

**TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE LOS PRODUCTOS QUITOMAX® Y
PECTIMORF® EN LA RESPUESTA AGROPRODUCTIVA DEL CULTIVO
DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) var. BAT 304.**

Autor: Yeimys Casola Matos.

Tutor: MSc. Lilibeth Rodríguez Izquierdo.

Julio, 2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

Miembro del Tribunal

Firma

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

“Año 60 de la Revolución”

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres por el apoyo brindado durante mi formación profesional.
- A mi novia que siempre ha estado presente día a día durante los cinco años de mi carrera brindándome su ayuda incondicional.
- En especial a mi tutora Lilibeth Rodríguez Izquierdo por toda su ayuda, entrega y dedicación para que el trabajo tuviera la calidad requerida.
- A los profesores Agustín Beruvides y Antonio China Horta.
- A todos los profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- A mi profesora y amiga Ania que sin sus consejos no hubiera optado por una carrera universitaria.
- A todas aquellas personas que de una forma u otra aportaron a la realización de este Trabajo de Diploma.
- A todos Muchas Gracias...

OPINIÓN DEL TUTOR

El uso de productos naturales de manufactura nacional en los sistemas de producción agrícolas que apoyen el aumento de los rendimientos en los espacios de siembra de cultivos de interés económico, permite reducir la aplicación de productos químicos importados de alto costo, lo cual responde a la necesidad prioritaria del país de aumentar la producción de alimentos y reducir los costos en la agricultura mediante la sustitución de importaciones.

El trabajo que presenta el estudiante Yeimy Casola Matos, titulado: Efecto de la aplicación de los productos QuitoMax® Y PectiMorf® en la respuesta agroproductiva del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); evidencia las ventajas de la implementación de estos bioestimulantes en el crecimiento y la productividad de las plantas, permitiendo recomendar su aplicación como parte de la tecnología de este cultivo tan necesario para la seguridad alimentaria.

Es de destacar la independencia y dedicación mostrada por el estudiante durante las etapas de montaje, conducción y cosecha del experimento, así como la responsabilidad, disciplina, seriedad y creatividad en la conformación y redacción del documento final.

El trabajo posee calidad y rigor científico, los objetivos definidos y la hipótesis planteada se cumplen y validan durante el desarrollo de la tesis. La presentación y fundamentación de los resultados es adecuada y se corresponden con la metodología establecida para la elaboración de los Trabajos de Diploma.

A partir de los elementos expuestos y la actitud asumida por el estudiante durante el desarrollo de su trabajo, considero le sea otorgado el título de Ingeniero Agrónomo.

MSc. Lilibeth Rodríguez Izquierdo

RESUMEN

La investigación se realizó en la finca “Los Cobos”, perteneciente a la CPA Juan Gualberto Gómez del municipio Limonar, provincia Matanzas, en el período comprendido entre octubre de 2016 y enero de 2017. Tuvo como objetivo evaluar el efecto de los productos QuitoMax® y PectiMorf® en la respuesta agroproductiva del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad BAT-304. Se estableció un diseño experimental de bloque al azar constituido por tres tratamientos y tres replicas, en un área de 0,3 ha. Se evaluó en diferentes momentos del ciclo biológico del cultivo el comportamiento de algunas variables asociadas al crecimiento y desarrollo fisiológico de las plantas como: altura y número de hojas. En la cosecha se evaluó el número de vainas por planta, número de semillas por vaina y planta, masa de 100 granos y el rendimiento agrícola. Los resultados evidencian que el cultivo del frijol respondió favorablemente a la aplicación foliar de los bioestimulantes, lográndose incrementos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, con un impacto significativo del producto QuitoMax®, que mostró una mejor respuesta productiva con el incremento de 1,0 t.ha⁻¹ en el rendimiento del cultivo.

ÍNDICE

Contenidos	Página
Introducción.	1
• Problema, hipótesis y objetivos.	2
Revisión bibliográfica.	3
• Generalidades del cultivo del frijol.	3
• Origen.	3
• Distribución geográfica e importancia económica.	3
• Clasificación taxonómica.	4
• Características morfológicas.	5
• Fases fenológicas del cultivo del frijol.	6
• Requerimientos edafoclimáticos.	8
• Los bioestimulantes en la agricultura.	9
• Quitosana. Su influencia en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas.	9
• Los Oligogalacturónidos y su aplicación para el beneficio de los cultivos.	12
Materiales y métodos.	14
• Descripción del experimento.	14
• Características de los bioestimulantes empleados.	15
• Determinación de las variables de crecimiento.	16
• Determinación del rendimiento y sus componentes.	16
• Análisis estadístico.	16
Resultados y discusión	17
• Efecto de los biostimuladores QuitoMax® y PectiMorf® en el crecimiento y desarrollo fisiológico del cultivo del frijol.	17
• Análisis del rendimiento del cultivo en la cosecha.	23
Conclusiones.	29
Recomendaciones	30
Bibliografía	31

INTRODUCCIÓN

La producción de granos juega un papel significativo para suplir parte de los alimentos requeridos por el hombre, por su reconocida influencia en el balance nutricional de las dietas (Vázquez *et al.*, 2014).

El frijol es considerado la leguminosa alimenticia más importante del mundo para el consumo humano. Su producción mundial aumentó un 17 % entre 1990 y 2008 al pasar de 17 a 23 millones de toneladas; este incremento se debió a una mayor participación de países con pequeños volúmenes de producción en el comercio del grano (Financiera Rural, 2011).

Así mismo, se cree que el mayor consumo de frijol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo, dado los niveles de aceptación y uso que de este producto se hace en América Latina, Asia y África (Coveca, 2011). En estos países, el cultivo, es una de las principales fuentes de proteína, con alto contenido de vitaminas, minerales y fibra dietética (Muhamba y Nchimbi, 2010).

En Cuba, el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) forma parte importante en la dieta. La producción nacional se desarrolla en 122 545 hectáreas, con una producción de 116 900 toneladas (1,11 t.ha⁻¹), de las cuales el 96 y 85,3 % respectivamente, corresponde al sector no estatal (Oficina Nacional de Estadística e Información [ONEI], 2017 a; b).

La búsqueda de alternativas que permitan aumentar la producción de alimentos, ha llevado a desarrollar la agricultura sobre la base de principios ecológicos y a interpretar el sistema agrícola de manera holística (Fonseca *et al.*, 2013).

Muchos productos naturales han sido empleados para potenciar el manejo sostenible de los agroecosistemas. En los últimos años y especialmente en Cuba, son muchos los bioestimulantes y biofertilizantes que permiten a las plantas superar las situaciones de estrés en las condiciones adversas del medio, favoreciendo el crecimiento,

desarrollo y rendimiento, con una disminución del uso de sustancias químicas (Álvarez, 2014).

Dentro de esta gran gama de productos se encuentran: el QuitoMax[®], un polímero obtenido de la quitina, preparado comercialmente a través de la desacetilación alcalina del exoesqueleto de crustáceos marinos; y el PectiMorf[®], constituido por la mezcla de oligogalacturónidos activos biológicamente en plantas, obtenida a partir de pectina cítrica comercial; que en aplicaciones foliares, parece ser una alternativa promisoría para inducir positivamente el crecimiento y la productividad de las plantas.

PROBLEMA

El frijol representa un importante renglón en los granos que se cultivan en el país y figura entre los cultivos que recibe alta carga de productos fertilizantes y plaguicidas químicos para elevar su productividad; sin embargo, los rendimientos que se alcanzan siguen siendo bajos.

HIPÓTESIS

Los bioestimuladores QuitoMax[®] y PectiMorf[®] aplicados al cultivo del frijol permitirán un mejor desarrollo fisiológico de las plantas y el incremento de los rendimientos potenciales del cultivo, constituyendo una alternativa ecológica y económica viable.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de los productos QuitoMax[®] y PectiMorf[®] en la respuesta agroproductiva del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), var. BAT 304.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de la aplicación de QuitoMax[®] y PectiMorf[®] en variables agromorfológicas de las plantas en diferentes etapas del ciclo biológico.
- Determinar el efecto de los bioestimulantes en las variables del rendimiento del cultivo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Generalidades del cultivo del frijol.

1.1.1 Origen.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es considerado uno de los más antiguos. México ha sido aceptado como el más probable centro de origen, o al menos, como el centro de diversificación primaria. Hallazgos arqueológicos en su posible centro de origen y en Sudamérica indican que era conocido por lo menos unos 5 000 años A.C. (Paneque *et al.*, 2005).

Puesto que las culturas Mesoamericanas de México cruzaron el continente americano, este cultivo y sus prácticas se propagaron por toda Suramérica a medida que exploraban y comercializaban con otras tribus. Cuando los conquistadores de la Península Ibérica llegaron al Nuevo Mundo, florecían diversas variedades de frijoles. Cristóbal Colón les llamó faxones y favas por su parecido a las habas del viejo mundo, los aztecas los llamaban etl, los mayas búul y quinsoncho, los incas purutu, los cumanagotos de Venezuela caraotas, en el Caribe les denominaban cunada, los chibchas jistle o histe (Treviño y Rosa, 2013).

1.1.2 Distribución geográfica e importancia económica.

El frijol, entre las leguminosas de granos alimenticios, es una de las especies más importantes para el consumo humano. Su producción abarca áreas diversas. En las regiones tropicales y subtropicales es el grano de mayor importancia, destinado al consumo directo de la población el cual constituye la fuente más barata de proteína, por lo que es un componente indispensable en la dieta y una fuente importante de ingresos para los pequeños productores (Martínez *et al.*, 2004).

A nivel mundial se siembran 25 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 0,7 toneladas por hectárea y los principales países productores son India, Brasil, China, Estados Unidos y México, quienes contribuyen con 57, 8% de la producción mundial (Cabral, 2006). En América Latina y el Caribe la producción en el año 2008 fue de 5,5

millones de toneladas, seguida de África oriental y meridional con 2,5 millones de toneladas (FAO, 2008).

América Latina es la zona de mayor producción y consumo, se estima que más del 45 % de la producción mundial proviene de esta región específicamente del sur de México, Bolivia y Perú, donde se encuentran incluso formas silvestres que se cruzan sin dificultad con especies cultivadas (Voyses, 2000; Ulloa, 2011).

En Cuba, ha constituido tradicionalmente un componente importante en la dieta, ya que tiene gran importancia nutricional por sus aportes en calorías, fósforo, vitaminas, hierro y otros elementos (Pérez *et al.*, 2017). En los últimos años es el principal cultivo generador de ingresos en las fincas campesinas (Peña *et al.*, 2015).

El país dispone de más de 20 variedades mejoradas y seleccionadas, así como una amplia experiencia que posibilita acometer y sistematizar elevadas cifras de tierra en este cultivo (Mosquera *et al.*, 2005). Las provincias de Matanzas, Pinar del Río, La Habana, Camagüey y Santi Espíritus ocupan los primeros lugares en el país en cuanto a las áreas cultivadas (Arredondo, 2005). El consumo de los diferentes tipos de frijol en el país es: Frijoles negros 85,34%, Frijoles colorados 6,52% y otros tipos 8,14% (Expósito y García, 2011).

En la mayoría de las zonas productoras del país, los rendimientos potenciales nunca son alcanzados, esto se debe a que esta leguminosa se cultiva principalmente en condiciones ambientales desfavorables, como son la escasa y errática precipitación pluvial durante la fase de crecimiento del cultivo (García y Espinosa, 2012).

1.1.3 Clasificación taxonómica.

Según Cronquist (1988) el cultivo del frijol se clasifica taxonómicamente como se muestra a continuación:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L

Dentro del género de las fabáceas, el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las especies cultivadas más importantes. Del género *Phaseolus* se conocen 55 especies, cinco de las cuales han sido domesticadas (Hernández, 2009).

1.1.4 Características morfológicas.

La planta es anual, herbácea. En las primeras etapas de desarrollo el sistema radicular está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. Pocos días después se observan las raíces secundarias que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. Aunque generalmente se distingue la raíz, el sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad (Cabrera y Reyes, 2008).

Generalmente presentan simbiosis con bacterias nitrificadoras (nódulos en las raíces) que suministra una fuente adicional de nitrógeno por lo que son plantas ricas en proteína (Faure *et al.*, 2013).

El tallo es identificado como el eje central de la planta, está formado por una sucesión de nudos y entrenudos, es herbáceo, con sección cilíndrica o levemente angular; puede ser erecto, semipostrado o postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad. Las plantas de crecimiento indeterminado postrado pueden presentar una altura generalmente mayor de 80 centímetros. Así mismo, la longitud de los entrenudos es superior y tanto el tallo como las ramas terminan en guías. Algunas plantas son postradas desde las primeras fases de la etapa vegetativa. Otras son arbustivas hasta pre-floración y luego son postradas. Dentro de estas variaciones se puede presentar

aptitud trepadora especialmente si las plantas cuentan con algún soporte en cuyo caso suelen llamarse semi-trepadoras (Rosas, 2003).

Las hojas por su posición en el tallo, son alternas, compuestas por tres folíolos, dos de ellos laterales y uno terminal o central. Los folíolos son grandes, de forma ovalada y con el extremo terminado en forma acuminada, o en forma de punta, su tamaño también varía y pueden clasificarse en grandes, medianos y pequeños, la textura puede ser lisa y con la superficie irregular. El color varía desde el verde normal hasta verde amarillento, pasando por el verde oscuro al verde violáceo.

La inflorescencia del frijol se presenta en racimos que pueden ser terminales y axilares. El número de flores por inflorescencia es variable, pudiendo llegar hasta treinta. En algunos casos la inflorescencia puede ser de forma de racimo y en otros, en forma de roseta. El conjunto de la inflorescencia está compuesto por pedúnculo, caquis, pedicelo, bráctea, bractéola, cáliz y corola compuesta por cinco pétalos desiguales. La corola puede tener colores muy variados: blanco, violeta, rosa, amarillo o purpura, en dependencia de la variedad de que se trate. La fecundación es cruzada.

El fruto es una legumbre conocida comúnmente como vaina, es de forma alargada y puede alcanzar desde seis hasta 22 cm de largo. Después que se produce la fecundación, el color de la vaina es verde hasta la maduración, o también puede tornarse amarillenta, violácea o jaspeada. La vaina contiene un número variable de semillas generalmente varía entre tres y nueve, aunque lo normal es de cinco a siete semillas por vaina.

Las semillas son generalmente reniformes, aunque también pueden ser oblongas u ovaladas, lo que está en dependencia de la relación entre el largo y el ancho, el color puede ser uniforme o jaspeado.

1.1.5 Fases fenológicas del cultivo del frijol.

Muñoz *et al.* (2007), señalan que el desarrollo del cultivo del frijol tiene dos fases: la vegetativa y la reproductiva. La primera abarca desde la germinación de la semilla hasta el comienzo de la floración y la segunda se extiende desde la floración hasta la madurez de cosecha.

El ciclo biológico del frijol cambia según el genotipo y los factores del clima; durante el desarrollo de la planta se presentan cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para identificar las etapas de desarrollo del cultivo (Polania *et al.*, 2012).

El cultivo del frijol se distribuye en diez etapas (Figura 1), para desarrollo vegetativo están: Germinación (V0), Emergencia (V1), Hojas primarias (V2), primera hoja trifoliada (V4); y en desarrollo reproductivo: Prefloración (R5), Floración (R6), Formación de vainas (R7), Llenado de vainas (R8), y Maduración (R9).

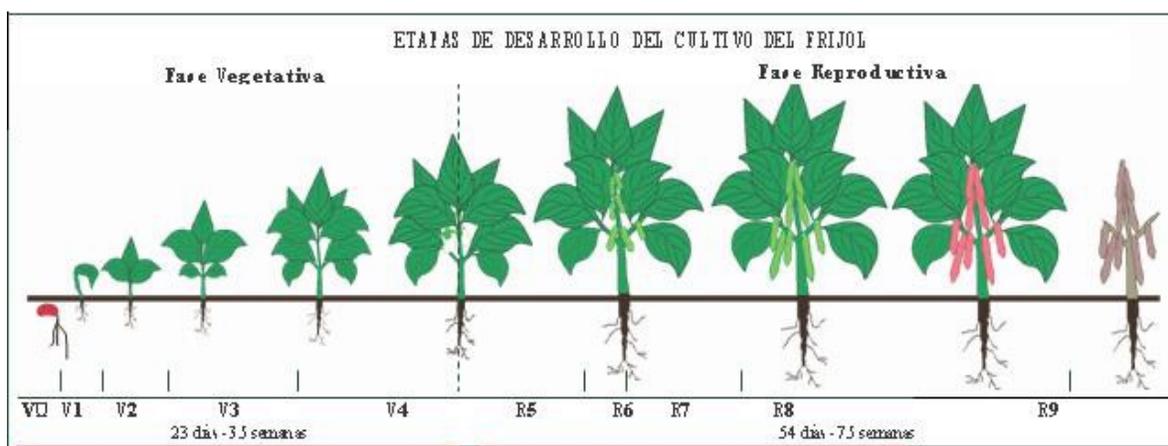


Figura 1: Etapas del desarrollo del frijol. Fuente: Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura [IICA] (2009).

La duración de las etapas está afectada por factores que incluyen el genotipo (cuyas características, hábitos de crecimiento y precocidad pueden variar), y el clima. Mena *et al.* (2015), informan que existen otros factores tales como las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros, que causan variación en la duración de las etapas.

La fase vegetativa se inicia cuando se le brinda a la semilla las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta.

La fase reproductiva se encuentra entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábitos de

crecimiento indeterminado continúa la aparición de estructuras vegetativas cuando termina la fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas (Cruz *et al.*, 2009).

1.1.6 Requerimientos edafoclimáticos.

El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias o moderadamente pesadas, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, la poca aireación y acumulación de agua.

El cultivo se adapta a una gran diversidad de suelos, sin embargo, para obtener los mejores resultados se recomiendan suelos con pH que oscile entre 6,5 y 7,5, condición que favorece la mayor disponibilidad de elementos nutritivos del suelo (Escoto, 2011).

El agua es indispensable para el desarrollo del cultivo y para su rendimiento. Hay líneas y variedades que muestran buena tolerancia a deficiencias hídricas, dando rendimientos aceptables en esas condiciones, tolerancia que puede estar basada en la mayor capacidad de extracción de agua de capas profundas del suelo (Cabrera y Reyes, 2008).

Según Hernández (2009), requiere entre 300 y 400 mm de agua según la duración del ciclo vegetativo del cultivo y las características del clima. Las plantas consumen la mayor cantidad de agua en las etapas de floración y llenado de vainas, en estas etapas son más sensibles al déficit hídrico afectándose seriamente los rendimientos. El exceso de humedad hace escasear el nitrógeno disminuyendo el desarrollo de la planta, y favorece el ataque de gran número de patógenos que causan enfermedades. A su vez, requiere de un período seco o de poca precipitación al final del ciclo del cultivo, para favorecer el proceso de maduración y cosecha.

La temperatura mínima para el frijol es de 18 °C y la máxima de 28 °C, la planta crece bien en temperaturas promedios de 15 a 27 °C, pero hay un gran rango de tolerancia entre variedades diferentes (Padilla *et al.*, 2011). El ciclo vegetativo se alarga conforme se reduce la temperatura, y los valores altos de esta variable aceleran los procesos fisiológicos del cultivo. Temperaturas extremas provocan el vaneo, al afectar la

viabilidad del polen, aborto de las flores y vainas, y reducción del tamaño de la semilla. En Cuba se considera esta causa como una limitante de la producción en verano (Cabrera, 2011).

El frijol es un cultivo de día corto; por tanto, la floración se ve favorecida por fotoperiodos inferiores a doce horas con largos períodos de oscuridad, lo cual se manifiesta en Cuba a partir del mes de octubre (Treviño y Rosa, 2013).

1.2 Los bioestimulantes en la agricultura.

Los bioestimulantes son una variedad de productos que contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, logrando aumentar su desarrollo y mejorar la productividad en la calidad del fruto, a la vez que contribuyen a mejorar la resistencia de las especies vegetales ante diversas enfermedades (Díaz *et al.*, 2000).

Se incluye bajo este término, a una serie de productos de diversos orígenes, en cuanto a las materias primas que se utilizan para elaborarlos, al proceso de elaboración, a su composición, a la forma y periodicidad de aplicación y a su dosificación. El elemento más distintivo que diferencia a estos productos son los principios activos a los que se atribuye su acción benéfica.

En este marco se encuentra la quitosana, compuesto derivado por desacetilación de la quitina procedente del exoesqueleto de los crustáceos cuyas propiedades garantizan una efectividad económica y práctica superior a otros agentes tradicionales, ya que no produce contaminantes, es biocompatible con tejidos de plantas, 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 (Cabrera, 1999).

1.2.1 Quitosana. Su influencia en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas.

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

al., 2012) (Figura 2). Su principal fuente de obtención es la quitina que se extrae del exoesqueleto de los crustáceos (No y Meyers, 1995). Ambos polímeros, pero fundamentalmente la quitosana, tienen grandes aplicaciones en diversas ramas como la industria, la medicina, la cosmética, la protección del medio ambiente y la agricultura, por lo que la producción mundial de estos polímeros es de millones de toneladas (Prashanth y Tharanathan, 2007).

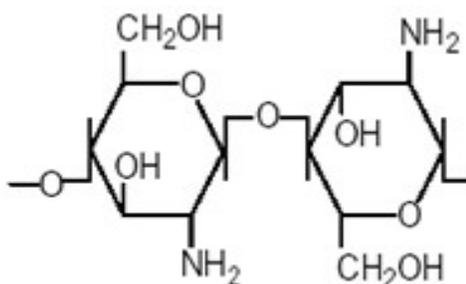


Figura 2. Estructura monomérica y enlaces que conforma el polímero de quitosana.

En la producción agrícola, la quitosana pueden tener una amplia aplicación a partir de las potencialidades biológicas que se le han demostrado a estos compuestos como son: una importante actividad antimicrobiana sobre el crecimiento y desarrollo de hongos, bacterias y oomycetes (Roller y Covill, 1999; Bautista-Baños *et al.*, 2006; Palma-Guerrero *et al.*, 2009), la inducción de resistencia en plantas contra patógenos potenciales (Fry *et al.*, 1993; Lee *et al.*, 1999a) y la promoción del crecimiento y desarrollo de varios cultivos (Ohta, *et al.*, 2004; Bautista-Baños *et al.*, 2006; Ramos-García, *et al.*, 2009).

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

Así la utilización de la quitosana mediante imbibición o recubrimiento de las semillas, determinaron un incremento de la germinación de cultivos como maíz y trigo (Reddy, *et al.*, 1999; Shao, *et al.*, 2005), lográndose mayor calidad y vigor en las posturas. (Zhou, *et al.*, 2002) en aplicaciones al cultivo del maní reportaron aumentos tanto en la

germinación como en la actividad de la enzima lipasa y los niveles de AG y AIA. El tratamiento de semillas de girasol causó a su vez mayor germinación y un aumento en la masa total de brotes (Cho, No y Prinyawiwatkul, 2008).

Tanto la imbibición de semillas como la aplicación foliar de diferentes dosis del producto favorecieron el incremento del crecimiento en diferentes cultivos entre ellos el millo (Sharathchandra, *et al.*, 2004), papa (Kowalski, *et al.*, 2006; Torres, 2011), tabaco, tomate y lechuga (Falcón, 2009; Batista, 2013; Díaz, 2013; Pérez, 2013); en cultivos como arroz (Boonlertnirun *et al.*, 2008) y algodón (Dzung, 2004) favoreció además el incremento de la altura y el rendimiento de las plantas.

Aplicaciones exógenas de la quitosana permiten acortar el período de floración y mejorar la floración y fructificación (Utsunomiya, *et al.*, 1998; Ohta, *et al.*, 2004, Falcón, 2012 a); incluso se han demostrado incrementos de los rendimientos y en la calidad de varios cultivos (Hadwiger, 1989; Freepons, 1990).

Se ha logrado en plantas de lechuga tratadas un incremento del 50 % en la superficie foliar (Chibu y Shibayama, 2001). Aplicaciones foliares en el cultivo de fresas aumentó la cantidad de hojas así como el peso fresco y seco de las mismas, y el rendimiento en número y masa de los frutos (Mawgoud, *et al.*, 2010). Se reportaron incrementos en el rendimiento y la calidad de minitubérculos en papa, así como en la producción del tabaco y el tomate (Falcón, 2012 b).

Algunos autores plantean que la influencia benéfica sobre el crecimiento está relacionado con un efecto antitranspirante en la planta inducido por el cierre de los estomas (Lee, *et al.*, 1999b). De acuerdo a un estudio realizado en plantas de pimiento aplicadas con quitosana se logró una reducción en el consumo del agua por las plantas entre un 26 y 46 %, por disminución de las pérdidas de agua a través de los estomas debido a un cierre estomático provocado por la quitosana (Iriti, *et al.*, 2009). También en plantas de soya y maíz se encontraron variaciones en la actividad fotosintética, la conductancia estomática, la transpiración y el CO₂ intercelular (Khan, Prithiviraj y Smith, 2002).

En general, en dependencia del órgano de la planta que se trate se han obtenido los resultados benéficos antes mencionados cuando se hacen tratamientos a las semillas,

a las raíces de las plantas o por aspersión foliar en los momentos adecuados para cada cultivo (Freepons, 1990; Walker, *et al.*, 2004; Cho, No y Prinyawiwatkul, 2008).

1.2.2 Los Oligogalacturónidos y su aplicación para el beneficio de los cultivos.

Los Oligogalacturónidos consisten en una cadena lineal de moléculas de ácido galacturónico unida por enlaces α -1-4. El número de restos de D-galacturonatos que contiene el oligosacárido define su grado de polimerización (Ridley *et al.*, 2001) (Figura 3).

Se localizan en la porción péctica que constituye la pared celular de las plantas y en condiciones naturales se liberan de la pectina mediante hidrólisis enzimática por acción de la planta o como resultado del ataque de patógenos (Esquerré *et al.*, 2000).

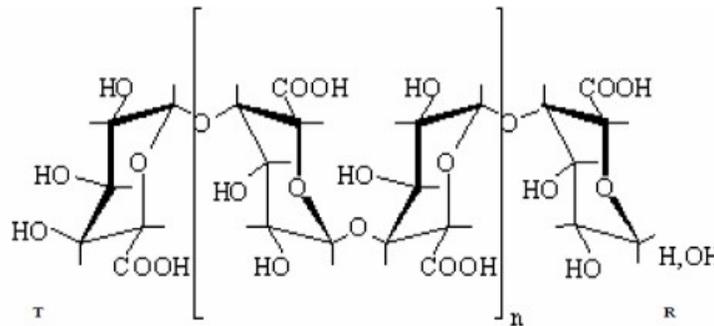


Figura 3. Estructura general de los oligogalacturónidos. T: Extremo terminal, R: Extremo reductor, Grado de polimerización = $2n+2$.

Los oligogalacturónidos intervienen en la respuesta defensiva de las plantas (Suárez *et al.* 2012), regulan diferentes procesos de crecimiento y desarrollo tales como: la inhibición de la rizogénesis inducidos por auxina (Bellincampi *et al.*, 2000), estimulan la formación de flores y la morfogénesis de los explantes, así como la rápida modificación de la polarización de la membrana, el flujo de iones y de proteínas de fosforilación (Marfa *et al.*, 2008). Sin embargo, los mecanismos por los cuales las células de las plantas perciben y responden ante la presencia de los OGs no se ha determinado. Algunos autores los consideran como reguladores no tradicionales del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Dentro de las oligosacarinas endógenas o derivadas de paredes celulares de plantas, los oligogalacturónidos u oligopectatos han sido los más ampliamente estudiados, en cuanto a su efecto en el crecimiento y el desarrollo vegetal (Falcón *et al.*, 2015).

Resultados obtenidos con una mezcla de oligopectatos, comercialmente conocida como PectiMorf (Pm), incluida en el medio de cultivo *in vitro* de diferentes especies, con determinado balance fitohormonal, indican un efecto auxínico basado en la estimulación del enraizamiento, el incremento de brotes y del crecimiento vegetativo (Plana, 2003; Cid *et al.*, 2006; Nieves, 2013).

La tabla 1 muestra algunos de los beneficios que brindan estas sustancias al desarrollo y la productividad de los cultivos.

Tabla 1. Efecto de los oligogalacturónidos (oligopectanos) sobre el crecimiento, desarrollo, rendimientos y calidad poscosecha de diferentes cultivos.

Cultivo	Efecto observado en diferentes tipos de aplicaciones	Referencia
Caña, banano	La sustitución de hormonas por Pectimorf (Pm) en cultivo <i>in vitro</i> incrementa el número de brotes, el enraizamiento y beneficia el proceso de aclimatización posterior de las vitroplantas.	Izquierdo <i>et al.</i> (2009) Ochoa <i>et al.</i> (2011)
Uva de mesa	La aspersión foliar de una mezcla de oligogalacturónidos en racimos de uvas previo a la maduración causa el incremento de la coloración y del contenido de antocianinas en la fruta.	Benítez <i>et al.</i> (2008)
Palma Areca	La doble aspersión foliar de la mezcla Pm (2 mg.L ⁻¹) aumenta el crecimiento y reduce el tiempo de aviveramiento de plantas de areca.	Álvarez <i>et al.</i> (2011)
Lechuga y rábano	La aspersión foliar de la mezcla Pm aumenta la masa aérea en lechuga y la longitud radical y masa aérea y radical del rábano.	Spiro <i>et al.</i> (2002) Terry <i>et al.</i> (2011)
Tomate	La imbibición de semillas con Pm y su combinación con micorrizas aumenta el enraizamiento de las plántulas. La aspersión foliar aumenta el crecimiento e incrementa los rendimientos del cultivo.	Spiro <i>et al.</i> (2002) Falcón <i>et al.</i> (2005)

A su vez, las aplicaciones exógenas en plantas, con oligogalacturónidos a escala de casas de cultivo y de campo, han demostrado influencias de estas oligosacarinas que favorecen el crecimiento y los rendimientos de especies de importancia económica dentro de las familias Solanáceae, Cucurbitáceae, Poáceae y Fabáceae, entre otras (Azís *et al.*, 2003; Cartaya *et al.*, 2011; Corbera y Nápoles, 2013; Nieves, 2013; Nuñez *et al.*, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del experimento.

La investigación se realizó en el período comprendido entre octubre de 2016 y enero de 2017, en la finca “Los Cobos” perteneciente a la CCS “Juan Gualberto Gómez” en el municipio Limonar, provincia Matanzas. Esta se localiza en los 22°56'78" N y 81°25'95" W, a dos kilómetros del Consejo Popular Limonar. Limita al norte con la Carretera Central, al oeste con la finca Las Caobas, al sur y este con otras áreas agrícolas de la CSS.

Se seleccionó un área experimental de 0,3 ha con suelo Ferralítico Rojo según clasificación genética de Hernández *et al.* (1999) donde se estableció un diseño de bloque al azar, con tres tratamientos y tres réplicas, constituido por parcelas experimentales de 0,09 ha. El marco de siembra empleado fue de 0,50 x 0,10 m, estableciéndose 10 surcos por parcela. Para la delimitación de las mismas, se tomaron puntos con el empleo de un GPS convencional, que permitió la georreferenciación y cálculo del área, así como la representación de estas con el empleo de un Sistema de Información Geográfica (Chinea *et al.*, 2012) (Figura 4).

Se emplearon semillas comerciales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad BAT-304. Las principales características del cultivo se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Características de la variedad de frijol negro BAT 304.

Variedad	Floración	Madurez Fisiológica	Madurez Cosecha	Hábito de crecimiento	Longitud del tallo principal (cm)	Masa de 100 semillas (g)	Rendimiento potencial (t.ha ⁻¹)
	DDS						
BAT 304	38	68	75	III*	138,0	21,0	2,84

* Indeterminado postrado. Fuente: MINAG (2000).



Figura 4. Localización del área experimental.

Se evaluaron los siguientes tratamientos:

- T1: Control. Sin aplicación de productos.
- T2: Aspersión foliar de $150 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de PectiMorf®.
- T3: Aspersión foliar de $200 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de QuitoMax®.

La aplicación de los bioestimulantes se realizó mediante aspersión foliar con mochila Matabí de 16 litros de capacidad, humedeciendo todas las plantas de forma homogénea. Las aplicaciones se realizaron a los 30 y 50 días después de la siembra (DDS).

Para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, se empleó un sistema de riego por aspersión. Las labores culturales y fitosanitarias se realizaron según los Instructivos Técnicos para el cultivo del frijol (MINAG, 2000).

2.2. Características de los bioestimulantes empleados.

El producto QuitoMax® es un polímero de quitosana (Q-88) obtenido mediante desacetilación básica (NaOH) de la quitina de langosta cubana (Falcón *et al.*, 2015). Se

caracteriza por presentar una masa molecular de $1,35 \times 10^5$ g.mol⁻¹ y un grado de N-acetilación del 12 %; se emplearon concentraciones de 4 g.l⁻¹.

El PectiMorf® se desarrolló a través de una metodología propia (Cabrera, 2003) con la obtención de una mezcla de oligogalacturónidos activos biológicamente en plantas, a partir de pectina cítrica comercial. Este se caracteriza por presentar entre 55 y 61 % de ácido galacturónico y una concentración de ingrediente activo de 0,75 g.l⁻¹.

2.3. Determinación de las variables de crecimiento.

Se realizaron evaluaciones en diferentes momentos del ciclo biológico del cultivo, determinándose cada vez en 10 plantas por parcela (30 plantas por tratamiento) las siguientes variables:

- Altura de la planta (cm). Se utilizó una cinta métrica para medir la longitud desde la superficie del suelo hasta la yema terminal.
- Número de hojas por planta.

2.4 Determinación del rendimiento y sus componentes.

La cosecha se realizó cuando las plantas alcanzaron su período de madurez fisiológica, cuando el follaje cambió de color verde a amarillo. En este momento se realizaron en 30 plantas por tratamiento tomadas al azar las siguientes evaluaciones:

- Número de vainas por planta.
- Número de granos por vaina.
- Número de granos por planta.
- Masa fresca de 100 granos (g).
- Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹).

2.5 Análisis estadístico.

Los datos se procesaron utilizando el programa STATGRAPHICS Plus 5.1, mediante ANOVA de clasificación simple y las medias se compararán por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan a una $p \leq 0,05$; estimando el error estándar de las medias en los casos que se analice la dinámica del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto de los biostimuladores QuitoMax® y PectiMorf® en el crecimiento y desarrollo fisiológico del cultivo del frijol.

El análisis del crecimiento en las plantas permite evaluar los cambios que ocurren durante el proceso de desarrollo del cultivo, estimar la eficiencia de la planta en cada uno de sus órganos y evaluar respuestas frente a cambios en el ambiente donde estos se desarrollan (Zamora, 2014).

La tabla 3 muestra la altura alcanzada por las plantas en diferentes momentos del ciclo biológico del cultivo. Solo se observaron diferencias significativas en esta variable a los 50 DDS, donde las plantas tratadas con el bioestimulante QuitoMax®, presentaron un mayor crecimiento. La aplicación de PectiMorf® aunque es superior al control no presentó marcadas diferencias en los resultados. Al final del ciclo del cultivo todos los tratamientos mostraron una respuesta similar.

Tabla 3. Altura de la planta en diferentes momentos del ciclo biológico del cultivo (cm). Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

Tratamientos	30 DDS	40 DDS	50 DDS	60 DDS	70 DDS	80 DDS
T1	27,53	36,77	47,77 b	49,40	44,37	43,77
T2	27,16	38,03	48,17 b	45,83	45,43	44,83
T3	26,33	38,46	52,87 a	48,33	43,43	42,76
ES	3,38	5,42	7,28	8,12	6,85	5,74

Los resultados obtenidos difieren de los informados por Morales *et al.* (2016; 2017), quienes observaron incrementos significativos en la longitud de los tallos de plantas tratadas con QuitoMax®, de 200 y 300 mg.ha⁻¹ a los 20 y 50 días del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

También Sheikh y Malki (2011), encontraron resultados favorables en el crecimiento expresado mediante la longitud de los tallos y raíces, sus masas frescas y secas, la superficie foliar y los contenidos de clorofila en este cultivo.

Se coincide con los reportados por Rodríguez *et al.* (2017), quienes no encontraron diferencias en esta variable con la aplicación de diferentes dosis QuitoMax® en el cultivo del arroz. Resultados similares fueron obtenidos en Tailandia (Boonlertnirun *et al.* 2007), con la aplicación de quitosanas de diferentes masas moleculares.

La aplicación exógena de oligosacarinas interviene en el crecimiento y desarrollo de los tejidos de las plantas, estas evidencias han sido obtenidas fundamentalmente con oligosacáridos derivados de los polímeros de la pared celular de plantas y también con derivados de quitina y quitosana (Falcón *et al.*, 2005; Cid *et al.*, 2006).

Se atribuyen estos efectos positivos a la capacidad que tiene las oligosacarinas de actuar como elicitores naturales o catalizadores que inducen la producción de proteínas como la quitinasa, que activa mecanismos de defensa en las plantas, redoblando la protección de estas contra patógenos y el estrés del medio, manteniendo su estabilidad. Kirn (1999), además reportó que la quitosana incrementa la capacidad de absorción de nutrientes del suelo lo cual contribuye a su exitoso crecimiento y desarrollo. El polímero a su vez, una fuente adicional de nitrógeno y otros elementos para las plantas tratadas, por contener alrededor del 6,8 % de todos los minerales presentes en los exoesqueletos de los crustáceos.

Varias investigaciones informan el papel estimulador de las quitosanas en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Kham *et al.*, 2002; Katiyar *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2016). Mahdavi (2013) reportó la efectividad de concentraciones de 0,2 y 0,5 % del producto, aplicadas a semillas de spaghul (*Plantago ovata* Forsk), en el aumento de la longitud y la masa seca de raíces y tallos. También Mondal *et al.* (2013), informa una influencia positiva con la aplicación foliar de bajas concentraciones, en la altura del cultivo de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilzeck).

Por otra parte, Nápoles *et al.* (2016) evidenciaron un mejor comportamiento en la altura de plantas de habichuelas tratadas con PectiMorf®, lo cual apoya la hipótesis de que

este producto puede ser utilizado para generar cambios fisiológicos en las plantas teniendo en cuenta esta y otras variables (González *et al.*, 2014).

También, Cartaya *et al.* (2016; 2017) con la aplicación de una mezcla de oligogalacturónidos en plantas de tomate observaron una tendencia al incremento de la altura de las plantas donde se aplicó la menor dosis del producto.

El efecto de este producto bioestimulador sobre la variable altura de las plantas ha sido informado en los cultivos *Anthurium*, soya y sorgo. En este sentido, trabajos realizados con oligogalacturónidos (Álvarez *et al.*, 2011; Ayala *et al.*, 2013) refieren que el significativo crecimiento de los cultivos tratados con Pectimorf®, responde a que, por una parte influye en la activación de la división celular y la elongación de las paredes celulares (González *et al.*, 2012; Izquierdo *et al.*, 2014) y por otra, son oligosacáridos solubles producidos por la degradación parcial de los polímeros constituyentes de la pared celular, activos biológicamente a muy bajas concentraciones, lo cual caracteriza a este grupo de biomoléculas como una nueva jerarquía hormonal en el contexto de la comunicación entre las plantas y el medio ambiente.

La aplicación de PectiMorf®, provoca un efecto auxínico basado en la estimulación del enraizamiento, el incremento de brotes y del crecimiento vegetativo lo cual ha sido comprobado con la inclusión del producto en el medio de cultivo *in vitro* de diferentes especies, con determinado balance fitohormonal, beneficiando también el proceso de aclimatación de las vitroplantas (Plana, 2003; Izquierdo *et al.*, 2009; Ochoa *et al.*, 2011; Nieves, 2013).

La dinámica que sigue el número de hojas activas (Figura 5), muestra diferencias significativas ($p \leq 0,05$) a los 50 y 70 DDS. En todos los casos se destaca un incremento del follaje hasta alcanzar los valores máximos a los 50 DDS, con un mejor comportamiento del T2 y T3, y que difieren significativamente del T1. Las plantas tratadas con QuitoMax® mostraron una disminución acelerada del área foliar; lo cual puede atribuirse al adelanto de la formación y llenado de vainas en este tratamiento, con una mayor traslocación de asimilados desde las hojas, lo que provocó un adelanto en la etapa de senescencia del cultivo.

Estos valores son similares a los alcanzados por Herrera *et al.* (2007) y Lugo (2013), en variedades silvestres y domesticadas de frijol cuando realizaron aplicaciones foliares de quitosana.

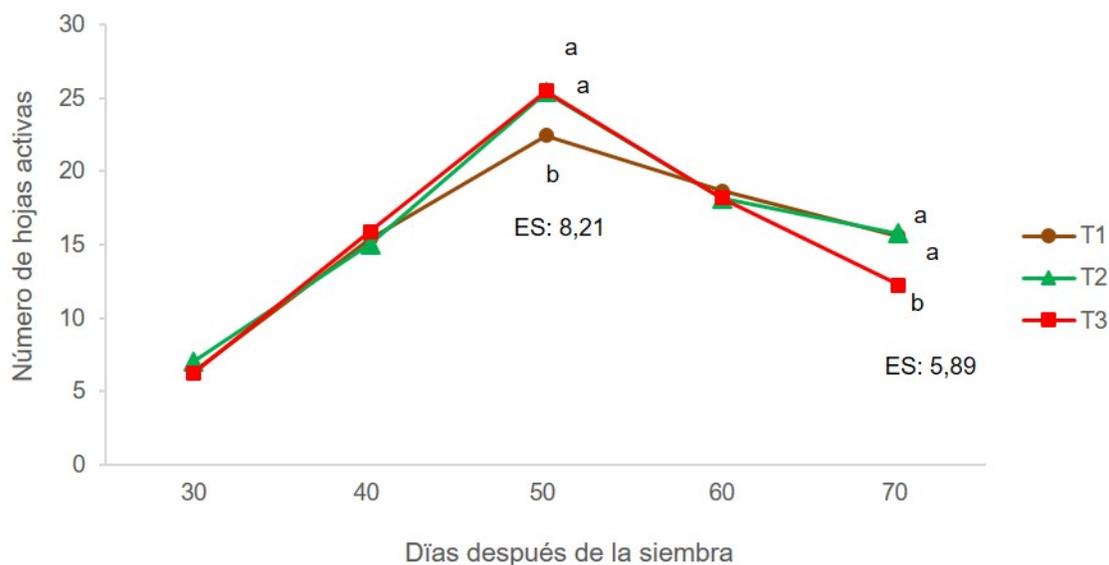


Figura 5. Dinámica del número de hojas activas por planta durante el ciclo del cultivo. T1: Control sin aplicación, T2: Aspersión foliar de 150 mg.ha⁻¹ de PectiMorf®, T3: Aspersión foliar de 200 mg.ha⁻¹ de QuitoMax®. Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$ en análisis realizado a cada muestreo.

Los incrementos en el desarrollo foliar con el empleo de estos bioestimulantes, han sido observados en solanáceas y leguminosas (Corbera y Nápoles, 2013), destacándose en los resultados que las mejores respuestas se manifestaron con el empleo de dosis similares a las aplicadas en esta investigación; coincidiendo con lo encontrado en plantas jóvenes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), tratadas con dosis bajas de quitosana en la imbibición de las semillas (González *et al.*, 2014).

Los resultados coinciden con Álvarez *et al.*, (2011) quienes plantean que las oligosacarinas pueden modificar la morfología de varias hortalizas de importancia económica.

En plantas de lechuga tratadas con quitosana se lograron incrementos de hasta un 50 % de la superficie foliar (Chibu y Shibayama, 2001). A su vez, se ha demostrado la influencia positiva del polímero en el incremento del área foliar de cultivos como la fresa (Abdel *et al.*, 2010), lechuga (Batista, 2013), tomate (Pérez, 2013), papa (Morales *et al.*, 2015) y otros (Dzung, 2010).

Jiménez *et al.* (2006) al evaluar el efecto del polímero sobre el crecimiento de plantas *in vitro* de papa en la fase de enraizamiento, encontraron un efecto positivo sobre las variables número de hojas, con una concentración de 0,1 g.l⁻¹. A su vez, Torres (2011) informa un aumento considerable del número de hojas en el cultivo de la papa con dosis de hasta 300 mg.ha⁻¹.

Algunos autores plantean que la influencia benéfica de las quitosanas sobre el crecimiento está relacionada con un efecto antitranspirante en la planta inducido por el cierre de los estomas (Lee, *et al.*, 1999b). De acuerdo a un estudio realizado en plantas de pimiento tratadas con quitosana se logró una reducción en el consumo del agua por las plantas entre un 26 y 46 %, por disminución de las pérdidas de agua a través de los estomas debido a un cierre estomático provocado por la quitosana (Iriti, *et al.*, 2009).

Los incrementos en el desarrollo foliar y del crecimiento de la planta con la aplicación del Pectimorf®, han sido observados en solanáceas y leguminosas, así como de los rendimientos en soya y frijoles (Álvarez *et al.* 2011; Corbera y Nápoles, 2013). Igualmente, se ha demostrado un efecto positivo en la activación del crecimiento en plantas ornamentales de crecimiento lento como la Areca, el Anturium y las orquídeas, mediante la aspersion foliar del producto en diferentes concentraciones y momentos de aplicación (Suárez, 2007; Hernández, 2012).

El resultado en el desarrollo foliar que se aprecia con la aplicación del Pectimorf®, puede atribuirse a que este producto fue capaz de provocar el balance hormonal endógeno adecuado, para inducir el incremento del proceso de división celular de las yemas que originan las hojas (Nápoles *et al.*, 2016). Se considera que estas sustancias pudieran llevar información y ser portadores de mensajes químicos, que desencadenan procesos fisiológicos de división celular, ya que ellos promueven en las células vegetales la síntesis de importantes sustancias que actúan en estos procesos. Los

oligogalacturónidos están implicados en numerosas respuestas del crecimiento y desarrollo celular, entre los que se encuentran el alargamiento celular inducido por auxinas y la diferenciación celular, entre otros (Revista Colombiana de Biotecnología, 2013).

Estos biorreguladores son efectivos en los procesos morfogénéticos como sustitutos o complemento de las auxinas y citoquininas. Son conocidas, las potencialidades del Pectimorf® como enraizador (Pérez *et al.*, 2013), pudiendo contribuir también al mayor desarrollo foliar, si se tiene en cuenta que la mezcla estimula la formación de raíces desde estadios tempranos del cultivo con la posibilidad de garantizar, un suministro eficiente de agua y sales minerales y, por tanto, un mayor éxito en el desarrollo de la planta (Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical [INIFAT], 2011).

Álvarez y Reynaldo (2015) apreciaron un incremento en el índice estomático de las hojas de frijol asperjadas con PectiMorf®, lo cual pudiera favorecer la capacidad fotosintética de la planta ejerciendo su efecto en los patrones de desarrollo estomáticos.

Las hojas tienen un componente crítico en la planta, para la inducción del crecimiento vegetativo, la floración y fructificación. A nivel experimental se ha demostrado que el índice de área foliar se relacionan estrechamente con el rendimiento del frijol (Acosta-Gallegos y Adams, 1991; Acosta *et al.*, 2008). Gran parte del peso seco acumulado por las plantas (90 %) se deriva de la fijación y asimilación de CO₂, mediante el proceso de fotosíntesis; por lo que el número de hojas y su estructura, son factores que pueden favorecer la actividad fotosintética (Rodríguez, 2011).

Esta respuesta mostrada por el número de hojas resulta interesante, por cuanto una mayor cantidad de hojas debe representar una superficie foliar superior y, por tanto, una posible capacidad fotosintética más alta, lo que pudiera traducirse en más materia seca acumulada y quizás en un incremento del rendimiento en granos (Morales *et al.*, 2016).

3.2 Análisis del rendimiento del cultivo en la cosecha.

Al analizar el comportamiento del número de vainas por planta en la cosecha (Figura 6), cabe destacar que en todos los casos las plantas muestran una alta productividad, pero se observa una diferencia estadísticamente significativa entre las plantas tratadas y el control. La respuesta mostrada por esta variable resulta de gran importancia, pues definen el rendimiento del cultivo.

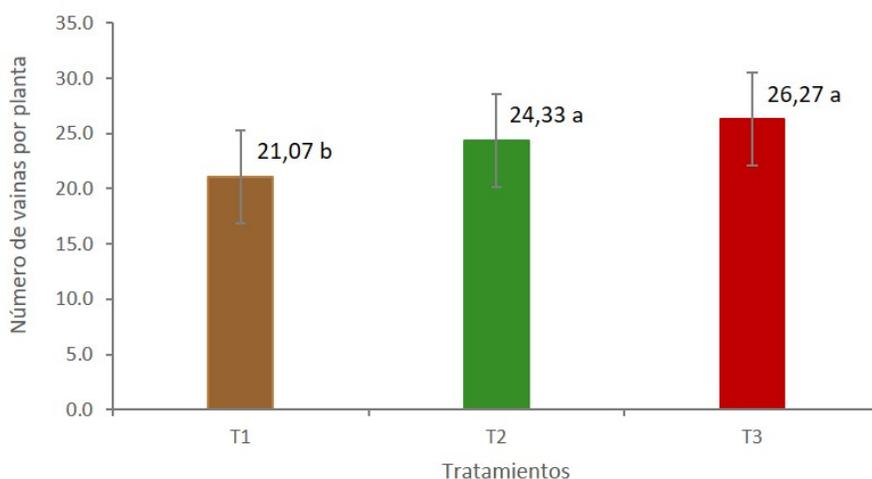


Figura 6. Número de vainas por planta en la cosecha. T1: Control sin aplicación, T2: Aspersión foliar de 150 mg.ha⁻¹ de PectiMorf®, T3: Aspersión foliar de 200 mg.ha⁻¹ de QuitoMax®. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

Se coincide con los resultados aportados por Morales *et al.* (2016), quienes plantean que la aplicación de los bioestimulantes muestra determinados beneficios cuando son aplicados en el período de crecimiento (20-25 días posteriores a la siembra), resultado que se potencia con la segunda aplicación.

Nápoles *et al.* (2016) obtuvieron un incremento en el número de vainas, y el crecimiento y desarrollo de estas en el cultivo de la habichuela (*Vigna unguiculata* L.) con aplicaciones de PectiMorf®.

Respuestas similares en cuanto al incremento del número de vainas por planta y granos por vaina fueron encontradas al evaluar el efecto de la aplicación de Biobras-16

en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Rosabal *et al.*, 2013), así como al evaluar el efecto de la 24 epibrasinólida (Rady *et al.*, 2011) en el crecimiento, el rendimiento, los sistemas antioxidantes y los contenidos de cadmio en plantas de frijol en condiciones salinas y de estrés por cadmio.

Simbaña (2011) plantea que al aplicar bioestimulantes que presentan aminoácidos como parte de su estructura, puede producirse un efecto hormonal, ya que al ingresar los aminoácidos a las plantas estimulan la formación de clorofila, ácido indolacético (AIA), la producción de vitaminas y la síntesis de numerosos sistemas enzimáticos. La acción combinada de los efectos tróficos y hormonales, suelen traducirse en estímulos sobre la floración y el cuajado de los frutos, entre otros.

Espasa (2007) reporta que los aminoácidos libres no solo constituyen un nutriente, sino que son un factor regulador del crecimiento debido a su rápida absorción, traslación por las partes aéreas y metabolización en la célula. Tienen poder catalizador pues actúan en los mecanismos enzimáticos fundamentales, son transportadores de los microelementos y mejoran la formación de los frutos.

La figura 7 muestra el comportamiento del número de granos por vaina y por planta. La primera variable (A) no presenta diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, todos alcanzaron un promedio de seis granos por vainas. Sin embargo, se observaron marcadas diferencias en la segunda variable (B) donde todos los tratamientos difieren significativamente entre sí. Los mejores valores se obtuvieron con la aplicación foliar de 200 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®].

Los resultados resultan superiores a los alcanzados por Alguerrebere (2011), García (2012), González (2013) y Leonard (2015) en experimentos realizados con aplicaciones de diferentes biofertilizantes (Ecomic, Trichoderma y Microorganismos Eficientes) en el cultivo del frijol.

En tal sentido Falcón *et al.* (2005) lograron con aspersiones foliares del producto QuitoMax[®] el acortamiento y mejoramiento del período de floración y fructificación en los cultivos de arroz, tomate y frijol.

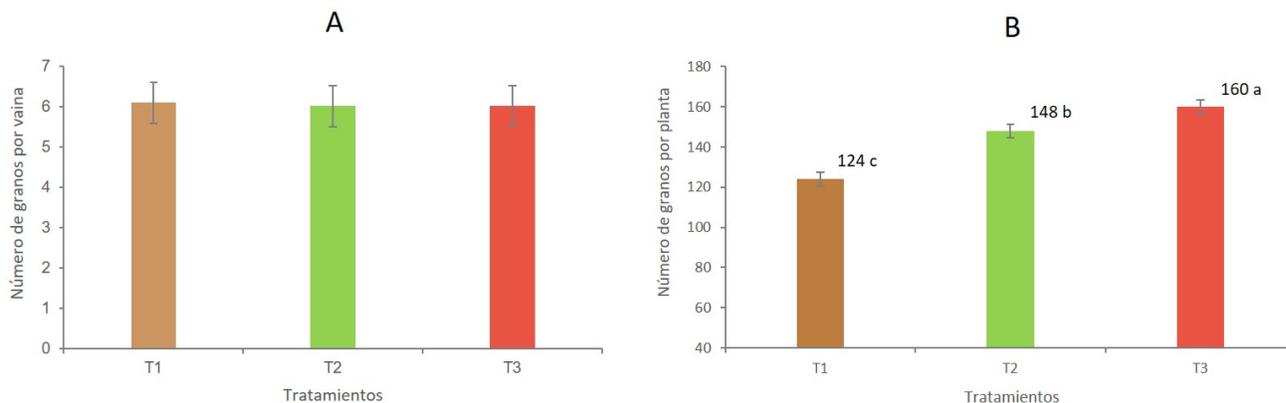


Figura 7. Número de granos por vaina (A) y por planta (B) en la cosecha. T1: Control sin aplicación, T2: Aspersión foliar de 150 mg.ha⁻¹ de PectiMorf®, T3: Aspersión foliar de 200 mg.ha⁻¹ de QuitoMax®. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

En la figura 8 puede observarse que el peso fresco de 100 granos (g). Los mayores valores se encontraron en las plantas que recibieron la aplicación de QuitoMax® y PectiMorf®, poniéndose de manifiesto que la aplicación de los productos tiene un efecto mejorador de las condiciones fisiológicas del cultivo, logrando una mayor movilización de reservas a las legumbres, incidiendo positivamente en los rendimientos.

Los resultados coinciden con los obtenidos por Lugo (2013) y Morales *et al.* (2016) con la aplicación de quitosana en diferentes dosis en la variedad de frijol CC-25-9.

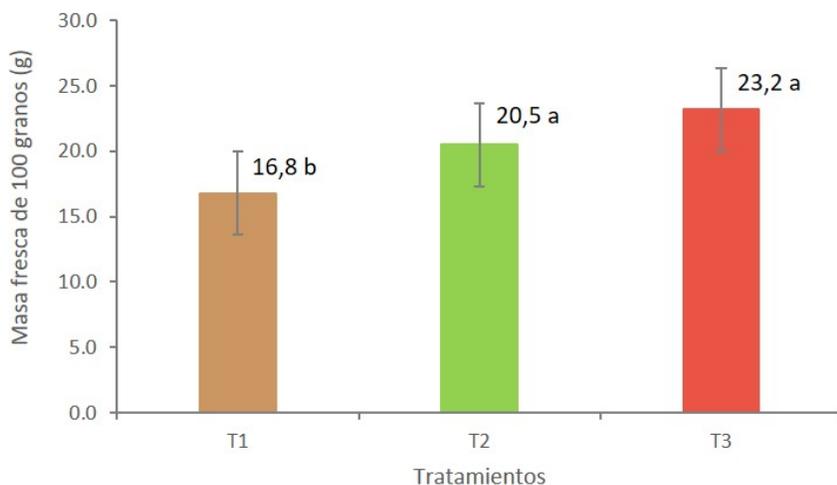


Figura 8. Masa fresca de 100 granos (g) en la cosecha. T1: Control sin aplicación, T2: Aspersión foliar de 150 mg.ha⁻¹ de PectiMorf®, T3: Aspersión foliar de 200 mg.ha⁻¹ de QuitoMax®. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

El efecto estimulador de la quitosana aplicada sobre este componente del rendimiento, asociado a igual efecto sobre la síntesis y acumulación de biomasa y del crecimiento, hace que las plantas que recibieron el tratamiento estén en mejores condiciones de sintetizar, acumular y traslocar mayor cantidad de fotoasimilatos desde las hojas a los sitios de consumo.

Los rendimientos de un cultivo dependen en gran parte de su eficiencia en la fotosíntesis y de las interconversiones posteriores de los productos fotosintéticos, según Blum (1997); la obtención de una mayor masa en los granos de las plantas tratadas, sugiere que los productos inducen una mayor eficiencia en el proceso fotosintético.

Por su parte, el rendimiento alcanzado en los diferentes tratamientos (Figura 9) es el reflejo de la respuesta de los componentes evaluados, resaltando aquellos que recibieron la aplicación de los bioestimulantes, lo cual coincide con los resultados expuestos por Morales *et al.* (2017).

Esta variable presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. El T3 resultó significativamente superior con 2,33 t.ha⁻¹, seguido del T2 con 1,94 t.ha⁻¹. El T1 presentó los valores más bajos con 1,32 t.ha⁻¹. Todos los tratamientos presentan alta productividad si se comparan con los rendimientos medios alcanzados por el cultivo en el país (Pérez *et al.*, 2017), lo cual está dado por una eficiente atención fitotécnica y un régimen hídrico adecuado al cultivo, mediante la actividad de riego. Debe significarse que la aplicación de QuitoMax[®] produjo un incremento cercano al rendimiento potencial de esta variedad (2,84 t.ha⁻¹) reportado por el MINAG (2000) en el país.

Incrementos en el rendimiento de los cultivos estimulados por la aplicación de quitosana han sido informados en el cultivo del tomate (Pérez, 2013), papa (Morales *et al.*, 2015; Jerez *et al.*, 2017), soya (Costales *et al.*, 2017) así como en el rendimiento y sus componentes en el cultivo del arroz (Rodríguez *et al.*, 2017), los que concuerdan con los informados cuando se evaluó el efecto de aplicaciones foliares de quitosanas en cowpea (*Vigna unguiculata*) (Farouk y Amany, 2012).

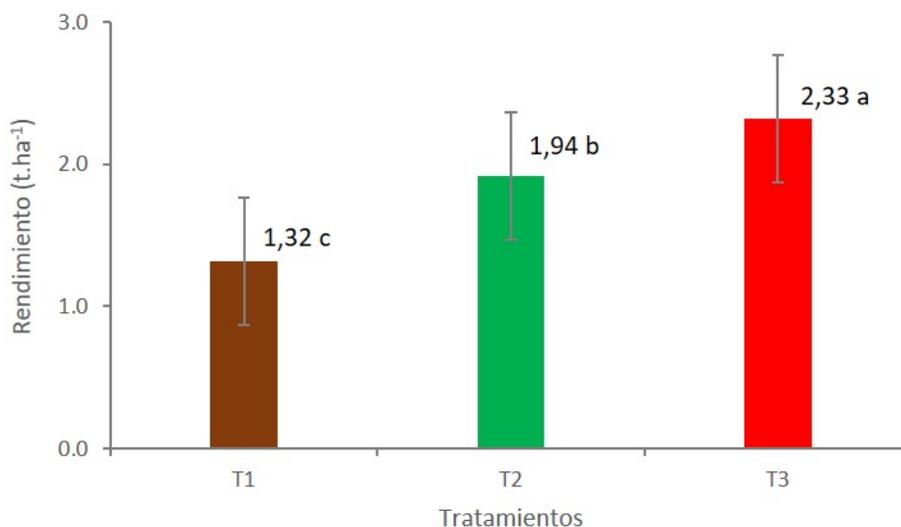


Figura 9. Rendimiento estimado del cultivo (t.ha⁻¹) en la cosecha. T1: Control sin aplicación, T2: Aspersión foliar de 150 mg.ha⁻¹ de PectiMorf[®], T3: Aspersión foliar de 200 mg.ha⁻¹ de QuitoMax[®]. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Duncan para $p \leq 0,05$.

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

Dell Amico *et al.* (2017), reportaron un efecto favorable en el rendimiento y sus componentes en plantas de frijol, en condiciones de déficit hídrico con la aplicación de PectiMorf[®] en igual dosis a la utilizada en esta investigación.

Terry *et al.* (2014) encontraron que la aplicación de PectiMorf[®] ejerce un efecto positivo en el rendimiento del cultivo del rábano (*Raphanus sativus* L.). También Martín *et al.* (2017), encontraron un incremento en el rendimiento del cultivo de la papa con la aspersión foliar este producto, evidenciado en el número y dimensión de tubérculos comerciales.

Según Cervantes (2007), los bioestimuladores del crecimiento son capaces de incrementar el desarrollo, la producción y el crecimiento de los vegetales. Son fitorreguladores que contienen fracciones metabólicas activas, así como micronutrientes indispensables en la activación de enzimas. Este tipo de compuestos, bioquímicamente balanceados, brindan la posibilidad de actuar sobre los rendimientos de los cultivos, ya que el rendimiento es el resultado final de todos los procesos del desarrollo de las plantas.

Además, Guerrero (2006) refiere que los bioestimulantes en su formulación contienen aminoácidos libres de bajo peso molecular que son transportados y absorbidos rápidamente por la planta, y son aprovechados en la síntesis de proteínas, ahorrando gran cantidad de energía, que se concentra en el incremento de la producción. También actúan incrementando determinadas expresiones metabólicas y/o fisiológicas de las plantas, tales como el desarrollo de raíces y frutos, incremento de la fotosíntesis y reducción de daños causados por stress (biótico y abiótico), eliminando así las limitaciones del crecimiento y el rendimiento. De igual manera potencian la defensa natural de las plantas, así como la síntesis biológica de hormonas como: auxinas, giberelinas y citoquininas. Todos estos beneficios influyen directamente en el incremento de los rendimientos como expresión final del ciclo de los cultivos.

CONCLUSIONES

- El cultivo del frijol respondió favorablemente a la aplicación foliar de los bioestimulantes lográndose incrementos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, con un impacto significativo del producto QuitoMax® en variables como altura, número de hojas activas, número de vainas y granos por planta.
- La aplicación foliar de 200 mg.ha⁻¹ de QuitoMax® a los 30 y 50 días después de la siembra, mostró una mejor respuesta productiva de las plantas con el incremento de 1,0 t.ha⁻¹ en el rendimiento del cultivo.

RECOMENDACIONES

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

BIBLIOGRAFÍA

1. Abdel, M. A. M. R.; Tantawy, A. S.; El-Nemr, M. A. y Sassine, Y. N. 2010. Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *European Journal of Scientific Research*, 39 (1): 161-168.
2. Acosta-Gallegos, J. A. y Adams, M. W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. *J. Agric. Sci.* 117: 213-219.
3. Acosta, E., Acosta-Gallegos, J.A., Amador, M.D. y Padilla, J.S. 2008. Relación entre índice de área foliar y rendimiento en frijol bajo condiciones de secano. *Agricultura Técnica en México*, 34 (1): 13-20.
4. Alguerreberere, A. 2011. Influencia de la aplicación de abonos orgánicos en el crecimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad CC-25-9 negro. Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
5. Álvarez, B. I., Reynaldo, E. I., Cartaya, R. O. y Teheran, Z. 2011. Efectos de una mezcla de oligogalacturónidos en la morfología de hortalizas de importancia económica. *Cultivos Tropicales*, 32 (3): 52-57.
6. Álvarez, C. N. 2014. Comportamiento agroproductivo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes frecuencias de aplicación del VIUSID agro. Santi Spiritu. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad Agropecuaria. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez".
7. Álvarez, I. y Reynaldo, I. 2015. Efecto del Pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 36 (3): 82-87.
8. Arredondo, A. 2005. Influencia de los productos biactivos BB-16, el humus de lombriz líquido en el cultivo del fríjol variedad Guamá 23. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Cuba.

9. Ayala, P.J., Tornés, N., Reynaldo, Inés M. 2013. Efecto de biofertilizantes y Pectimorf en la producción de soya (*Glycine max* L.) en condiciones de secano. *Granma Ciencia*, 17 (2): 6-8.
10. Aziz, A., Heyraud, A. y Lambert, B. 2003. Oligogalacturonide signal transduction, induction of defense related responses and protection of grapevine against *Botrytis cinerea*. *Planta*, 218 (5): 767- 774.
11. Batista, Lizandra. 2013. Evaluación de tres dosis de quitosana en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Lital en condiciones de organopónico semitapado en el municipio de Matanzas. Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
12. Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A. N., Velázquez-del Valle, M. G., Hernández-López, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E. y Wilson, C. L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, 25: 108-118.
13. Bellincampi, D., Dipierro, N., Salvi, G., Cervone, F. y Lorenzo, G.D. 2000. Extracellular H₂O₂ Induced by Oligogalacturonides Is Not Involved in the Inhibition of the Auxin-Regulated rol B Gene Expression in Tobacco Leaf Explants. *Plant Physiology*, 122 (4): 1379-1386.
14. Blum. A. 1997. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: BELHASSN (Ed.). Drought tolerance in higher plant: genetical, physiological, and molecular biological analysis. Dordreeht: Kluwer Academic, USA. p. 57–70.
15. Boonlertnirun, S., Boonraung, C., y Suvanasa, R. 2008. Application of chitosan in rice production. *J. Metals Mat. Min.*, 18: 47-52.
16. Boonlertnirun, S., Sarobol, E.D., Meechoui, S. y Sooksathan, I. 2007. Drought recovery and grain yield potential of rice after chitosan application. *Kasetsart Journal: Natural Science*, 41: 1-6.
17. Cabral A.M. 2006. La mejora del frijol en México. Normatividad Agropecuaria. Academia Mexicana de Ciencias. 25 p.

18. Cabrera, C.A. y Reyes, C.H. 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol. Programa de granos básicos. CENTA. El Salvador. 23 p.
19. Cabrera, J.C. 2003. Procedimiento de obtención de unamezclade oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal. Patente cubana No. 22859/2003.
20. Cabrera, J. 1999. Obtención oligogalacturónidos bioactivos a partir de su producto de la Industria citrícola .La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Químicas .INCA. UNAH.
21. Cabrera, M. 2011. Comportamiento de algunas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones edafoclimáticas adversas. V Encuentro Internacional de Arroz. Palacio de las Convenciones, La Habana.
22. Cartaya, O.E., Reynaldo, I., Peniche, C. y Garrido, M. L. 2011. Empleo de polímeros naturales como alternativa para la remediación de suelos contaminados por metales pesados. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 27(1): 41-46.
23. Cartaya, O., Guridi, F., Cabrera, A., Moreno, Ana M. y Hernández, Yenisei. 2017. Efecto de la aplicación foliar de oligogalacturónidos a plántulas de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en la fitoextracción de cobre de suelo contaminado. *Cultivos Tropicales*, 38 (3): 142-147.
24. Cartaya, O.E., Moreno, Ana M., Hernández, Yenisei, Cabrera, J.A. y Guridi, F. 2016. Efectos de la aplicación de una mezcla de oligogalacturónidos sobre un suelo contaminado cultivado con plántulas de tomate. *Cultivos Tropicales*, 37 (4): 160-167.
25. Cervantes, M. 2007. Abonos orgánicos. [en línea]. Disponible en: <http://www.suelovivo.cl/documentos/abonosorganicos.pdf>. [consulta: 9 de abril, 2018].
26. Chibu, H., Shibayama, H. y Arima, S. 2002. Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Japanese J. of Crop Sci.*, 71: 206-211.
27. Chibu, H. y Shibayama, H. 2001. Effects of chitosan application on the growth of several crops. In: Urugami, T., Kirita, K., Fukamiso, T. (eds.). Chitin Chitosan in Life Science, Tokyo, Japan: Kodansha Scientific LTD, p. 235-239.

28. China, A., Ruiz, J., Rodríguez, Lilibeth, Torres, Lillidrey, Scull, Bárbara y Rodríguez, M.A. 2012. Impacto económico del trazado y medición de áreas con GPS en la UEB Juan Ávila. Memorias del XVIII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas. Mayabeque. Cuba. CD. ISBN: 978-959-7023-89-0.
29. Cho, M.H., No, H.K. y Prinyawiwatkul, W. 2008. Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. *J. Food Sci.*, 73: 70-77.
30. Cid, M., González, O. J. L., Lezcano, Y. y Nieves, N. 2006. Influencia del Pectimorf sobre la calidad de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum* spp). *Cultivos Tropicales*, 27 (1): 31–34.
31. Corbera, G. J. y Nápoles, G. M. C. 2013. Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii* hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27. *Cultivos Tropicales*, 34 (2): 5-11.
32. Costales, Daimy, Nápoles, María C., Falcón, A.B., González, G., Ferreira, A. y Rossi, A. 2017. Influencia de quitosanas en la nodulación y el crecimiento vegetativo de soya (*Glycine max* L. Merrill). *Cultivos Tropicales*, 38 (1): 138-146.
33. Coveca. 2011. Monografía del Frijol. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. [en línea]. Disponible en: <http://ww.oeidrus-veracruz.gobmx>. [consulta: 9 de abril, 2016].
34. Cronquist, A. 1988. The Evolution and Classification of Flowering Plants. 53 p.
35. Cruz, B. J., Camarena, M. F., Baudoin, J. P., Huaranga, J. A. y Blas, S. R. 2009. Evaluación agromorfológica y caracterización molecular de la ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.). *Idesia (Arica)*, 27(1): 29-40.
36. Dell' Amico, J., Morales, D., Jerez, E., Rodríguez, P., Álvarez, Idioleydis, Martín, R. y Días, Y. 2017. Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de PectiMorf[®] en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 38 (3): 129-134.

37. Díaz, C.L., Spaink, H.P. y Kijne, J.W. 2000. Heterologous rhizobial lipochitin oligosaccharides and chitin oligómeros induce cortical cell divisions in red clover roots, transformed with the pea lectin gene. *Mol. Plant-Microbe Interact.*, 13: 2.
38. Díaz, Y. 2013. Evaluación de tres dosis de quitosana en la respuesta productiva del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) variedad Criollo 98. Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
39. Dzung, N.A. 2004. Study on effect of chitosan oligomer on the growth and development of some short term crops in Dak Nong province. Final report of projet of Science & Technology Department of Dak Nong (Vietnamese).
40. Dzung, N. 2010. Enhancing Crop Production with Chitosan and Its Derivatives. [en línea]. Disponible en: <http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/EBK1439816035-c42>. [Consulta:5 de diciembre, 2016].
41. Escoto, N.D. 2011. El cultivo del frijol. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Tegucigalpa, Honduras. 36p.
42. Espasa, R. 2007. La fertilización foliar con aminoácidos. [en línea]. Disponible en: <http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revista/pdfhort/hort1983123335.pdf>. [Consulta:15 de febrero, 2018].
43. Esquerré, T. M. T.; Boudart, G. y Dumas, B. 2000. Cell wall degrading enzymes, inhibitory proteins, and oligosaccharides participate in the molecular dialogue between plants and pathogens. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38 (1): 157-163.
44. Expósito, R. y García, N. 2011. Comportamiento productivo de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Cooperativa de Créditos y Servicios "José Manuel Rodríguez" del Municipio Jesús Menéndez. *Revista académica de economía*. ISSN 1696-8352.
45. Falcón, A. B.; Cabrera, J.C.; Reinaldo, I. M. y Núñez, M. N. 2005. Desarrollo de activadores de las plantas de amplio espectro de acción. Informe Final del PNCT 00100191, CITMA.

46. Falcón, A.B., Costales, D., González-Peña, D. y Nápoles, M.C. 2015. Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, 36 (especial): 111-129.
47. Falcón, A.B., Gordon, Trudy A., Costales, Daimy y Martínez, M.A. 2012. Respuesta enzimática y de crecimiento en una variedad comercial de tabaco (*Nicotiana tabacum*, L.) tratada por aspersión foliar de un polímero de quitosana. *Cultivos Tropicales*, 33 (1): 65-70.
48. Falcón, A.B. 2009. Evaluación de oligosacarinas naturales de quitosana en la estimulación del crecimiento, la nodulación y la protección de cultivos de interés económico. Informe Final del PNCT 00300277. CITMA.
49. Falcón, A. B. 2012 a. Actividad enraizadora de una mezcla de oligogalacturónidos en pecíolo de violeta africana. *Cultivos Tropicales*, 28 (2): 87–90.
50. Falcón, A.B. 2012 b. Compuestos de quitosana como activadores del metabolismo, el crecimiento y la resistencia contra el estrés biótico en cultivos de interés económico. Informe Final de PNCT 00300330. CITMA.
51. FAO. 2008. Base de datos estadísticos. [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org>. [Consulta: 5 de diciembre, 2009].
52. Farouk, S. y Amany, A. R. 2012. Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress. *Egyptian Journal of Biology*, 14 (1): 14-16.
53. Faure, B., Benítez, R., León, N., Chaveco, O. y Rodríguez, O. 2013. Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Editora Agroecológica, Artemisa, Cuba. 35 p.
54. Financiera Rural. 2011. Monografía del Frijol. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. México. [en línea]. Disponible en: www.monografía.com. [consulta: 9 de abril, 2016].
55. Fonseca, F. R., Molinet, S. D., Arias, R. F., Agüero, F. Y. & Torres, V. M. 2013. Efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares (cepa *Glomus fasciculatum*) y la

- materia orgánica en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Granma Ciencia, 2: 17.
56. Freepons, D. 1990. Plant growth regulators derived from chitin. United State Patent 4964894.
57. Fry, S.C., Aldington, S., Hetherington, P.R. y Aitken, J. 1993. Oligosaccharides as signals and substrates in the plant cell wall. *Plant Physiol*, 103: 1-5.
58. García C.M. y Espinosa A.A. 2012. Efecto de la sequía en el rendimiento del cultivo del frijol. [en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com>. [Consulta:5 de diciembre, 2016].
59. García, P. 2012. Evaluación de la aplicación de biopreparados a base de microorganismos nativos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
60. Germán, M. y Orozco, J. 2014. Bioestimulación arysta lifescience. Mensaje hacia la productividad. En: XXVI Congreso Latinoamericano de la Papa-ALAP. Mar del Plata. ISBN 978-987-45615-0-3.
61. González, L.A. 2013. Efecto de la aplicación de micorrizas y biopreparado a partir de microorganismos nativos en el crecimiento del cultivo frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad BAT 304. Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
62. González, L., Vázquez, A., Lara P., Acosta, A., Scriven, Sarah A., Herbert, R., Cabrera, J.C., Francis, D. y Rogers, Hilary J. 2012. Oligosaccharins and Pectimorf® stimulate root elongation and shorten the cell cycle in higher plants. *Plant Growth Regulation*, 68 (2): 211-221.
63. González, P.D., Costales, D. y Falcón, A.B. 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.
64. Guerrero. CH. A. H. 2006. Efecto de tres bioestimulantes comerciales en el crecimiento de los tallos de proteas, (*Leucadendron* sp. cv. Safari Sunset). [en línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec>. [Consulta:5 de diciembre, 2016].

65. Hadwiger, L.A. 1989. Method for treating cereal crop seed with chitosan to enhance yield, root growth and stem strength. Canadian Patent.
66. Hernández, A., Pérez, J., Ascanio, O., Ortega, F., Avila, L., Cárdenas, A., Marrero, A. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Agroinform. La Habana. 64 p.
67. Hernández, L. 2012. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo del cultivo de *Anthurium andreanum*. *Cultivos tropicales*, 28 (4): 83-86.
68. Hernández, J.C. 2009. Manual de recomendaciones técnicas del cultivo del frijol. INTA, San José, Costa Rica. 79 p.
69. Herrera, M., Pena, C., Aguirre, R., Trejo, C. y López, A.L. 2007. Estudio comparativo de intercambio gaseoso y parámetros fotosintéticos de dos tipos de hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris*. L.) silvestre y domesticado, Universidad de Oriente Press. *Revista Científica UDO Agrícola*, 7(1): 49–52.
70. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical [INIFAT]. 2011. Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. Séptima Edición. Cuba. 208 p.
71. Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura [IICA]. 2009. Guía técnica para el cultivo del frijol. Santa Lucía, Nicaragua. 28 p.
72. Iriti, M., Picchi, V., Rossoni, M., Gomarasca, S., Ludwig, N., Garganoand, M. y Faoro, F. 2009. Chitosan antitranspirat activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. *Env. Exp. Bot*, 66: 493-500.
73. Izquierdo, H., González, María C., Núñez y Miriam de la C. 2014. Genetic stability of micropropagated banana plants (*Musa spp.*) with non-traditional growth regulators. *Biotecnología Aplicada*, 31 (1): 23-27.
74. Izquierdo, H., Núñez, M., González, M. C., Proenza, R. y Cabrera, J. C. 2009. Influencia de un oligogalacturónido en la aclimatización de vitroplantas de banano (*Musa spp.*) del clon FHIA-18 (AAAB). *Cultivos Tropicales*, 30 (1): 00-00.

75. Jerez, E., Martín, R., Morales, D. y Reynaldo, Inés. 2017. Efecto de oligosacarinas en el comportamiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Romano. *Cultivos Tropicales*, 38 (1): 68-74.
76. Jimenez, J. P., Brenes, A., Fajardo, D., Salas, A. y Spooner, D. M. 2006. The use and limits of AFLP data in the taxonomy of polyploid wild potato species in *Solanum* series *Conicibaccata*. *Conservation Genetics*. [en línea]. Disponible en: www.sprinkler.com/conten/7800731155106225. [Consulta: 15 de febrero, 2018].
77. Katiyar, D., Hemantaranjan, A., Singh, B. y Nishant, B. A. 2014. A Future Perspective in Crop Protection: Chitosan and its Oligosaccharides. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 1 (1): 1-8.
78. Katiyar, D., Hemantaranjan, A. y Singh, B. 2015. Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20 (1): 1-9.
79. Khan, W., Prithviraj, B. y Smith, D.L. 2002. Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. *Photosynthetica*, 40: 621-624.
80. Kirn, D. 1999. Dalwoo-Chitosan Corporation, Chitin, chitosan and chitosan bloomer: preparation of chitin and chitosan. [en línea]. Disponible en: <http://www.members.tripod.com/-Dalwoo>. [Consulta: 15 de mayo, 2017].
81. Kowalski, B., Jimenez Terry, F., Herrera, L. y Agramonte-Peñalver, D. 2006. Application of soluble chitosan in vitro and in greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers. *Potato Res.*, 49: 167-176.
82. Lee, S., Choi, H., Suh, S., Doo, I.S., Oh, K.Y., Choi, E.J., Schroeder-Taylor, A.T., Low, P.S. y Lee, Y. 1999a. Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing the evolution of reactive oxygen species from guard cells of tomato and *Commelina communis*. *Plant Physiol.*, 121: 147-152.
83. Lee, S., Choi, H., Suh, S., Doo, I.S., Oh, K.Y., Jeong, E., Schroe, A.T., Low, S. y Lee, Y. 1999b. Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by

- inducing of reactive oxygen species from guard cells of tomato and *Commelina communis*. *Plant Physiology*, 121: 147-152.
84. Leonard, E. 2015. Respuesta agroproductiva del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) a la aplicación de productos biológicos. Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
85. Lugo, L. 2013. Efecto del QuitoMax en la respuesta productiva del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L). Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
86. Mahdavi, B. 2013. Seed germination and growth responses of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) to chitosan and salinity. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5 (1): 1084-1088.
87. Marfà, V., Gollin, D.J., Eberhard, S., Mohnen, D. y Albersheim, P. 2008. Oligogalacturonides are able to induce flowers to form on tobacco explants. *The Plant Journal*, 1 (2): 217-225.
88. Martínez, L., Bernsten, R. y Zamora, M. 2004. Estrategias de Mercado para el frijol Centroamericano. *Agronomía Mesoamericana*, 2 (15):121-130.
89. Martínez, L., Reyes, Yanelis, Falcón, A., Nápoles, María C. y Núñez, Miriam de la C. 2016. Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas. *Cultivos Tropicales*, 37 (3): 165-171.
90. Martín, R., Jerez, E., Morales, D. y Reynaldo, Inés. 2017. Empleo de PectiMorf[®] para estimular la tuberización en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 38 (3): 72-76.
91. Mawgoud, A.M.R.A., Tantawy, A.S., El-Nemr, M.A. y Sassine, Y.N. 2010. Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *Eur. J. of Scie. Research*, 39: 161-168.
92. Mena, E., Leiva, M., Dilhara, U., Edirisinghage, K., García, L., Veitía, N., Bermúdez, I., Collado, R. y Cárdenas, R. 2015. Efecto del estrés salino en la germinación y el crecimiento temprano de *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 36 (3): 71-74.

93. MINAG, 2000. Guía técnica para el cultivo del frijol en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. 37 p.
94. Mondal, M.; Malek, M.; Puteh, A. y Ismail, M. 2013. Foliar application of chitosan on growth and yield attributes of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Bangladesh Journal of Botany*, 42 (1): 12-18.
95. Morales, D., Dell Amico, J., Jeréz, E.I., Díaz, Y. y Martín, R. 2016. Efecto del QuitoMax[®] en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37 (1): 142-147.
96. Morales, D., Dell' Amico, J., Jerez, E., Rodríguez, P., Álvarez, Idioleydis, Díaz, Y. y Martín R. 2017. Efecto del QuitoMax[®] en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. I. Crecimiento y rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 38 (2): 119-128.
97. Morales, D.; Torres, L.; Jerez, E.; Falcón, A. y Dell' Amico, J. 2015. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) *Cultivos Tropicales*, 36 (3): 133-143.
98. Mosquera, Y., Marín L. R., Parets E. y Díaz, M. R. 2005. Caracterización de variedades de frijol común de grano rojo para el desarrollo de una agricultura sostenible. *Centro Agrícola*, 32 (2): 00-00.
99. Muhamba, G. y Nchimbi, S. 2010. Diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes in iron and zinc contents under greenhouse conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (8): 738-747.
100. Muñoz, C., Allen, G., Westermann, T, Wright, J.L. y Sing, S.P. 2007. Water use efficiency among dry beans landraces and cultivars in drought stressed and non stressed environments. *Euphytica*, 155: 393-402.
101. Nápoles, S., Garza, Taymi e Reynaldo, Inés M. 2016. Respuesta del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.) var. Lina a diferentes formas de aplicación del PectiMorf[®]. *Cultivos Tropicales*, 37 (3): 172-177.

102. Nieves, N. 2013. Evaluación del Pectimorf como complemento del 2,4-D en el proceso de embriogénesis somática de caña de azúcar (*Saccharum sp.*). *Cultivos Tropicales*, 27 (1): 25–30.
103. No, H. K. y Meyers, S. P. 1995. Preparation and characterization of chitin and chitosan – a review. *J. Aquatic Food Product Tech.*, 4: 27-52.
104. Núñez, M., Reyes, Y., Rosabal, L. y Martínez, L. 2014. Análogos espiroestánicos de brasinoesteroides y sus potencialidades de uso en la agricultura. *Cultivos Tropicales*. 35 (2): 34-42.
105. Ochoa, V. M., Vargas, A. I., Islas, M. A., González, A. G. y Martínez, T. M. Á. 2011. Pectin-derived oligosaccharides increase color and anthocyanin content in Flame Seedless grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (10): 1928-1930.
106. ONEI. 2017 a. Anuario estadístico de Cuba 2016. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. 32 p.
107. ONEI. 2017 b. Sector agropecuario. Indicadores seleccionados. Enero - septiembre de 2017. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. 13 p.
108. Ohta, K., Morishita, S., Suda, K., Kobayashi, N. y Hosoki, T. 2004. Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 73: 66-68.
109. Padilla, S., Osuma, S., Martínez, M.A. y Acosta, A. 2011. Rendimiento de grano frijol bajo temporal y riego en dos fechas de siembra. XI simposio Internacional y VI Congreso Nacional Agricultura Sostenible. San Luis Potosí.
110. Palma-Guerrero, J., Huang, I. C., Jansson, H. B., Salinas, J., Lopez-Llorca, L. V. y Read, N. D. 2009. Chitosan permeabilizes the plasma membrane and kills cells of *Neurospora crassa* in an energy dependent manner. *Fungal Gen. Biol.*, 46: 585-594.

111. Paneque, P., León, P. y González, Nosleidy. 2005. Reducción del costo energético utilizando labranza cero en el cultivo del frijol. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14 (1): 33-36.
112. Peña, K., Rodríguez, J.C. y Santana, M. 2015. Comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente Productive behavior. *Revista Avances*, 17 (4): 327-337.5.
113. Pérez, J.C., Torres, A., Patterson, A.B. e Infante, G. 2017. Evaluación agroproductiva de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la CCS Reytel Jorge del municipio Jesús Menéndez. *Revista digital de Medio Ambiente "Ojeando la agenda"*, p. 36-53.
114. Pérez, R., Aranguren, M., Luzbet, R., Reynaldo, Inés M. y Rodríguez, Jenny. 2013. Aportes a la producción intensiva de plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.) a partir de esquejes en los viveros comerciales. *CitriFrut*, 30 (2): 11-16.
115. Pérez, C. 2013. Efecto de diferentes dosis de aplicación del producto Quitomax en la respuesta productiva del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
116. Plana, D. 2003. Actividad biológica del Pectimorf en la morfogénesis *in vitro* del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) var. Amalia. *Cultivos Tropicales*, 24 (1): 29-33.
117. Prashanth, K. V. H. y Tharanathan, R. N. 2007. Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential-an overview. *Trends in Food Science & Tech.*, 18: 117-131.
118. Polania, J.A., Rao, I.M., Mejía, S., Beebe, S.E. y Cajiao, C. 2012. Características morfofisiológicas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) relacionadas con la adaptación a sequía. *Acta Agron*, 61 (3): 197-206.
119. Rady, M. M. 2011. Effect of 24-epibrassinolide on growth, yield, antioxidant system and cadmium content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants under salinity and cadmium stress. *Scientia Horticulturae*, 129 (2): 232-237.

120. Ramos-García, M., Ortega-Centeno, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Alía-Tejagal, I., Bosquez-Molina, E. y Bautista-Baños, S. 2009. Response of gladiolus (*Gladiolus spp*) plants after exposure corms to chitosan and hot water treatments. *Scientia Horticulturae*, 121: 480-484.
121. Ramos, L. R., Montenegro, T. y Pereira, N. 2011. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12 (4): 195–215.
122. Reddy, M.V., Arul, J., Angers, P. y Couture, L. 1999. Chitosan treatment of wheat seeds induces resistanceto *Fusarium graminearun* and improves seed quality. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 1208-1216.
123. Revista Colombiana de Biotecnología. 2013. Oligogalacturónidos. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 15 (1). [en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/> [Consultado: 25 de febrero 2018].
124. Ridley, B. L., O'Neill, M. A. y Mohnen, D. 2001. Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*, 57 (6): 929-967.
125. Rodríguez, Aida T., Ramírez, M.A., Falcón, A., Bautista, S., Ventura, E. y Valle, Yosleidy. 2017. Efecto del QuitoMax[®] en el rendimiento y sus componentes del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5. *Cultivos Tropicales*, 38 (4): 156-159.
126. Rodríguez, L. 2011. Formación del rendimiento en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) y su estimación a partir de diferentes variables. Matanzas. Matanzas. Tesis en opción del título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas.
127. Roller, S., y Covill, N. 1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. *Int. J. Food Microbiol.*, 47: 67-77.
128. Rosabal, A. L., Martínez, G. L., Reyes, G. Y. y Núñez, V. M. 2013. Resultados preliminares del efecto de la aplicación de Biobras-16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 34 (3): 71-75.

129. Rosas, J.C. 2003. Recomendaciones para el manejo Agronómico del cultivo del frijol. Programa de Investigaciones en frijol, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Imprenta LitoCom, Tegucigalpa, Honduras, 33p.
130. Shao, C.X., Hu, J., Song, W.J.y Hu, W.M. 2005. Effects of seed priming with chitosan solutions of different acidity on seed germination and physiological characteristics of maize seedling. *J. Zhejiang Univ. Agric. Life Sci.*, 1: 705-708.
131. Sharathchandra, R.G., Niranjan Raj, S., Shetty, N.P., Amruthesh, K.N. y Shetty, H.S. 2004. A chitosan formulation Elexa TM induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. *Crop Protection*, 23: 881-888.
132. Sheikha, S.A. y Malki, F.M. A. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. *European Journal of Scientific Research*, 50 (1): 124-134.
133. Simbaña, Carla, L. 2011. Estudio de las propiedades físicas y funcionales de un hidrolizado enzimático de proteína a escala piloto y su aplicación como fertilizante. [en línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3762/1/CD-3535.pdf>. [Consultado: 25 de febrero 2018].
134. Suárez, L., Ferrari, S., Savatin, D., Cervone, F. y Hernandez, M. 2012. Estudios moleculares demuestran la eficiencia del Pectimorf, sustancia bioactiva producida en Cuba. Taller de productos bioactivos. INCA. Cuba.
135. Suárez, L. 2007. Efecto que ejercen las aspersiones foliares de una mezcla de oligogalacturónidos (Pectimorf) y la formulación a base de un análogo de brasinoesteroides (Biobras-16) en dos especies de orquídeas (*Cattleya leuddemanniana* y *Guarianthe skinneri*). *Cultivos Tropicales*, 28 (4): 87–91.
136. Terry, A. E., Ruiz, P. J., Tejeda, P.T., Reynaldo, E. I. y Díaz, de A.M.M. 2011. Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos. *Cultivos Tropicales*, 32 (1): 28-37.
137. Torres, LLiddrey. 2011. Efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de la quitosana en la respuesta productiva del cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L.

Variedad Call White. Matanzas. Tesis (presentada en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas). Universidad de Matanzas.

138. Treviño, C y Rosas, R. 2013. El frijol común: factores que merman su producción. *Revista de divulgación científica y tecnología de La Universidad Veracruzana*, 26 (1): 65-71.
139. Ulloa, J.A., Ulloa, P.R., Ramírez, R.J.C. y Ulloa, R.B.E. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3 (8): 5-9.
140. Utsunomiya, N., Kinai, H., Matsui, Y. y Takebayashi, T. 1998. The effects of chitosan oligosaccharides soil conditioner and nitrogen fertilizer on the flowering and fruit growth of purple passion fruit (*Pasiflora edulis* Sims var. *edulis*). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 67: 567-571.
141. Vázquez, P.Y., Peña, P.E., Velásquez, P.F. y Peña, P.E.R. 2014. Fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) bajo diferentes frecuencias de riego en un suelo Fersialítico pardo rojizo típico del norte de Las Tunas. *Innovación Tecnológica*, 20 (1): 23-26.
142. Voysest, V. O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris*L.). Centro Americano de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 195 p.
143. Walker, R., Morris, S., Brown, P. y Gracie, A. 2004. Evaluation of potencial for chitosan to enhance plant defence. In: Report of Rural Industries Research and Development Corporation, Publication No. 4, Project No. RS. 49 p.
144. Zamora, K. 2014. Estudio del crecimiento, potenciales fuente - demanda y formación del rendimiento en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Spunta y su relación con las condiciones climáticas. Matanzas. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.
145. Zhou, Y.G., Yang, Y.D., Qi, Y.G., Zhang, Z.M., Wang, X.J. y Hu, X.J. 2002. Effects of chitosan on some physiological activity in germinating seed of peanut. *J. Peanut Sci.*, 31: 22-25.