene el quitosano como promotor de crecimiento adicionado al medio de cultivo para orquídeas *Cattleya sp.* Como material vegetal de inicio utilizando yemas axilares y apicales como explantes, cuyas plantas madre presentaron buenas características

agronómicas; estos se los colocó en frascos con nutrimentos necesarios para su desarrollo y las dosis de quitosano a evaluar (0 mg L⁻¹; 70 mg L⁻¹; 90 mg L⁻¹; 150 mg L⁻¹; 180 mg L⁻¹; 200 mg L⁻¹; 250 mg L⁻¹). De acuerdo a los resultados obtenidos, concluyeron que: El tratamiento siete de 250 mg L⁻¹ de quitosano adicionado al medio de cultivo logró los mejores resultados en todas las variables evaluadas, debido que se utilizó mayor dosis de quitosano (Vera, 2017).

Además obtuvieron una planta completa en donde el porcentaje de germinación fue al 93,75 %, 5,25 brotes, 5,75 hojas, 3,75 raíces, un ancho de la hoja 2,20 cm y raíces vigorosas de 3,43 cm y menor de 1,00 contaminación. La aplicación de quitosano al medio de cultivo, constituyó una alternativa favorable en la propagación in vitro de la orquídea *Cattleya sp*, mejorando significativamente el desarrollo caulinar y radicular en un corto plazo (Vera, 2017).

Por otra parte, evaluando el quitosano como una alternativa potencial para el control de la Sigatoka Negra donde se pretende reducir o eliminar el uso de fungicidas químicos utilizados en el control de la enfermedad. Se elaboró quitosano con diferentes ácidos, en donde se caracterizaron los quitosanos obtenidos y se compararon con quitosanos comerciales. Se hizo un estudio in vitro contra el hongo *Mycosphaerella Fijensis Morelet* observándose efectividad contra el hongo a partir de 50 mg L⁻¹ de quitosano (Ayala *et al.*, 2014).

En relación a esto se hicieron comparaciones contra otros productos químicos usados para el combate del mismo hongo. Dando como resultado una mejora sustancial en el aspecto de las plantas, la cantidad de hojas sanas al corte de la *Basota* y al final de la cosecha. Además, se observaron un efecto post-cosecha de retardo en la maduración de los plátanos (Ayala *et al.*, 2014).

En este sentido Terry (2017) evaluando el efecto de diferentes concentraciones (0,1; 0,5 y 1,0 g L⁻¹), y su aplicación por imbibición y aspersion foliar del bioproducto QuitoMax® en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del tomate. Los resultados mostraron un efecto positivo del bioproducto a partir de la imbibición de las semillas en la concentración de 1,0 g L⁻¹ estimulándose

las diferentes variables del crecimiento que fueron evaluadas en semillero; por otra parte, la combinación imbibición más la aspersion foliar con la dosis de 0,3 g ha⁻¹ a los siete días después del trasplante, estimularon los componentes del rendimiento de las plantas y mostró el incremento en el rendimiento agrícola en un 55 % con respecto al tratamiento control.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.-Ubicación y caracterización edafoclimática del área experimental.

La investigación se llevó a cabo en condiciones de casa de cultivo , en el periodo de siembra (Abril-Agosto) del 2019, en el “Centro Experimental La Playita”, perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi – La Maná, coordenadas geográficas WGS 84 de longitud SO° 56,57”; longitud w 17° 13” 25 tiene varios pisos climáticos que varía de subtropical (altura variable 193 msnm).

La siembra se realizó en un semillero tradicional para la obtención de posturas, posteriormente se trasplantaron en bolsas que contiene un suelo franco-arenoso, cuyas características físico - química fueron determinadas en el Laboratorio de Suelos, tejidos vegetales y aguas de la Estación Experimental Tropical "Pichilingue" (tabla 1). El suelo se caracteriza por tener relativamente uniforme, en términos cuantitativos los tres componentes como son: arena, limo, arcilla. Asimismo es blando o friable, que se desmenuza fácilmente y ligeramente plástico, además posee muy baja fertilidad de manera uniforme y es ligeramente ácido (Lacasta *et al.*, 2006, Reyes-Pérez *et al.*, 2017).

Tabla1. Característica físico - químico del suelo.

pH	N	P	MO	Ca	K	Ca+ Mg /K	Σ Bases (meq / 100ml)
5,1 ácido	21 M	6 A	5 M	5,4 M	5,50 B	35, 50	7, 30

Las letras mayúsculas presentan niveles de abundancia de los elementos:
A – Alto; M – Medio; B - Bajo

La variedad de tomate utilizada fue “Amalia”, trasplantada en bolsas bajo el sistema de casa de cultivo, la preparación del suelo, y las atenciones culturales se realizaron todas según las normas técnicas para el cultivo (INATEC/JICA, 2016), al cultivo se le realizaron 7 riegos durante todo el ciclo biológico, aporques y limpiezas manuales.

Las principales variables climáticas en el área de estudio (tabla 2), se tomaron del registro de la Hacienda San Juan, perteneciente a la Provincia de Cotopaxi, Cantón La Maná.

Tabla 2. Variables meteorológicas promedio del centro experimental “La Playita”.

Parámetros	Promedios
Temperatura, máxima °C	23,0
Temperatura, mínima °C	17,0
Humedad relativa, %	86,8
Heliofanía, horas/luz/año	735,7
Precipitación, mm/año	3 029,3

Fuente: Hacienda San Juan, 2019

3.2.-Diseño experimental.

Se emplearon cuatro tratamientos, consistentes en tres diluciones de quitosano (nombre comercial QuitoMax®) y un tratamiento control sin aplicación de este producto, replicados 4 veces cada uno de ellos, el diseño experimental empleado fue bloques completamente al azar. Una parcela constituyó una réplica de 20 plantas/bolsas. Las plántulas fueron trasplantadas a bolsas previamente colocadas en platabandas de madera, donde cada una poseía un área de 1,50 m x 5,00 m.

Para llevar a cabo la evaluación de las variables de crecimiento se utilizaron diez plantas seleccionadas al azar por réplica de cada tratamiento (40 plantas) y para los indicadores de calidad en los frutos se seleccionaron al azar 10 frutos por réplica de cada tratamiento (40 frutos).

3.3.-Desarrollo experimental.

Las aplicaciones de quitosano (bioproducto), se aplicó a razón de 200 mg ha⁻¹, 250 mg ha⁻¹, 300 mg ha⁻¹ y el tratamiento control fue asperjado con agua normal y de calidad. Estas dosis que a su vez constituyeron los tratamientos se aplicaron de manera foliar a los 12 días después del trasplante (DDT) según lo recomendado por (Enríquez *et al.*, 2018). La aspersion foliar se realizó a la parte aérea hasta que el tejido foliar estuviera humedecido, mediante un atomizador modelo Senior, con boquilla cónica, el cual fue previamente calibrado en las primeras horas de la mañana y después del rocío.

3.4.-Indicadores del crecimiento.

Indicadores de crecimiento de las plantas evaluados a los 45 DDT (días después del trasplante) serán los siguientes:

Altura de las plantas (cm): Se seleccionaron 40 plantas aleatoriamente por tratamiento y se midió con una cinta milimetrada a partir de la base del tallo hasta el ápice de las hojas.

Indicadores del rendimiento de los frutos evaluados a los 90 DDT fueron:

Número de flores por racimo por plantas: Se realizó la cuantificación, cuando aparecieron el 50% de las flores por racimo de cada planta individualmente por tratamiento y se utilizó el valor promedio.

Racimos con flores por plantas: Se realizó la cuantificación, cuando aparecieron el 50% de racimos con flores de cada planta individualmente por tratamiento y se utilizó el valor promedio.

Número de frutos por racimos: Se realizó la cuantificación, cuando aparecieron el 50% de los frutos cuajados por racimo individualmente por tratamiento y se utilizó el valor promedio.

Racimos con frutos por plantas: Se realizó la cuantificación, cuando aparecieron el 50% de racimos con frutos de cada planta individualmente por tratamiento y se utilizó el valor promedio.

Número de racimo con frutos por plantas: Se realizó la cuantificación, cuando aparecieron el 50% de los frutos cuajados de cada planta individualmente por tratamiento y se utilizó el valor promedio.

Número de frutos por planta: Se realizó la cuantificación, cuando aparecieron el 50% de los frutos cuajados de cada planta individualmente por tratamiento y se utilizó el valor promedio.

Diámetro polar de los frutos (cm): Por cada tratamiento se seleccionaron 40 frutos para tal efecto se utilizó un pie de rey.

Diámetro ecuatorial de los frutos (cm): Por cada tratamiento se seleccionaron 40 frutos y se midió con un pie de rey.

Grosor del pericarpio de los frutos (mm): Por cada tratamiento se seleccionó 40 frutos y se midió con un pie de rey.

Masa de los frutos (g): Por cada tratamiento se seleccionó 40 frutos y para tal efecto se utilizó una balanza analítica.

3.5.-Indicadores de calidad de los frutos evaluados fueron:

Se evaluaron los indicadores (% de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Ca, Mg), donde se muestran en la tabla.

Tabla 3. Indicadores de calidad de los frutos de tomate.

Indicadores	Métodos aplicados
Nitrógeno en fruto	Método de Microkjedahl (%)
Fósforo en fruto	Método de Colorimetría (%)
Potasio en fruto	Método de fotometría de llama (%)
Calcio en fruto	Método de Colorimetría (%)
Magnesio en fruto	Método de Colorimetría (%)

Rendimiento (kg planta y t ha⁻¹): Se determinó el mismo en kg por plantas teniendo en cuenta el peso promedio de los frutos por plantas y el número total de frutos por plantas. Se ponderó para una hectárea con 37 037 plantas plantadas con un marco de plantación de 30 cm entre plantas por 90 cm entre hileras.

Valoración económica (USD) Se tomó como valor de 1 kg de frutos el de 1,50 USD y se determinaron los siguientes indicadores:

- Valor de la producción (VP): (rendimiento por precio de venta de 1kg) por tratamientos. (USD)
- El valor agregado de la producción: Valor agregado de la producción (VAP) de cada tratamiento donde se aplicó el QuitoMax, menos el valor de la producción del tratamiento control. (USD)
- Beneficio. (B). Valor de la producción de los tratamientos entre el valor de la producción del tratamiento control.

3.6.-Procesamiento estadístico.

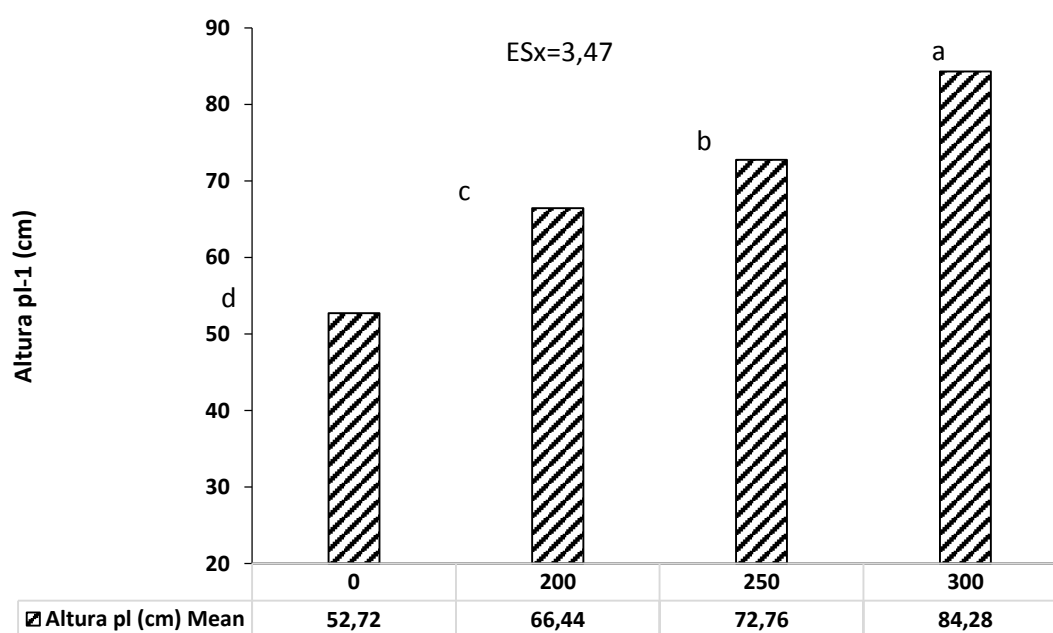
Los datos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación doble y las medias se compararon por la Prueba de Tukey ($P < 0,05$). Para los análisis estadísticos se utilizó el programa Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft Inc., 2011).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se exponen y se discuten los principales resultados obtenidos en el trabajo experimental, que contribuyen a dar respuesta a los objetivos propuestos.

4.1.-Influencia del quitosano sobre algunas variables del crecimiento.

En la Fig. 1, se muestra el efecto del quitosano en el indicador altura de la planta. Se aprecia que el efecto es de incrementar la altura de la planta, a medida que se incrementan la dilución de quitosano desde 200 mg ha⁻¹ a 300 mg ha⁻¹, con respecto al control. La comparación múltiple de medias realizada (Fig.1), muestra diferencias significativas de las diluciones con el tratamiento control. El valor más alto de esta variable, se alcanzó cuando al experimento se le aplicó una dilución de 300 mg ha⁻¹, con un 84,27 cm en altura de planta, superior al tratamiento control en un 62,55%.



Medias con letras distintas en las barras, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Figura 1. Efecto del quitosano sobre la altura del cultivo de tomate, en condiciones de cultivo protegido.

Los resultados obtenidos en este trabajo evidencian el efecto bioestimulante del quitosano en el desarrollo y crecimiento de las plantas de tomates, lo cual se confirma en el reporte realizado por (Lárez, 2007) y (Nge *et al.*, 2006) quienes coinciden en señalar que este bioproducto ejerce efectos fisiológicos y

metabólicos muy significativos sobre el ciclo biológico de este cultivo, toda una vez, que es capaz de estimular la división y alargamiento celular. También se le atribuye a que el quitosano favorece la producción de enzimas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas tales como la celulosa, lo que promueve una mayor altura de las plantas (Pérez *et al.*, 2015).

Por otra parte Molina (2011) citando a (Freepons, 1990; Aldington *et al.*, 1991) afirma que los resultados pudieron haber sido causados por el papel demostrado del quitosano en la regulación y expresión de genes esenciales para el crecimiento y desarrollo del vegetal lo cual redundaría en su posible uso como regulador de la germinación, el crecimiento y la productividad de los cultivos.

Resultados del Grupo de Productos Bioactivos (GPB) del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), corroboran el papel de estas macromoléculas en las funciones de la planta, estableciendo su potencial como aditivos de productos agrícolas para la nutrición (Costales *et al.*, 2005).

Similares resultados fueron obtenidos por (González, 2014) en un experimento de campo trabajando con la variedad Amalia, con la imbibición de semillas durante 4 horas y vía foliar con dilución de quitosano obteniendo un incremento en la altura de las plantas de tomate con una dosis de 300 mg ha⁻¹. También Morales *et al.*, (2016) en un experimento en el cultivo de arroz aplicando QuitoMax® mediante foliar, encontró también aumentos en indicadores de crecimiento vegetativo con una dosis 600 mg ha⁻¹ en comparación con el tratamiento control.

Por otra parte (Molina, 2017) señala que las plantas tratadas con quitosano en una dosis de 350 mg ha⁻¹ presentan alturas mayores, con incrementos de altura hasta de 16,57% en comparación al testigo o control.

4.2.-Influencia del quitosano sobre algunos indicadores de desarrollo.

La tabla 4 muestra los valores obtenidos de número de flores por racimo después de haber sido tratadas con la aplicación de quitosano en el área foliar, en la cual se aprecia en el análisis de comparación múltiple de media, muestra

diferencias significativas de las diluciones con el tratamiento control. El valor más alto se obtiene cuando se aplicó el tratamiento 300mg ha⁻¹ con 9,17 flores por racimo, al que superan en un 42,96% al tratamiento control.

Tabla 4. Efecto del quitosano sobre número de flores por racimo por plantas.

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Número flores por racimo
T1-Control	3,94 c
T2-200	5,61 b
T3-250	6,87 b
T4-300	9,17 a
ESx	0,59

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Esx= Error estándar de la media.

Según Molina (2011) plantea que la respuesta del cultivo a la aplicación de quitosano pudiera estar relacionada con su influencia en la actividad enzimática, relacionado con la acumulación de quitinasas, b-1,3-glucanasa, síntesis de fitoalexinas.

También, se señala que la aplicación de bioestimulantes, potencia las auxinas que intervienen en el proceso de reproducción vegetal, ocurriendo un sinergismo entre las sustancias aplicadas y las hormonas naturales de las plantas (Sathiyabama *et al.*, 2014). Esto nos hace pensar que similar comportamiento sucede cuando se aplica el QuitoMax® al cultivo del tomate, logrando estimular desde el crecimiento hasta el rendimiento.

Resultados similares fueron obtenidos por Morales *et al.*, (2016) donde evaluaron el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación foliar del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L), utilizando semillas de la variedad de frijol negro Cuba-Cueto-25 y realizaron la aplicación a razón de 200, 400 y 600 mg ha⁻¹, tanto a los 20-25 días posteriores a la siembra como al inicio de la floración, donde evaluaron el número de flores, obteniendo una mayor floración cuando recibieron dos aplicaciones de QuitoMax® en dosis de 600 mg ha⁻¹.

Los valores obtenidos se corresponden para ambos tipos de flores con los expuestos por Cruz (2007) cuando expresó que al aplicar el bioestimulante

quitosano la cantidad de flores femeninas y masculinas pueden oscilar entre 9 y 26 flores en el cultivo del tomate.

Por otra parte los incrementos en el rendimiento de los cultivos estimulados por la aplicación de quitosano a razón de 0,1% han sido informados en el cultivo del tomate (Borkowski *et al.*, 2007), así como en el rendimiento y sus componentes en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*, L.) tratados mediante la aplicación foliar a razón de 80 ppm (Boonlertnirun *et al.*, 2008). También en estudios en los que se utilizaron quitosanas, de diferentes pesos moleculares, aplicados a razón de 100 ppm para la producción de flores en plantas de orquídeas (*Dendrobium orchid*) (Limpanavech *et al.*, 2008).

La tabla 5 muestra los valores obtenidos del número de racimo con flores por plantas después de haber sido tratadas con la aplicación de quitosano en el área foliar, en la cual se aprecia en el análisis de comparación múltiple de media, muestra diferencias significativas de las diluciones con el tratamiento control. El valor más alto se obtiene cuando se aplicó el tratamiento 300 mg ha⁻¹ con 23,66 racimos con flores, al que superan en un 51,62% al tratamiento control.

Tabla 5. Efecto del quitosano sobre el número de racimo con flores por plantas.

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Racimo con flores
T1-Control	12,89 c
T2-200	20,00 b
T3-250	21,40 ab
T4-300	23,66 a
ESx	1,24

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Esx= Error estándar de la media.

Al analizar las dosis aplicadas, se observó la respuesta de la planta con el crecimiento de las mismas y de esta manera, los resultados obtenidos demostraron la acción positiva del uso del quitosano como bioestimulante. La variable racimo con flores, es un indicador de gran importancia y se encuentra estrechamente relacionado con los rendimientos en la mayoría de los cultivos agrícolas, siendo una condición para que se produzcan cambios fenotípicos en

la planta, al aplicarle una hormona vegetal, ya sea natural o sintética, que debe de existir cierta concentración de ésta, lo cual se observó en el experimento.

La respuesta favorable de los indicadores productivos puede deberse a que la aspersión foliar del QuitoMax® estimuló los procesos fisiológicos de las plantas, incrementando el tamaño de las células, lo cual hace más asimilable los nutrientes por las mismas (Lizárraga-Paulín *et al.*, 2011).

Por otra parte, este efecto también pudo estar relacionado con la capacidad del producto de actuar como antitranspirante al provocar un cierre parcial o total de los estomas, favoreciendo el estado hídrico de la planta y otros procesos fisiológicos que contribuyen a aumentar la producción de biomasa y el rendimiento agrícola, a la vez que reduce las pérdidas de agua en las plantas (Mansilla, 2013).

Es de suponer que la dosis de 300 mg ha⁻¹, estimuló los diferentes procesos fisiológicos en la planta e incrementó el tamaño de las células, efecto señalado por Falcón *et al.*, (2004) en el cultivo del tomate, lo cual se manifiesta al aplicar diferentes dosis de quitosano.

Según Falcón *et al.*, (2004) la aplicación de diferentes dosis de quitosano estimula los procesos fisiológicos en la planta y se incrementa el tamaño de las células, lo cual hace más asimilable los nutrientes por la planta y aumenta su crecimiento y desarrollo, trayendo consigo un aumento de los rendimientos agrícolas, estos autores sugieren dosis entre 300 y 600 mg ha⁻¹ para el empleo del bioestimulante del crecimiento quitosano.

Por otra parte Rodríguez *et al.*, (2013) lograron elevar el rendimiento en el cultivo de tomate con el tratamiento de quitosano, los cuales superaron al control, lográndose en los diferentes tratamientos incrementos y el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 300 mg ha⁻¹, lo que evidenció, que con la aplicación del bioestimulante, se incrementaron los rendimientos agrícolas.

La tabla 6 muestra los valores obtenidos número de racimos por fruto por plantas después de haber sido tratadas con la aplicación de quitosano en el área foliar, en la cual se aprecia en el análisis de comparación múltiple de media, muestra diferencias significativas de las diluciones con el tratamiento

control. El valor más alto se obtiene cuando se aplicó el tratamiento 300 mg ha⁻¹ con 8,66 números de frutos por racimo, al que superan en un 46,77% al tratamiento control.

Tabla 6. Efecto del quitosano sobre número de frutos por racimos por planta.

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Número de frutos por racimo
T1-Control	4,05 c
T2-200	5,33 c
T3-250	6,77 b
T4-300	8,66 a
ESx	0,53

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Esx= Error estándar de la media.

La respuesta mostrada por las plantas tratadas con QuitoMax® en su crecimiento, concuerdan con lo informado para el cultivo del tomate, en el que las plantas tratadas con este producto presentaron un mayor vigor, fenómeno que fue probablemente conectado con una mayor resistencia de estas a las enfermedades fungosas en las raíces (Borkowski *et al.*, 2007).

Los efectos beneficiosos de los bioestimulantes sobre el número de flores y frutos por racimo en cultivos han sido señalado por investigadores como: Huelva *et al.*, (2002) en soya; Arteaga (2006) en tomate y Caro (2004) en maíz. Estos autores señalan que el beneficio encontrado pudiera ser debido a una serie de procesos fisiológicos y bioquímicos interrelacionados entre sí y activados al ser aplicado los bioestimulantes. La activación de fitohormonas y las enzimas que se encuentran en las plantas gracias a la acción de estos bioproductos, pueden provocar una alta estimulación en la floración y fructificación de las plantas. Se atribuyen a acciones bioestimuladoras de tipo fitohormonal, que provocan incrementos en la floración, fructificación de las plantas.

Similares resultados arrojados por Rodríguez *et al.*, (2013) al analizar el número de frutos por planta en plantas de tomate, corroboran que existieron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al control, donde se puso de manifiesto que el mejor resultado se obtuvo con 300 mg ha⁻¹.

Similares resultados fueron obtenidos por Ruiz *et al.*, (2009) en donde se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al número de racimos, flores y frutos por planta respectivamente, demostrándose también la efectividad de las aplicaciones de los bioproductos en el cultivo del tomate. Estos aumentos en los tratamientos con bioproductos, en particular en el número de flores que posteriormente determinará el número de frutos.

La tabla 7 muestra los valores obtenidos de número de racimos con frutos por plantas, en la misma se puede observar que las diluciones 300 mg ha⁻¹, mostró diferencias significativas con las restantes diluciones y con el tratamiento control. El mayor número de racimos con frutos se alcanza con el tratamiento 300 mg ha⁻¹ con 16,89 racimos con frutos, superior al tratamiento control en un 35,19%.

Tabla 7. Efecto del quitosano sobre el número de racimo con frutos por plantas.

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Racimos con frutos
T1-Control	7,00 c
T2-200	10,38 b
T3-250	12,45 b
T4-300	16,89 a
ESx	1,1

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Esx= Error estándar de la media.

Se la atribuye a que el QuitoMax® es capaz de estimular los diferentes procesos fisiológicos en las plantas e incrementar el tamaño de las células, efecto reportado por Falcón (2004) en tomate, producido al evaluar 200 mg ha⁻¹ de quitosano.

Según Díaz (1995) plantea que la respuesta del cultivo a la aplicación de quitosano pudiera estar relacionada con su influencia sobre la fisiología de las plantas, aumentando su desarrollo, mejorando su productividad y aumentando la calidad del fruto, contribuyendo a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades e incremento de los rendimientos por planta y hectárea.

En este sentido González (2015) al evaluar el número de frutos observa que los tratamientos donde se aplicó el quitosano a razón de 300 mg ha⁻¹ (en las semillas e inicio de floración) en las dos difiere del tratamiento control, aspecto importante para mejorar el rendimiento del cultivo de tomate y que fue alertado desde muy temprano por Rodríguez *et al.*, (2003) los cuales exponen el papel de las oligosacarinas en la regulación y expresión de genes esenciales para el crecimiento y desarrollo del vegetal lo cual redundaría en su posible uso como regulador de la germinación, el crecimiento y la productividad.

De acuerdo a Terry (2017) en sus resultados obtenidos con la aplicación de QuitoMax® a razón de (0,1; 0,5 y 1,0 g L⁻¹) arriba a la conclusión de que este biopolímero aplicado por imbibición de las semillas, por aspersión foliar o en su combinación, estimula las variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento, además, favorece al incremento en el rendimiento del cultivo en un 55 % con respecto al control de producción.

Al analizar el efecto del QuitoMax® sobre los frutos por planta (Tabla 8), resultó un incremento de la misma, a medida que se aumentan las diluciones desde 200 mg ha⁻¹, 250 mg ha⁻¹, 300 mg ha⁻¹, con respecto al control. El mayor valor de esta variable, se alcanza cuando al cultivo se le aplicó una dilución de 300 mg ha⁻¹ con 78,33 frutos por planta, superior en un 42,62 % al tratamiento control.

Tabla 8. Efecto del quitosano sobre número de frutos por plantas.

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Frutos por plantas
T1-Control	33,39 d
T2-200	45,17 c
T3-250	53,08 b
T4-300	78,33 a
ESx	5,02

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey (P ≤ 0.05). Esx= Error estándar de la media.

Los efectos del quitosano en las variables evaluadas anteriormente pudieran estar dados una parte por los mecanismos defensivos desarrollados en la planta, al liberarse estructuras de la pared celular de la planta en el proceso de

patogénesis. Estos polímeros biológicos es su carácter polifuncional: permiten aumentar la tasa de crecimiento funcionando probablemente como fuente de carbono o como reguladores del crecimiento, inducen resistencia hacia algunos patógenos (Fry *et al.*, 1993) o ciertas clases de estrés abiótico (Rayón *et al.*, 2001). Por otra parte funcionan como atrapadores de cationes aumentando la disponibilidad de nutrientes para las plantas o eliminando aquellos iones indeseables como los metales pesados (Onsoy y Skaugrud, 1990).

Otros autores como Falcón *et al.*, (2004) han expresado que los bioestimulantes son capaces de estimular el crecimiento, tanto en los tallos, hojas, como en el tamaño de los frutos, y de esta manera incrementar el rendimiento del cultivo donde se aplican, al compararse con las plantas donde no se aplica.

Similares resultados fueron encontrados por Terry *et al.*, (2017) en donde los valores en el número de racimos, flores y frutos por planta fueron para la concentración de 1,0 g L⁻¹ de QuitoMax® tratadas las semillas por imbibición combinada con la aspersion foliar de 0,3 g ha⁻¹ del producto.

En este mismo sentido González *et al.*, (2015) determinan que existe una respuesta positiva de las posturas de tomate al mejorar su calidad cuando las semillas son embebidas en una solución de 300 mg L⁻¹ de quitosana. Además, confirma que la mejor respuesta de las plantas se produce cuando la quitosana en dosis de 300 mg ha⁻¹ es aplicada al inicio de floración en el cultivo del tomate var. HA 3019 dato que concuerda con esta investigación.

Varios autores señalaron la incidencia de las sustancias estimulantes del crecimiento en el desarrollo y la calidad del fruto agrícola, entre los cuales podemos citar a Núñez (1997) en el cultivo del pepino. Otros investigadores que han aplicado algunos bioestimulantes a este cultivo han reportado beneficios para el productor como Beltrán (2007) con quitosano; Naranjo (2006) con Pectimorf, por lo que todos estamos de acuerdo que los cultivos responden a la aplicación exógena de bioestimulantes y que pudiera incluirse en la tecnología de explotación de la variedad Amalia la aplicación de quitosano.

Al analizar la influencia del QuitoMax® sobre variables relacionadas con las características de los frutos del cultivo de tomate variedad Amalia (Tabla 9), resultó un incremento de la misma, a medida que se aumentan las diluciones desde 200 mg ha⁻¹, 250 mg ha⁻¹, 300 mg ha⁻¹, con respecto al control. El análisis de comparación múltiple de media, mostró diferencias significativas con las restantes diluciones y con el tratamiento control. El mayor valor de esta variable, se alcanza cuando al cultivo se le aplicó una dilución de 300 mg ha⁻¹ con 8,33 cm de diámetro ecuatorial, superior en un 51,50 % al tratamiento control.

Tabla 9. Efecto del quitosano sobre diámetro ecuatorial de los frutos (cm).

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Diámetro ecuatorial del fruto	
T1-Control	4,29 d	
T2-200	6,13 c	
T3-250	7,12 b	
T4-300	8,33 a	
ESx	0,45	

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Esx= Error estándar de la media.

Según Falcón *et al.*, (2004) manifiestan que la aplicación de diferentes dosis de quitosano estimula los procesos fisiológicos en la planta y se incrementa el tamaño de las células, a esto se le atribuye que hace más asimilable los nutrientes por la planta y aumenta su crecimiento y desarrollo, trayendo consigo un aumento de los rendimientos, estos autores sugieren dosis entre 300 y 600 mg ha⁻¹ para el empleo del bioestimulante del crecimiento quitosano.

Jiménez *et al.*, (2009) en su investigación realizada en el cultivo de tomate variedad Campbell-28, con el uso de quitosano (150 mg ha⁻¹), Pectimorf (15 mg ha⁻¹) y Biobras-16 (20 mL ha⁻¹), encontraron diferencias significativas al evaluar el efecto de estas sustancias en el diámetro ecuatorial de los frutos. En los resultados de Acosta (2005) al evaluar el diámetro ecuatorial de los frutos de tomate, el tratamiento con Biobras-16 superó al tratamiento control.

De acuerdo a Reyes-Pérez *et al.*, (2018) las plantas de tomate tratadas con las concentraciones más altas de QuitoMax (300 y 400 mg ha⁻¹) tuvieron indicadores significativamente mejores en términos de número de racimos por

planta, número de frutos por racimos, diámetro polar de la fruta, diámetro ecuatorial del fruto, masa de la fruta y el rendimiento que los que están en el tratamiento de control.

Al analizar la influencia del QuitoMax® sobre el diámetro polar del fruto de tomate (tabla 10), se muestra un incremento en la dilución 300 mg ha⁻¹, a medida que se aumentan las diluciones de quitosano desde 200 mg ha⁻¹, 250 mg ha⁻¹ hasta 300 mg ha⁻¹ siempre superando al tratamiento control. En el análisis de comparación múltiple de medias, mostró diferencias significativas con las restantes diluciones y con el tratamiento control. El mayor valor de esta variable (diámetro polar del fruto) se obtiene en la dilución 300 mg ha⁻¹ con 6,37 diámetro polar del fruto, superando en un 51,96 % al tratamiento control.

Tabla 10. Efecto del quitosano sobre diámetro polar de los frutos (cm).

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Diámetro polar del fruto
T1-Control	3,31 d
T2-200	4,58 c
T3-250	5,24 b
T4-300	6,37 a
ESx	0,33

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Esx= Error estándar de la media.

González (2006) refiere que los análogos de brasinoesteroides como el Biobras-16 tienen un efecto sinérgico con las fitohormonas naturales (auxinas, giberelinas y citoquininas) que produce la propia planta, lo que potencializa su efecto y conlleva a que se obtenga una mayor estimulación del crecimiento y producción vegetal. Este efecto potenciador parece que también se produce cuando es aplicada la quitosano, según los resultados obtenidos, por lo que debería tenerse en cuenta para aplicarse dentro del paquete tecnológico del cultivo de tomate variedad Amalia.

Autores como Rodríguez *et al.*, (2013) al analizar las variables diámetro polar y ecuatorial de los frutos de tomate, observaron que todos los tratamientos donde se aplicó el bioestimulante del crecimiento, difieren significativamente del control y los mayores resultados se obtuvieron con la dosis de 300 mg ha⁻¹ dato

que concuerda con nuestro trabajo de investigación. En este mismo sentido Acosta (2005) reportó incrementos del diámetro polar de los frutos de tomate y Masó (2006) en cebolla.

Según Rodríguez *et al.*, (2013) en su trabajo realizado en tomate determinan que con la aplicación del bioestimulante del crecimiento, se presentaron diferencias significativas entre todos los tratamientos en la variable del diámetro ecuatorial-polar; además, pudieron observar que al aumentar la dosis superior de 300 mg ha⁻¹, disminuyó la acción estimulante del bioestimulante del crecimiento quitosano.

Al analizar el grosor del pericarpio del fruto de tomate (tabla 11), se muestra un incremento en la dilución 300 mg ha⁻¹, a medida que se aumentan las diluciones de quitosano desde 200 mg ha⁻¹, 250 mg ha⁻¹ hasta 300 mg ha⁻¹ hay un incremento de esta variable superando al tratamiento control en todos los casos. En el análisis de comparación múltiple de medias, mostró diferencias significativas con las restantes diluciones y con el tratamiento control. El mayor valor de esta variable (grosor del pericarpio) se obtiene en la dilución 300 mg. ha⁻¹ con 0,56 mm diámetro del pericarpio, superando en un 44,64 % al tratamiento control.

Tabla 11. Efecto del quitosano sobre grosor del pericarpio de los frutos (mm).

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Grosor del pericarpio
T1-Control	0,25 d
T2-200	0,36 c
T3-250	0,46 b
T4-300	0,56 a
ESx	0,4

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey (P ≤ 0.05). Esx= Error estándar de la media.

Los resultados relacionados del grosor del pericarpio del fruto, corrobora a la efectividad del bioestimulante QuitoMax® como regulador de crecimiento, el cual al ser aplicado por vía exógena, pudiera regular de manera positiva algunos de los procesos fisiológicos en la planta, conllevando a un estímulo en la dormancia de las yemas, primordios foliares y el posterior desarrollo de estas (Nápoles *et al.*, 2016).

En un experimento realizado por Falcón *et al.*, (2004) en el cultivo de tomate de la misma variedad de esta investigación, trabajando con quitosano a razón de 300 mg ha⁻¹ determinan que el grosor del pericarpio presentó diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos y el control. Resultado que coincide con esta investigación.

La dosis de 300 mg ha⁻¹, estimuló los diferentes procesos fisiológicos en la planta e incrementó el tamaño de las células, efecto señalado por Falcón *et al.*, (2004) en el cultivo del tomate, lo cual se manifiesta al aplicar diferentes dosis de quitosano.

Resultados similares fueron arrojados por Rodríguez *et al.*, (2013) con la aplicación del bioestimulante del crecimiento quitosano, donde lograron elevar el rendimiento en todos los tratamientos, los cuales superaron al control, lográndose en los diferentes tratamientos incrementos y el mejor resultado fue con la dilución de 300 mg ha⁻¹; lo que evidenciaron, que con la aplicación del bioestimulante, se incrementaron los rendimientos y la calidad comercial.

Al analizar la variable masa de los frutos de tomate (tabla 12), se aprecian en el análisis estadístico realizado diferencias significativas de la dilución 300 mg ha⁻¹, superando al tratamiento control en un 39,13 %.

Tabla 12. Efecto del quitosano sobre masa de los frutos por planta.

Quitosano (mg ha ⁻¹)	Masa de los frutos (g)
T1-Control	83,59 d
T2-200	116,6 c
T3-250	143,3b
T4-300	213,64 a
ESx	14,58

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey (P ≤ 0.05). Esx= Error estándar de la media.

La respuesta favorable de los indicadores productivos puede deberse a que la aplicación de QuitoMax® estimuló los procesos fisiológicos de las plantas, incrementando el tamaño de las células, lo cual hace más asimilable los nutrientes por las mismas (Hadwiger, 2013). Por otra parte, este efecto también pudo estar relacionado con la capacidad del producto de actuar como

antitranspirante al provocar un cierre parcial o total de los estomas, favoreciendo el estado hídrico de la planta y otros procesos fisiológicos que contribuyen a aumentar la producción de biomasa y el rendimiento agrícola, a la vez que reduce las pérdidas de agua en las plantas (Mansilla *et al.*, 2013).

También se señala que la aplicación de los bioestimulantes, potencia las auxinas que intervienen en el proceso de reproducción vegetal, ocurriendo un sinergismo entre las sustancias aplicadas y las hormonas naturales de las plantas (Sathiyabama, 2014). Esto nos hace pensar que similar comportamiento sucede cuando se aplica el QuitoMax en el cultivo de tomate, logrando resultados positivos desde la estimulación del crecimiento hasta la masa de los frutos.

Los resultados obtenidos relacionados con el efecto benéfico del QuitoMax® coinciden con los obtenidos por Terry *et al.*, (2017) en el cultivo de tomate, favoreciendo el número de racimos, flores y frutos, alcanzándose el mayor valor en los tratamientos donde se embebieron las semillas con las concentraciones de 1, 0 g L⁻¹ del producto.

Borrero (2012) al aplicar Fitomás-E en el cultivo de tomate híbrido HA-3057 bajo condiciones de casa de cultivo protegido a razón de 2 L ha⁻¹, obtuvo un incremento significativamente en el número frutos/plantas, lo cual significó un incremento de 19,3 y 34,9 % a los 45 y 60 días respectivamente, resultados que están acordes a los reportados en este experimento, reportándose un incremento de 39,13 % respecto al tratamiento control.

4.3.-Influencia del quitosano sobre algunas variables de calidad.

En la tabla 13 se refleja el resultado obtenido en los análisis de la absorción de los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes Ca, Mg en frutos de tomate. Se obtuvo que la absorción fue superior en las plantas que fueron tratadas con la aplicación de quitosano a razón de 300 mg ha⁻¹ respecto al tratamiento control.

Tabla 13. Influencia del quitosano sobre variables de indicadores de calidad de los frutos de tomate (%)

Quitosano (mg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
T1-Control	2,33d	0,22 d	2,2 d	0,22 d	0,15 d
T2-200	2,47 c	0,27 c	2,7 c	0,37 c	0,22 c
T3-250	2,56 b	0,35 b	3,1 b	0,46 b	0,24 b
T4-300	2,82 a	0,46 a	3,6 a	0,52 a	0,32 a
ESx	0,001	0,002	0,008	0,004	0,001

† Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Esx= Error estándar de la media.

Los resultados obtenidos muestran que todos los frutos tratados con QuitoMax®, en cualquier concentración utilizada tuvieron mayores contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, así como calcio y magnesio que las correspondientes al tratamiento control.

El resultado permite manifestar que la aplicación de bioproductos ejerce una influencia positiva en la nutrición de las plantas, a partir de la posible influencia de estos en la morfología de las raíces, lo que propicia una mayor absorción de agua y nutrientes (Gurudi, 2000).

Por otra parte se pudieran atribuirse, a que el QuitoMax® estimula el crecimiento vegetal y el incremento de la toma de nutrientes por las plantas (Chen *et al.*, 2016). Sin embargo, altas concentración de quitosano producen reacciones antiestrés en las plantas (Malerba y Cerana, 2016). Estos procesos ocurren a expensas de la propia energía producida por el vegetal, la cual se deja de utilizarse en funciones del metabolismo primario, tal como la nutrición. De esta forma disminuye la toma y acumulación de nutrientes y por tanto decrece el contenido de nutrientes al aumentar la concentración de QuitoMax® similar resultados reportaron Enríquez y Reyes, (2018).

No obstante, se deriva además que la alternativa ecológica brinda una respuesta de gran valor para la toma de decisión, sobre todo para evaluar y conocer cómo suplir la demanda nutricional de las plantas a partir de alternativas de procedencia orgánicas conocidas (abonos orgánicos, vermicompost, entre otros). Estos resultados nos permite considerar entonces

la existencia de una nueva opción o alternativa, que por la procedencia de su contenido puede ser considerada como ecológica (Romero, 2011).

Resultados similares lograron Enríquez y Reyes (2018) al aplicar el bioestimulante quitosano en el cultivo del tomate var. Amalia, a razón de 300 mg ha⁻¹ para los indicadores nitrógeno, fósforo, potasio así como calcio y magnesio.

En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos con relación al rendimiento por plantas y al rendimiento por hectárea, para ambos análisis existió diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, siendo mayor el rendimiento obtenido en el tratamiento donde se aplicó la dosis de 300 mg ha⁻¹, el cual difiere del resto y a su vez, los tratamientos donde se aplicó el polímero superan al tratamiento control.

Se destaca que las dosis aplicadas superan al control en 59,8 % para la dosis de 300 mg ha⁻¹, 27,2 % para la dosis de 250 mg ha⁻¹ y 12,76 % para la dosis de 200 mg ha⁻¹, cuando se ponderó para una hectárea.

Ávila (2012) con relación al rendimiento agrícola al evaluar varias variedades observó que en la variedad Amalia obtuvo mayor rendimiento (superior a 35t ha⁻¹) mientras que otras variedades Claudia, Mariela y 53-386 presentaron los menores valores del rendimiento, con un promedio de (17,36 t ha⁻¹). En este trabajo el rendimiento obtenido en la variedad evaluada (Amalia) fue superior al obtenido por el autor mencionado cuando se aplicó la dosis de 300 mg ha⁻¹ con un valor de 61,9 t ha⁻¹.

En la provincia de Holguín Solís *et al.*, (2006) en período óptimo y tardío, en las variedades Amalia, Vyta, Mariela, Lignon y Mara, obtuvieron rendimientos que oscilaron entre 11,72 y 31,88 t ha⁻¹ en período óptimo y de 4,02 a 5,33 t ha⁻¹ en período tardío, siendo inferiores a los tratamientos con QuitoMax en esta experiencia.

Jiménez (2015) al evaluar el QuitoMax sobre el rendimiento de la variedad Amalia nos dice que no existió diferencias significativas entre los tratamientos

donde se aplicaron las diferentes dosis de quitosano pero estas si difieren con el tratamiento control, efecto muy similar al obtenido en este trabajo.

Según Barka *et al.*, (2005) el incremento del rendimiento al aplicar quitosana en el cultivo del tomate fluctúan entre 20 y 30 % aunque en otros casos fue del 43,92 % para el segundo tratamiento (275 mg ha⁻¹) y 35,47 % para el quinto (350 mg ha⁻¹), los otros tratamientos se incrementaron en 42,35 % (250 mg ha⁻¹), 42,77 % (300 mg ha⁻¹) y 40,16 (325 mg ha⁻¹), en este trabajo el aumento fue entre 12,76 y 59,8 %, lo que resultó superior para el tratamiento de 300 mg ha⁻¹ para los mencionados por este autor.

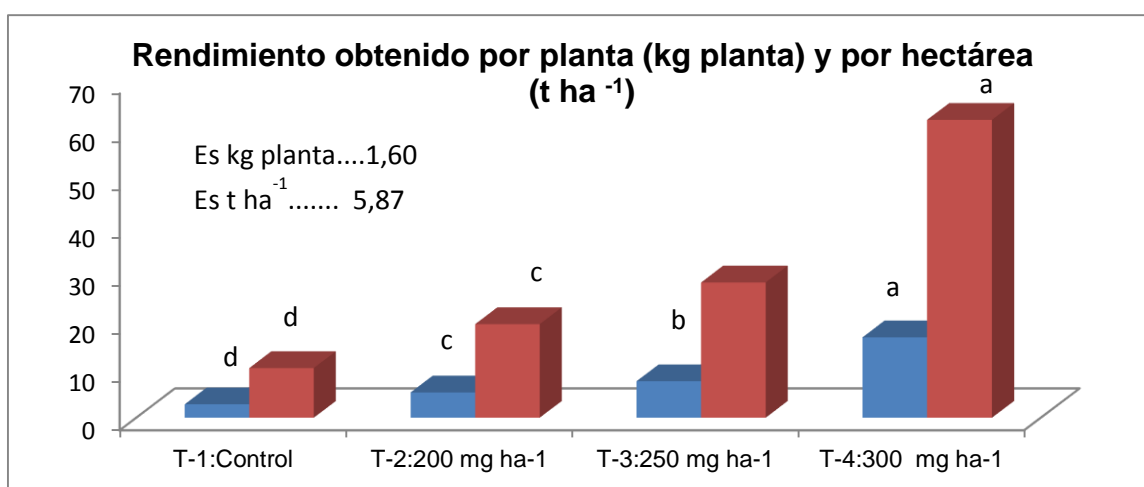


Figura 2: Rendimiento obtenido por planta (kg planta) y por hectárea (t ha⁻¹).

Al valorar económicamente los resultados obtenidos podemos observar que en el tratamiento donde se aplicó QuitoMax se ingresa por concepto de venta a un precio de 1,50 CUP el kilo de tomate un total de 7 428,00 USD, con un valor agregado de 6 192,00 y un beneficio del 6,7% para la dosis de 300 mg ha⁻¹.

El valor más bajo de las dosis aplicadas se obtienen con la de 200 mg ha⁻¹ los cuales fueron de 2 337,6 USD de valor de la producción 1 101,6 USD de valor agregado y solo de 1,88 % de beneficio.

No obstante esto indica que al compararlo con el tratamiento control, los ingresos para los productores al aplicar estas dosis le brinda ganancias por los efectos positivos descritos en el trabajo del QuitoMax sobre el cultivo del tomate variedad Amalia.

Ávila (2012) mostró que una vez establecido el cultivo en condiciones de campo, el valor de la producción obtenido fluctuó entre 227,35 (Vyta) y 76,10 (Claudia), con valores intermedios calculados: Amalia, 175,33; Mariela, 85,73; Mara, 141,61 y Campbell-28, 128,12, estos resultados son muy inferiores a los obtenidos en este trabajo y pueda deberse las diferencias al cálculo de los ingresos o al precio de venta utilizado en ese momento, así como que los rendimientos fueron menores a los obtenidos en esta experiencia.

Jiménez (2015) al realizar la valoración económica de su trabajo reportó que los valores de la producción obtenida son muy superiores para los tratamientos donde se aplicó quitosano con relación al tratamiento control. En el tratamiento donde aplicó 300 mg ha⁻¹ de quitosano obtuvo un valor de la producción equivalente a \$ 7 428,00 USD, inferiores a los de esta experiencia para igual dosis.

Tabla 14: Valoración económica de los resultados por hectárea (CUP).

Tratamientos	Rendimiento (t ha ⁻¹)	VP (USD)	VA (USD)	B
T1.-Control	10,33	15 495,00		
T2.-200 mg ha ⁻¹	19,48	29 220,00	13 723,00	1,88
T3.- 250 mg ha ⁻¹	28,14	42 210,00	26 715,00	2,72
T4.- 300 mg ha ⁻¹	61,9	91 500,00	76 005,00	5,90

V. CONCLUSIONES.

En condiciones de casa de cultivo:

- Al evaluar el efecto del quitosano sobre variables de crecimiento y desarrollo en plantas de tomate cuando se aplica a los 12 días después del trasplante en el 100% de las variables evaluadas los mejores resultados se obtienen con la dosis de 300 mg ha⁻¹, incluyendo el rendimiento el cual fue de 61,9 t ha⁻¹.
- Al determinar los efectos del quitosano sobre indicadores de calidad en frutos de tomate cuando se aplica a los 12 días después del trasplante los por ciento mayores de los indicadores evaluados se obtienen con la dosis de 300 mg ha⁻¹ tanto para los macro (N, P y K) como micro elementos determinados (Ca y Mg).
- Cuando se valorara económicamente los resultados obtenidos al aplicar quitosano al cultivo del tomate a los 12 días después del trasplante, los mayores ingresos al productor se obtienen con la dosis de 300 mg ha⁻¹, con un valor de 7 428,00 USD.

VI.- RECOMENDACIONES.

Recomendamos aplicar la dosis de 300 mg ha⁻¹ al cultivo del tomate variedad Amalia a los 12 días después del trasplante en casa de cultivo en las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Cotopaxi en la República de Ecuador.

VII.- BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS

- Abd El-Aziz, M. E., Morsi, S. M. M., Salama, D. M., Abdel-Aziz, M. S., AbdElwahed, M. S., Shaaban, E. A., & Youssef, A. M. 2019. Preparation and characterization of chitosan/polyacrylic acid/copper nanocomposites and their impact on onion production. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123, 856–865. <http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.155>
- Acosta, W. 2005. Evaluación de diferentes dosis de Biobras-16 en el cultivo del tomate variedad “Vyta” en condiciones edafoclimáticas de la provincia de Granma. Trabajo de Diploma, 21 pp.
- Ahmed, S. & S. Ikram. 2015. Chitosan & its derivatives: a review in recent innovations. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6: 14-30.
- Alagoz, Z.; Yilmaz, E. 2009. Effects of different sources of organic matter on soil aggregate formation and stability: A laboratory study on a Lithic Rhodoxeralf from Turkey. *Soil & Tillage Research*. 103, 419–424.
- Aldington, S., Mcdougall, G.J., Fry, S.C. 1991. Structure-Activity relationships of biologically active oligosaccharides. *Plant, Cell and Environment* 14: 625- 636.
- Alvarado, J., Alba, A., de Carvalho, R., do Amaral Sobral, P., Barbosa, A., Soraya Monterrey-Quintero, E., Sereno, A. 2007. Método directo para la obtención de quitosano de desperdicios de camarón para la elaboración de películas biodegradables. *Revista de química teórica y aplicada editada por la asociación de químicos e ingenieros del instituto químico de Sarriá*, 64 (531): 605-611.
- Araya, A. 2010. Influencia de Algunos Ácidos Orgánicos Sobre las Propiedades Físico Químicas de Películas de Quitosano Obtenidas a Partir de Desechos de Cangrejo. L. *Revista tecnológica ESPOL*, 23(1).
- Arteaga, Mayra., Garcés N., Guridi, F., Pino, J., Caro, I., Bernardo, O., Calzadilla, Josefina., Mesa, Saturnina., López, A., Ruisánchez, Y., Menéndez, J., Cartaza, O. 2006. Respuestas del tomate Amalia a las aplicaciones de humus líquido en condiciones de producción. Dep. Fisiología, INCA.

- Ávila, C. 2012. "El efecto económico de la salinidad en el cultivo del tomate en la provincia Granma" en Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 169, 2012.
- Ayala, A., Colina, M., Molina, J., Vargas, J., Rincón, D., Medina, J., Rosales, L., Cárdenas, H. 2014. Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano contra el hongo *Mycosphaerella Fijiensis Morelet* que produce la Sigatoka Negra que ataca al plátano. Revista Iberoamericana de Polímeros, 15(6): 312-338.
- Ayala, G. 2015. Efecto antimicrobiano del quitosano: una revisión de la literatura. Scientia Agroalimentaria, 2: 33-38.
- Badwan, A., Rashid, I., Al Omari, M. M. H., &Darras, F. H. 2015. Chitin and Chitosan as Direct Compression Excipients in Pharmaceutical Applications. Marine Drugs, 13(3), 1519–1547. <http://doi.org/10.3390/md13031519>
- Barka, E., Eullaffroy, P., Clément, C., Vernet, G. 2005. Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. Against *Botrytis cinerea*. Plant Cell Reports, 22 (8):608-61.
- Barra, A., Romero, A., Beltramino, J. 2012. Obtención de Quitosano. Sitio argentino de Producción Animal, p 1-10.
- Bautista-Baños, S., Ventura-Aguilar, R., Correa-Pacheco, Z., Corona-Rangel, M. 2017. Chitosan: a versatile antimicrobial polysaccharide for fruit and vegetables in postharvest a review. Revista Chapingo Serie Horticultura, 23: 103-121.
- Bello, J., Balois-Morales, R., Sumaya, M., López, P., Jiménez-Ruiz, E., Sánchez-Herrera, L., López, G., García, D. 2016. Acta Agrícola y Pecuaria, 2(2): 43-50.
- Beltrán, Y. 2007. Evaluación de tres dosis de quitosana en el cultivo del tabaco, variedad H-92. Trabajo de Diploma. Universidad de Granma.
- Betancourt, S. 2014. Evaluación de cuatro híbridos de tomate con dos tipos de poda de conducción cultivados bajo el sistema hidropónico. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de ciencias agrarias. Universidad de Guayaquil.
- Bin, L., Xiao, W., Rouxia, Ch., Weigou, H., Guanlin, X. 2007. Antibacterial activity of chitosan solution against *Xanthomonas*

- pathogenic bacteria isolated from *Euphorbia pulcherrima*. *Carbohydrate Polymers*, 72: 287-292.
- Boonlertnirun, S., Boonraung, C. y Suvanasa, R. 2008. "Application of chitosan in rice production". *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 18(2): 47–52.
 - Borja, N. 2009. Evaluación de parámetros productivos de 4 variedades indeterminadas de tomate de mesa. Tesis de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero en Agroempresas. Colegio de agricultura, alimentos y nutrición. Universidad San Francisco de Quito.
 - Borkowski, J., Dyki, B., Felczynska, A. y Kowalczyk, W. 2007. "Effect of BIOCHIKOL 020 PC (chitosan) on the plant growth, fruit yield and healthiness of tomato plant roots and stems". *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives*, 12: 217–223.
 - Borrero, Y., Cabrera, Mi., Rojas, O., Angarica, E., Rodríguez, A. 2012. Efecto del bioestimulante fitomás-E en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), Híbrido ha- 3057 bajo condiciones de casa de cultivo protegido. *Ciencia en su PC*, 1: 35-46.
 - Caro, I. 2004. Caracterización de algunos parámetros químico-físicos del Liplant, humus líquido obtenido a partir del vermicompost de estiércol vacuno. Tesis presentada en opción al Título de Máster en Ciencias de la Química Agraria. Universidad Agraria de la Habana (UNAH).
 - Carvajal, J; Mera, A. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Revista Brasileña*, 2(5).
 - Castillo, I. 2018. Los Bioestimulantes agrícolas. Lida Plant Research, S.L, [Fecha de consulta: 5 de enero de 2019] Disponible en:< <http://www.bioestimulantesagricolas.net/los-bioestimulantes-agricolas/>>.
 - Chen, Y., Yuan, S., Han-Mei, L., Zhi-Yu, CH., Ying-Hong, Z., Huai-. Yu. 2016. A combination of chitosan and chemical fertilizers improves growth and disease resistance in *Begonia x hiemalis* Fotsch. *Horticulture, Environment and Biotechnology* 57(1): 1-10.
 - Chien, P., Chou, CH. 2006. Antifungal activity of chitosan and its application to control post-harvest quality and fungal rotting of Tankan

- citrus fruit (*Citrus tankan* Hayata). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 1964-1969.
- Chirkov, S. 2002. The antiviral activity of chitosan (Review). *Applied Biochemical Microbiology*, 38: 1-8.
 - Chun, S.-C., & Chandrasekaran, M. 2018. Chitosan and chitosan nanoparticles induced expression of pathogenesis-related proteins genes enhances biotic stress tolerance in tomato. *International Journal of Biological Macromolecules*. <http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.167>
 - Costales, D., Nápoles, M.C., Falcón, A.B. 2005. Efecto de derivados de Quitosana en la simbiosis Brady rhizobium-soya. *Cultivos Tropicales*, vol. 26 (1): 83-87.
 - Crini, G. 2005. Recent developments in polysaccharide based materials used as adsorbents in wastewater treatment. *Progress in Polymer Science*, 30: 38-70.
 - Cruz, J. 2007. Nueva variedad de pepino INIVIT P-. Instituto Nacional de Viandas tropicales. Informe Anual, Villa Clara, Cuba.
 - Cuñat, J. 2017. Tomate. Historia del tomate. [Consultado el 15/01/2019]. Disponible en: < <https://josecunat.com/tomate-historia-del-tomate/> >
 - Díaz, G. 1995. En la efecto de un análogo de brasinoesteroide DDA-6 en el cultivo del tabaco. *Cultivos Tropicales (La Habana)* 16(3):53-55.
 - Enríquez, E., Reyes, J., Ramírez, M., Rodríguez, A., Falcón, A. 2018. Aplicación de QuitoMax en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y evaluación de su efecto en el rendimiento y el valor nutricional. *Rev. Fac. Agron.* 35(1): 282.
 - Enríquez, E., Reyes, J. 2018. Evaluación de Quitomax® en la emergencia, crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate. *Ciencias Agrarias/Agricultural Sciences*, 11(2): 31-37.
 - Eweis, M., Elkholy, S., Elsabee, M. 2006. Antifungal efficacy of chitosan and its thiourea derivatives upon the growth of some sugar-beet pathogens. *Inter-national Journal of Biological Macromolecules*, 38: 1-8.
 - Falcón, A., Cabrera, D., Ravelo, E. y Menéndez, J. 2004. Productos bioactivos: una alternativa para evadir el efecto de las altas temperaturas

- en la germinación del tomate. XV Fórum de Ciencia y Técnica de Base, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, Cuba, 5 p.
- Falcón-Rodríguez, A., Costales-Menéndez, D., Ortega, E., León-Díaz, O., Cabrera-Pinto, J., Martínez-Téllez, M. 2007. Evaluation of chitosan as an inhibitor of soil-borne pathogens and as an elicitor of defense markers and resistance in tobacco plants. Spanish Journal of Agricultural Research, 5: 533-541.
 - FAO, 2010. Estadísticas sobre la producción mundial de jitomate. Disponible en línea: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (consulta 26/12/2018).
 - FAO, 2018. Estadísticas agrícolas de tomate: producción, superficie y rendimiento. [Consultado 27-12-2018]. Disponible en: <https://blogagricultura.com/estadisticas-tomate-produccion/>.
 - Fernández-Larrea, V., 2013. Programa para la recuperación de bioplaguicidas, biofertilizantes y bioestimulantes en Cuba. Agricultura Orgánica, 2: 2-5.
 - Flaño, A. 2013. Situación del tomate para consumo fresco. Recuperado de: <http://www.odepa.odepaweb.cl/publicaciones/doc/11729.pdf>. Consultado 22-12-2018.
 - Flores, C; Sánchez, M. 2016. Estudio de pre-factibilidad para la producción y comercialización de hortalizas de cultivo orgánico, como producto diferenciado a la parroquia la Concepción, cantón Mira, provincia de Carchi. Tesis previa a la obtención del título de ingenieras en finanzas. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Central del Ecuador.
 - Freebairn, D. 1990. Plant growth regulators derived from chitin. US Patent 4964894.
 - Fry, S. C., S. Aldington, P. R. Hetherington, and J. Aitken. 1993. Oligosaccharides as signals and substrates in the plant cell wall. Plant Physiol. 103:1-5.
 - García-Rincón, J., Vega-Pérez, J., Guerra-Sánchez, M., Hernández-Lauzardo, A., Peña-Díaz, A., Velázquez-Del Valle, M. 2010. Effect of chitosan on growth and plasma membrane properties of *Rhizopus*

- stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill. Pesticide Biochemistry and Physiology, 97: 275-278.
- González, G. 2006. Evaluación de tres dosis de Biobras16 en el cultivo del tabaco. Revista Centro Agrícola, 1 (1):19-26.
 - González, L., Paz, I., Martínez, B., Jiménez, M., Torres, J., Falcón, A. 2015. Respuesta agronómica del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, L) var. HA 3019 a la aplicación de quitosana. UTCiencia Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo, 2(2): 55-60.
 - González, P., Costales, D., & Falcón, A. 2014. Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Cultivos Tropicales, 35(1), 35-42.
 - González-Peña, Fundora., Costales, D., Falcón, A. 2015. Evaluación de indicadores que caracterizan la acción protectora del quitosano en *Nicotiana tabacum* L. vs *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan. Cultivos Tropicales, 36(3), 144-153.
 - Goy, C., De Britto, D; O.B.G. Assis. 2009. A review of the antimicrobial activity of chitosan. Polímeros: Ciencia e Tecnología, 19: 241-247.
 - Granados, E. 2015. Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de Berenjena. Tesis para la obtención del título de ingeniero agrónomo con énfasis en cultivos tropicales en el grado académico de licenciado. Facultad de ciencias ambientales y agrícolas licenciatura en ciencias agrícolas con énfasis en cultivos tropicales. Universidad Rafael Landívar.
 - Guo, Z., Xing, R., Liu, S., Zhong, Z., Ji, X., Wang, L., Li, P. 2008. The influence of molecular weight of quaternized chitosan on antifungal activity. Carbohydrate Polymers, 71: 694-697.
 - Gurudi; F. 2000. O fósforo, a materia orgánica y a micorriza no cafeeira (*C. Arabica* L). Tesis de Doctorado, UFRRJ, Brasil.
 - Hadwiger, L. 2013. Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype. Plant Science, 208: 42-49.
 - Hayafune, M., Berisio, R., Marchetti, R., Silipo, A., Kayama, M., Desaki, Y., Shibuya, N. 2014. Chitin-induced activation of immune signaling by the rice receptor CEBiP relies on a unique sandwich-type dimerization.

- Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(3), E404–E413. <http://doi.org/10.1073/pnas.1312099111>
- Hayes, M., Carney, B., Slater, J., Bruck, W. 2008. Mining marine shellfish wastes for bioactive molecules: Chitin and Chitosan- Part B: Applications. *Journal of Biotechnology*, 3: 878-89.
 - Hernández, N., 2013. Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. Tesis para aspirar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba presentada por el Licenciado en Tecnología de Alimentos. Departamento de bromatología y tecnología de los alimentos, Universidad de Córdoba.
 - Hernández-Lauzardo, A., Velázquez-Del Valle, M., Guerra-Sánchez, M. 2011. Current status of action mode and effect of chitosan against phytopathogens fungi. *African Journal of Microbiology Research*, 5: 4243-4247.
 - Huelva, R., Ruiz, E., Garcés, N., Ramos, A., León, P. 2002. Evaluación de la bioactividad del humus líquido obtenido a partir de vermicompost en el cultivo de la soya (*Glycine max*; var: Incasoy-24). Primer Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica, ACTAF. Libro resumen, La Habana: INCA. 111 p.
 - INATEC/JICA, 2016. Manual de protagonista viveros y semilleros.
 - INEC, 2013. Visualizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador ESPAC. [Consultado el 23/07/2019]. Disponible en: http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=75
 - InfoAgro, 2003. Origen del tomate. [Consultado 26-12-2018]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm> >
 - InfoAgro.com 2011. El cultivo del tomate. [Consultado 22-12-18]. Disponible en: <http://InfoAgro.com/hortalizas/tomate.htm>.
 - INNOVAGRI, 2017. Principales bioestimulantes y efectos en el cultivo de los cítricos, [Fecha de consulta: 5 de enero de 2019] Disponible en: <https://www.innovagri.es/investigacion-desarrollo->

innovacion/principales-bioestimulantes-y-efectos-en-el-cultivo-de-los-citricos.html>.

- INTA, 2018. Importancia del tomate en el desarrollo socio-económico de algunas regiones. [Consultado 27-12-2018]. Disponible en: <<https://mitreyelcampo.cienradios.com/importancia-del-tomate-en-el-desarrollo-socio-economico-de-algunas-regiones/>>.
- Javaid, M. A., Younas, M., Zafar, I., Khera, R. A., Zia, K. M., & Jabeen, S. 2018. Mathematical modeling and experimental study of mechanical properties of chitosan based polyurethanes: Effect of diisocyanate nature by mixture design approach. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 321–330. <http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.183>
- Jiménez, L., Xiafong, P., González, G., Jiménez, A. 2009. Efectos de tres bioestimulantes sobre el rendimiento en el cultivo del tomate, *Centro Agrícola*, 36(2): 83-87.
- Jiménez, María Caridad *et al.*, (2015). Evaluación de la aplicación de quitosana sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 (*Solanum lycopersicum*, L.) en casas de cultivo. *Centro Agrícola*, 42(3): 83-90; julio-septiembre, 2015 ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001.
- Jiménez, R., Arceo, M., Loeza, P. 2018. Quitosano: actividad antimicrobiana y mecanismos de acción. *E-CUCBA*, 9:17-23.
- Kong, M., Chen, X., Xing, K., Park, H. 2010. Anti-microbial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review. *International Journal of Food Microbiology*, 144: 51-63.
- Lacasta, C., Benítez, M., Maire, N., Meco, R. 2006. Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. *Agricultura y Alimentación Ecológica*, 110.
- Lárez-Velázquez, C. 2007. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista UDO Agrícola* 8 (1): 1-22.
- Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., Chaidee, A.

- y Bangyeekhun, T. 2008. "Chitosan effects on floral production, gene expression, and anatomical changes in the *Dendrobium* orchid". *Scientia Horticulturae*, 116(1): 65-72.
- Liu, H., Tian S., Meng X., Xua, Y. 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 44: 300- 306.
 - Liu, N., Chen, X., Park, H., Liu, C., Meng, G. 2006. Effect of MW and concentration of chitosan on antibacterial activity of *Escherichia coli*. *Carbohydrate Polymers*, 64: 60-65.
 - Lizárraga, P., Miranda, C., Moreno, M., Lara, S., Torres, P. 2013. Maize seed coatings and seedling sprayings with chitosan and hydrogen peroxide: their influence on some phenological and biochemical behaviors. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 14(2): 87-96.
 - Lizárraga-Paulín, E., Torres-Pacheco, I., Moreno- Martínez, E., Miranda-Castro, S. 2011. "Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level". *African Journal of Biotechnology*, 10(34): 6439-6446.
 - Malerba, M., Cerana, R. 2016. Chitosan Effects on Plant. *Systems. Int. J. Mol. Sci*, 996:1–15.
 - Mansilla, A., Albertengo, L., Rodríguez, M. S., Debbaudt, A., Zúñiga, A., Casalongué, C. 2013. "Evidence on antimicrobial properties and mode of action of a chitosan obtained from crustacean exoskeletons on *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000". *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(15): 6957-6966.
 - Mármol, Z; Páez, G; Rincón, M; Araujo, K; Aiello, C; Chandler, C; Gutiérrez, E. 2011. Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. *Revista Tecnocientífica URU*, p 53-58.
 - Martínez, L; Reyes, Y; Falcón, A; Nápoles, M; Núñez, M. 2016. Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol biofertilizadas. *Cultivos Tropicales*, 37 (3): 165-171.

- Martínez-Alcántara, B; Quiñones, A. 2018. Efecto bioestimulante de diferentes productos en cítricos. Caracterización de la respuesta a la aplicación vía foliar de estos productos, [Fecha de consulta: 5 de enero de 2019] Disponible en:< <https://www.timacagro.es/wp-content/uploads/2018/05/bioestimulacion-citricos.pdf>>.
- Masó, R. 2006. Evaluación del Biobras-16 en el cultivo de la cebolla, Trabajo de Diploma, Facultad de Ciencias Agrícolas, UDG, 52 pp.
- Meng, X., Li, B., Liu, J., Tian, S. 2008. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106: 501-508.
- Mesa DRS, 2007. Informe de la Sociedad Civil sobre el Cumplimiento del PIDESC en el Paraguay. Uso Indiscriminado de Agrotóxicos en Paraguay: Atropello a los Derechos Económicos, Sociales y Culturales de Comunidades Campesinas e Indígenas.
- Molina, J. 2015. Desmineralización de la quitina utilizando ácido fosfórico para la obtención de quitosano y su aplicación en el cultivo de arroz. (Tesis Master). Universidad del Zulia. Venezuela.
- Molina, J., Colina, M., Rincón, D., Vargas, J. 2017. Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 45-60.
- Molina, J., Colina, M., Rincón, D., Vargas, J. 2017. Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a). Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela, 8(2): 00.
- Molina, M. 2011. Efectividad de la aplicación de diferentes dosis de quitosana en la producción de posturas de tabaco. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Granma. Facultad de Ciencias Agrícolas - Departamento de Producción Vegetal.
- Mompie, E; Morales, D; Dell'Amico, J; Falcón, A. 2018. El Quitomax influye en la producción de tubérculos "semilla" de papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Romano/Quitomax[R] influences in the production of potato "seed" tubers (*Solanum tuberosum* L.) Romano variety. *Cultivos Tropicales*, 39(3): p. 80.

- Morales, D., Dell'Amico, J., Jerez, E., Díaz, Y., Martín, R. 2016. Efecto del Quitomax® en el crecimiento y rendimiento del frijol. *Cultivos Tropicales*, 37(1), 142-147.
- Moshelion, M., & Altman, A. 2015. Current challenges and future perspectives of plant and agricultural biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 33(6), 337–342.
- Nápoles, S., Garza, T., Reynaldo, I. 2016. Respuesta del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.) Var. Lina a diferentes formas de aplicación del PECTIMORF®. *Cultivos Tropicales*, vol. 37(3): 172-177.
- Naranjo, O. 2006. Evolución del Pectimorf y Biobras-16 en la variedad de tabaco H-92. Trabajo de Diploma. Universidad de Granma.
- Nge, K. L.; N. Nwe, S. Chandrkrachang and W. F. Stevens. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Journal of Plant Science* 170: 1185-1190.
- Núñez, J. A. 1997. “Desde el viaje del habano”. *Cohíba la excelencia en Aniversario. Revista Tabaco* p 20 – 23.
- Núñez, M; Mazorra, L; Martínez, L. 2010. Los brasinoesteroides y las respuestas de las plantas a estrés abióticos: Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 31(2), 00.
- Onsoyen, E. and O. Skaugrud. 1990. Metal recovery using chitosan. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 49:395-404.
- Ordóñez, E. 2015. Importancia del consumo de hortalizas y vegetales. Portal Educativo Cubano. [Consultado el 15/01/2019]. Disponible en: <<http://educlaboral.cubaeduca.cu/tema-6tog-alumno-importancia-del-consumo-de-hortalizas-y-vegetales>>
- Palma-Guerrero, J., Huang, I., Jansson, H., Salinas, J., López-Llorca, L., Read, N. 2009. Chitosan permeabilizes the plasma membrane and kills cells of *Neurospora crassa* in an energy dependent manner. *Fungal Genetics and Biology*, 46: 585-594.
- Palomo, I; Moore-Carrasco, R; Carrasco, G; Villalobos, P; Guzmán, L. 2010. El consumo de tomates previene el desarrollo de Enfermedades Cardiovasculares y Cáncer: Antecedentes epidemiológicos y mecanismos de acción. *IDESIA*, 28(3): 121-129.

- Pérez, S., Rodríguez, A., Ramírez, M. 2015. Efecto de diferentes concentraciones de quitosana sobre la germinación y crecimiento de plántulas de arroz (*Oryza sativa*, L.). *Revista Científica Avances*, 17(4): 380-386.
- Pokhrel, S; Yadav, P; Adhikari, R. 2015. Applications of Chitin and Chitosan in Industry and Medical Science, *Nepal Journal of Science and Technology*. Department of Chemistry, Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal 2Research Centre for Applied Science and Technology (RECAST), Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal. 16(1): 99-104.
- Rabea, E., Badawy, M., Stevens, C., Smaghe, G., Steurbaut, W. 2003. *Biomacromolecules* 4: 1457-1465.
- Ramírez, C; Nienhuis, J. 2012. Evaluación del crecimiento y productividad del tomate bajo cultivo protegido en tres localidades de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 25(1): 3-15.
- Rayón, E., S. Alonso, D. Ramírez, H. Ortega, H. Ramírez, A. Benavides, J. Romero. 2001. Aplicación de un complejo de poliácido acrílico y quitosán para modificar las respuestas al estrés de plantas. *Memorias del Primer Congreso Estudiantil de Polímeros y Especialidades Químicas Relacionadas*. Centro de Investigación en Química Aplicada Saltillo, México del 1 al 5 de octubre del 2001.
- Reyes, G., Cortéz, D. 2017. Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012). *Bioagro*, 29(1):45-52.
- Reyes-Pérez, J., Luna, R., Reyes, M, Zambrano, D., Vázquez, V. 2017. Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*, 44(4), 88-94.
- Reyes-Pérez, J., Enríquez-Acosta, E., Murillo-Amador, B., Ramírez-arrebato, M., Rodríguez-Pedroso, A., Lara-Capistrán, L., Hernández-Montiel, L. 2018. Las respuestas fisiológicas, fenológicas y productivas de las plantas de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) tratadas con QuitoMax, *El Cienc. INV.* 45(2).
- Rodríguez, A. Nodals, A. 2003. *La Huerta Orgánica Cubana. Manual de Agricultura y Sostenible*, Ed. 63-71. La Habana. Cuba.

- Rodríguez, A., Ramírez, M., Cárdenas, R., Hernández, A., Velázquez, M., Bautista, S. 2007. Induction of defense response of (*Oryza sativa* L.) against *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. By treating seeds with chitosan and hydrolyzed chitosan. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 89: 206-215.
- Rodríguez, R., Figueredo, J., González, O. 2013. Influencia de la quitosana en tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill) var. "Amalia". *Centro Agrícola*, 40(2): 79-84.
- Rodríguez-Pedroso, A., Ramírez-Arrebato, M., Falcón-Rodríguez, A., Bautista-Baños, S., Ventura-Zapata, E., & Valle-Fernández, Y. 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.
- Rodríguez-Pedroso, A., Ramírez-Arrebato, M., Rivero-González, D., Bosquez-Molina, E., Barrera-Necha, L., Bautista-Baños, S. 2009. Propiedades químico-estructurales y actividad biológica de la quitosana en microorganismos fitopatógenos, *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(3): 307-317.
- Romanazzi, G., Feliziani, E., & Sivakumar, D. 2018. Chitosan, a Biopolymer With Triple Action on Postharvest Decay of Fruit and Vegetables: Eliciting, Antimicrobial and Film-Forming Properties. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2745. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02745>
- Romero, R. 2011. Respuesta agronómica de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L) bajo condiciones de salinidad, con la aplicación de sustancias húmicas líquidas. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Agrónomo. Ministerio de Educación Superior Universidad de Granma Facultad de Ciencias Agrícolas Bayamo M.N.
- Ruiz, J., Tejeda, T., Terry, E., & Díaz, M. 2009. Aplicación de bioproductos a la producción ecológica de tomate. *Cultivos Tropicales*, 30(3), 60-64.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2010. Monografía de cultivos "Jitomate", Subsecretaría de Fomento a los agronegocios. 10 p. Disponible en línea:

<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf> (consulta 26/12/2018).

- Sathiyabama, M., Akila, G. y Charles, R. E. 2014. "Chitosan-induced defence responses in tomato plants against early blight disease caused by *Alternaria solani* (Ellis and Martin) Sorauer". Archives Of Phytopathology And Plant Protection, 47(16):1963-1973.
- Shehata, S., Fawzy, Z., El-Ramady, H. 2012. Response of cucumber plants to foliar application of chitosan and yeast under greenhouse conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(4): 63–71.
- Shih-Bing, L., Shan-He, Ch., Kou-Chen, P. 2008. Preparation of antibacterial chito-oligosaccharide by altering the degree of deacetylation of α -chitosan in a *Trichoderma harzianum* chitinase hydrolysing process. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 238-244.
- SINAGAP, 2013. Boletín de precios al productor. Análisis de variaciones. [Consultado el 23/07/2019]. Disponible en: <<http://sinagap.agricultura.gob.ec/images/flippigbook/pproductor/files/assets/downloads/publication.pdf>>
- SOLAGRO, 2016. Cultivo tomate de riñón en Ecuador. [Consultado 27-12-2018]. Disponible en: <<http://www.solagro.com.ec/es/cultivos-2/item/tomate-de-ri%C3%B1on.html#>>.
- Solis, D., B.E. Bravo Ureta y R.E. Quiroga, 2006 Technical Efficiency and Adoption of Soil Conservation in El Salvador and Honduras International Association of Agricultural Economists Conference. Gold Coast, Australia.
- Stange, C., Briceño, E., Latorre, B., Arce-Johnson, P. 2007. Interacción Planta Patógeno. Fisiología Vegetal (F.A. Squeo & L. Cardemil, eds.) Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile, 13: 1-20.
- Tapia, E. 2018. EE.UU. Abre su mercado al tomate de árbol de Ecuador. El Comercio. [Consultado 26-12-2018]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/estadosunidos-mercado-tomate-arbol-ecuador.html>

- Terry, A; Ruiz, E; Tejeda, J; Reynaldo, T; Díaz de Armas, I; Margarita, M. 2011. Respuesta del cultivo de la lechuga a la aplicación de diferentes productos bioactivos. *Cultivos Tropicales*, 32(1): 28-37.
- Terry, E., Falcón, A., Ruiz, J., Carrillo, Y., Morales, H. 2017. Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax®. *Cultivos Tropicales*, 38(1): 147-154.
- Trotel, P., Couderchet, M., Vernet, G., Aziz, A. 2006. Chitosan stimulates defence reactions in grapevine leaves and inhibits development of *Botrytis cinerea*. *European Journal of Plant Pathology*, 114: 405-413.
- Vera, A. 2017. Uso de quitosano en medios de cultivo para el desarrollo en la propagación in vitro de la orquídea *Cattleya spp.* Tesis Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias para el Desarrollo Ingeniería Agronómica. Universidad de Guayaquil. [Citado el 6 de Enero de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17754>.
- Verlee, A., Mincke, S., Stevens, Ch. 2017. Recent developments in antibacterial and antifungal chitosan and its derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 164: 268-283.
- Wisniewska, M., Niekraszewicz, A., Ciechanska, D., Pospieszny, H., Orlikowski, L. 2007. Biological properties of chitosan degradation products. *Polish Chitin Society, Monograph XII*, 149-156.
- Xu, J., Zhao, X., Han, X., Du, Y. 2007a. Antifungal activity of oligochitosan against *Phytophthora capsici* and other pathogenic fungi in vitro. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 87: 220-228.
- Xu, J., Zhao, X., Wang, X., Zhao, Z., Du, Y. 2007b. Oligo-chitosan inhibits *Phytophthora capsici* by penetrating the cell membrane and putative binding to intracellular target. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 88: 167-175.
- Yara, 2018. Producción mundial de tomates. [Consultado 27-12-2018]. Disponible en: <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/tomate/produccion-mundial-de-tomates/>.
- Zamani, A., Edebo, L., Sjstrom, B., Mohamad, J. 2007. Extraction and precipitation of chitosan from cell wall of zygomycetes fungi by dilute sulfuric acid. *Biomacromolecules*, 8: 3786- 3790.

- Zhang, H., R. Li & W. Liu. 2011. Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 12: 917-934.