

“Bioestimulante de quitosano para el desarrollo y la protección de especies hortícolas”

Unidad principal ejecutora: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)

Otras instituciones que participan: Facultades de Agronomía de la Universidad de Granma (UDG), de la Universidad de Matanzas (UDM) y de la Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba; Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” (IIHLD); Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Ecuador, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), México.

Autor principal: Alejandro Bernardo Falcón Rodríguez (INCA)

Otros autores: INCA: Elein Terry Alfonso, Daimy Costales Menéndez, Dianevis González-Peña*, Josefa Ruiz Padrón, Lisbel Travieso Hernández, Lisbel Martínez Glez, Miriam Núñez Vázquez, Elisa T. Ravelo, Yenisel de la Rosa, Juan H. Hernández, Mislaidys Castillo.

UDG: Luis G. González Gómez y María C. Jiménez Arteaga (UDG),

UNAH: Annarellis Álvarez Pinedo, Marcia B. Moya Fernández y Allianna Machín Suárez

UDM: Lilibeth Rodríguez Izquierdo.

IIHLD: Antonio Casanova Morales, Farah M. González Userralde y Oscar J. Acosta Valdivia

CIBNOR: Luis G. Hernández Montiel

UTC: Juan José Reyes Pérez

* Filiación actual de D. Glez-Peña: Departamento de Química y Bioquímica, Universidad de Lethbridge, Canadá

Colaboradores: 15.

Resumen

Dentro de los proyectos PNCT 00300330 (2009-12) del programa de Biotecnología Agrícola y el Megaproyecto P131LH001160 (2014-2018) del programa de Alimento humano, se realizaron investigaciones por más de una década para el desarrollo de un bioestimulante de quitosano para especies hortícolas de interés económico. Como cultivo modelo se experimentó, principalmente, en el tomate en condiciones controladas, semicontroladas y de campo, evaluando las potencialidades del quitosano en la germinación y el desarrollo de posturas, así como en la activación de resistencia basal inducida contra el patógeno *Phytophthora nicotianae*, causante de la pata prieta en este cultivo. En condiciones de campo se evaluaron diferentes dosis en el desarrollo y la productividad de variedades e híbridos de este cultivo. Los principales resultados y dosis se validaron, en otras especies hortícolas como el pimiento y el pepino, en diferentes localidades del país con resultados satisfactorios, lo que permitió obtener (tomando en cuenta los resultados en otros cultivos no hortícolas) el bioestimulante Quitomax® que fue registrado en el Registro central de fertilizantes de Cuba en 2017 (RFC 010/17). Se propuso una metodología de

aplicación para tomate y pimiento desde el semillero al campo que se validó y extendió en empresas y cooperativas de Granma, Mayabeque y el organopónico de Alamar en La Habana. La investigación permitió la ejecución y defensa de 3 tesis de maestría y 20 trabajos de diploma. La información se divulgó en 15 artículos científicos en revistas con arbitraje, 4 de ellos de impacto, un capítulo de libro en la editorial Intech y se presentaron más de 30 ponencias en no menos de 10 reuniones científicas internacionales. Actualmente, y como resultado del trabajo de validación, extensión y generalización en diferentes provincias, el Quitomax[®] se comercializa con gran éxito y aceptación de los productores a escala nacional.

Problema resuelto, impacto y novedad científico técnica de los resultados

Los resultados demostraron las potencialidades del quitosano en la bioestimulación y bioprotección de cultivos hortícolas de importancia económica. Proponen un nuevo producto inocuo y biodegradable (Quitomax[®]) como alternativa a productos de importación, que promueve el desarrollo, los rendimientos y la protección de especies hortícolas como el tomate, el pepino y el pimiento.

Entre los principales aportes científicos y prácticos están:

- Diseño de un ensayo biológico para demostrar la protección del tomate por quitosano contra patógenos de la raíz y el tallo mediante inducción de resistencia sistémica.
- Demuestra la bioestimulación y bioprotección de posturas de tomate con quitosano, con resultados que contribuyen a dilucidar el modo de acción del quitosano en las plantas.
- Definición de las mejores dosis que aumentan rendimientos en especies hortícolas a escala de plantación.
- Por primera vez en Cuba, se valida y extiende un bioestimulante de quitosano a escala productiva en el cultivo del tomate con resultados tangibles en la elevación de los rendimientos en variedades comerciales.
- Se registra un bioestimulante de quitosano (Quitomax[®]) para especies hortícolas de producción nacional, que sustituye similares de importación, es biodegradable y no tóxico en animales y plantas.
- Tomando en cuenta un aumento del 20% de los rendimientos en cada cultivo, la aplicación del producto, siguiendo la metodología propuesta, permite un importante aporte económico a los productores en el análisis costo-beneficio.

Descripción Corta del Resultado

Descripción Corta del Resultado

Introducción.

Las hortalizas son cultivos de gran demanda a escala mundial, con grandes producciones en algunos de ellos como el tomate, el pepino y los pimientos, por su alta demanda para el consumo fresco y la industria de las conservas. El tomate (*Solanum lycopersicum*, L.), es la hortaliza más extendida y de mayor valor económico en todo el mundo. En Cuba en los últimos años las áreas sembradas apenas sobrepasan las 40 mil hectáreas con una producción de 486000 toneladas a nivel nacional y un rendimiento de unas 12 t ha⁻¹ (ONEI, 2018). La producción cubana de tomate no ocupa grandes aplicaciones de fertilizantes y pesticidas sino que se emplea la aplicación de bioestimulantes debido a que las condiciones económicas del país no permiten la importación de agroquímicos para este cultivo y se utilizan controles biológicos para reducir la incidencia de enfermedades.

En las últimas dos décadas se han desarrollado u obtenido diferentes productos biológicos y de origen natural para la protección y regulación del crecimiento de especies hortícolas (Hernández y Chailloux, 2004, MINAGRI, 2012), sin embargo, las áreas de siembra del mismo aumentan por año y la presencia de estos bioproductos no cubre aún las necesidades. Por lo anterior, el desarrollo de nuevos bioestimulantes que mejoren la eficiencia en estos cultivos, tanto mediante el aumento de los rendimientos como por la protección contra estreses bióticos y abióticos, es tema necesario para los hortícolas en Cuba, tomando en cuenta los reducidos niveles en diversidad y cantidad con que cuenta el país para este tipo de cultivos que aumentan áreas año tras año.

El quitosano es un reconocido bioestimulante agrícola (Du Jardin, 2015, Pichyangkura y Chadchawan, 2015) de origen natural, no tóxico a los cultivos y biodegradable. Es un polímero lineal de glucosamina soluble en ácidos diluidos, lo cual le permite su uso en la agricultura. El quitosano y sus derivados, tienen una amplia aplicación agrícola debido a potencialidades biológicas demostradas, como son, importante actividad antimicrobiana sobre desarrollo de hongos, bacterias y oomycetes, la protección de plantas contra patógenos potenciales y la promoción del crecimiento y desarrollo de muchos cultivos (Falcón et al., 2012; Pichyangkura y Chadchawan, 2015).

El grupo de Productos Bioactivos (GPB) del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en colaboración con grupos de investigación de universidades e instituciones del país se propusieron el diseño y desarrollo de un bioestimulante para especies hortícolas (Quitomax[®]) a base de polímeros de quitosano. En este trabajo se resumen las principales investigaciones y resultados que conllevaron a este propósito.

Determinación del efecto bioestimulante del quitosano en posturas de tomate

En los primeros ensayos en condiciones controladas, se evaluaron disoluciones de quitosano aplicadas a semillas de tomate, variedad Amalia, mediante la imbibición de semillas por 4 y 8 horas. El resultado demostró un aumento de la masa seca en hojas, tallos y raíces respecto al control, en dependencia de las concentraciones de quitosano utilizadas en ambos tiempos, demostrando que podría reducirse el tiempo de la imbibición de las semillas (Martínez et al., 2007). Este resultado se confirmó

en un segundo estudio con una amplitud mayor de concentraciones (entre 0.1 y 10 g L⁻¹) y el mismo tiempo de exposición de las semillas. Los resultados mostraron un aumento de la radícula en la germinación entre 0.1 y 2.5 g L⁻¹ y posteriormente un aumento de la longitud del tallo a 1 g L⁻¹, sin embargo, la masa seca de las plántulas a los 24 días de germinadas (ddg) no fue mejor con los tratamientos respecto al control (**González-Peña et al., 2014**). Por lo anterior, la formulación de quitosano se evaluó en otras variedades y se redujo más el tiempo de exposición de las semillas al producto. Con la imbibición de semillas por 1 hora en el híbrido Hazare 3019 se demostró un efecto bioestimulante respecto al control imbibido en agua, en variables como número de hojas, diámetro del tallo, masa seca y área foliar entre 0.1 y 1 g L⁻¹ en dependencia de la concentración pero, con los mejores resultados de incremento, de hasta el 24% en el área foliar, a los 15 ddg que repercutió en un incremento del 100% de la masa seca aérea de las plántulas a los 30 ddg, con 1 g L⁻¹ de la formulación. Se demostró además que, la aspersión foliar a los 15 ddg de las plántulas cuyas semillas habían sido imbibidas, no mejoraba significativamente la bioestimulación respecto al control, en comparación con la sola imbibición (**Falcón et al., 2015**). Este resultado fue validado y extendido con éxito en organopónicos y áreas de campo de las provincias de Mayabeque, La Habana y Granma (ver avales) utilizando el formulado Quitomax[®]. En uno de los trabajos de validación realizado en la variedad Amalia, los autores de la Universidad de Granma compararon, en un área de producción de posturas del municipio Bayamo, la imbibición de semillas previo a la siembra en 1 g L⁻¹ de Quitomax[®] con la aspersión con Azofert[®] (microorganismos PGPR) y la peletización con Ecomic[®] (hongos micorrizógenos). Se demostró un adelanto de las posturas para el trasplante al lograrse la calidad necesaria a los 22, 25 y 26 días de germinadas respectivamente para cada bioproducto mencionado (Aval, 2015), lo que validó la ventaja del uso del bioestimulante Quitomax[®] mediante el tratamiento de semillas previo a la siembra.

Determinación del efecto bioprotector del quitosano en posturas de tomate en condiciones controladas

Partiendo de resultados previos (ya premiados por el CITMA y la ACC) en los que se demostró la protección del tabaco contra *Phytophthora nicotianae* mediante inducción de resistencia basal (Falcón et al., 2010, 2011), se modificó el bioensayo para estudiar la potencialidad del quitosano para ejercer similar acción en tomate contra dicho patógeno, causante de la pata prieta en este cultivo, lo cual, resulta novedoso a escala internacional y de importancia práctica para la protección de posturas en semilleros contra patógenos fungosos causantes del damping off (González et al., 2013).

La aspersión foliar de diferentes dosis (0.1, 1.0 y 2.5 g L⁻¹) 3 días previo a la incubación con el patógeno vía raíz, causó la reducción de la infección con *P. nicotianae* a la mitad, en un bioensayo planta-patógeno que favorece el proceso de infección. Esta resistencia tiene carácter sistémica si tomamos en cuenta que en el bioensayo se realizó una aspersión foliar y se inoculó el patógeno vía raíz a los 3 días de la aplicación (**Falcón et al., 2015, Glez-Peña et al., 2020**). El análisis de las variables defensivas relacionadas con la resistencia basal, demostró que el aumento

del contenido de fenoles y flavonoides (u otras defensas no determinadas) por encima del control (entre 18 y 36%) antes de la infección con el patógeno, es crucial en la reducción de la infección.

Esto se confirmó al analizar los contenidos de los indicadores mencionados a los 4 días de la infección en las hojas de las plántulas. Los resultados mostraron aumento en los niveles de ambas defensas más allá de lo obtenido previo a la infección, incluso con el control inoculado de hasta un 80% de flavonoides por encima del no inoculado, mientras 0.1 g L⁻¹ de quitosano aumentó en 27% respecto al control inoculado. Por su parte, el contenido de fenoles aumentó al doble con el control inoculado respecto al control no inoculado, mientras el quitosano (0.1 y 1 g L⁻¹) aumentó entre 8 y 10 % respecto al control inoculado y más del doble respecto al no inoculado. Los bajos incrementos de ambas defensas en los tratamientos con quitosano respecto al control inoculado (Falcón et al., 2015, Glez-Peña et al., 2020) demuestran que lo más importante para la protección son los aumentos defensivos que se obtienen previo al proceso infeccioso, los cuáles preparan a la planta en un proceso conocido como “priming” para resistir la posterior agresión de otros patógenos (Walter, 2011).

Esta acción bioprotectora del quitosano en posturas de tomate fue validada con el formulado Quitomax® en la producción de posturas para tomate de cultivo protegido en el Organopónico vivero de Alamar con resultados muy positivos en la reducción de enfermedades fungosas en las posturas que se llevan a las casas de cultivo protegido y que incluyó un mejor resultado de rendimiento en la plantación (ver Aval Alamar, 2019).

Determinación de la dosis-respuesta del Quitomax® a escala de campo en cultivos hortícolas de importancia económica

La investigación se realizó en 3 especies de gran importancia económica nacional: tomate (*Solanum lycopersicum*, L.), pepino (*Cucumis sativum* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de producción. Para el estudio en plantación de los cultivos mencionados se determinaron las mejores dosis en el beneficio de los rendimientos, para lo cual se evaluó la aspersión foliar de diferentes dosis de Quitomax® en variedades e híbridos de alta incidencia en la agricultura actual nacional e internacional (Amalia, Bolívar, H 3108, Mara, L-43, Vyta, Pomodoro, Floradade, California wonder y Lical e INIVIT 2007).

En el tomate los resultados evidenciaron que la aspersión foliar del bioestimulante Quitomax® estimuló un significativo incremento de las variables del crecimiento y desarrollo, obteniéndose frutos de mayor calidad y mejores rendimientos en dependencia de la dosis empleada y la variedad evaluada, con un comportamiento superior al emplear dosis entre 300 y 400 mg ha⁻¹, aplicados a los 10 días postrasplante y/o previo a la floración. En particular, la aspersión de 300 mg.ha⁻¹ prefloración o a los 10 y 30 días después del trasplante causó aumentos del rendimiento entre 30 y 55% en condiciones de campo, con los mejores resultados cuando se combinó con el tratamiento de semillas previo a la siembra del semillero (Terry et al., 2017). Igualmente, en condiciones de cultivo protegido se obtuvieron

similares aumentos del rendimiento (aproximadamente 55%) con 2 aplicaciones de dosis entre 250 y 350 mg ha⁻¹ (**Jiménez et al., 2015**).

Los resultados del pimiento en similar estudio de dosis en condiciones de plantación, variedades Lical y California Wonder, mostraron incrementos entre 60 y 100% del rendimiento de las plantas control con dosis de 300 y 350 mg ha⁻¹, respectivamente. Además del rendimiento, estas dosis incrementaron la calidad de la fruta y su capacidad antioxidante (**Jiménez et al., 2018; Reyes-Pérez et al., 2019**). La aplicación a la semilla en combinación con micorrizas y la aspersión foliar a los 45 días del trasplante mostró un efecto aditivo en el aumento del rendimiento (Álvarez et al., 2018).

Por su parte, los primeros estudios de definición de dosis en pepino demostraron que debían utilizarse aplicaciones foliares igual o por encima de 200 mg ha⁻¹ para obtener incrementos de los rendimientos (**González et al., 2009**). De esta forma, la aplicación prefloración de dosis entre 200 y 400 mg ha⁻¹ mostró aumentos de rendimiento entre 20 y 30% respecto al control con mejor resultado al aplicar 400 mg ha⁻¹ (**Glez et al., 2018**).

Por todo lo anterior, se propone una **metodología de aplicación del Quitomax®** en tomate y otras hortalizas en las cuáles se establece previamente semillero: Imbibición de semillas previo a la siembra con 1 g L⁻¹ y/o una aplicación foliar cuando las plántulas tienen las primeras hojas verdaderas para, además de bioestimularlas, protegerlas contra patógenos fungosos típicos de este estadio. Posteriormente, una o dos aplicaciones foliares de 300 mg ha⁻¹, en la plantación, una semana a 10 días postrasplante y/o en la prefloración.

El modo de acción a través del cual el quitosano promueve el crecimiento y desarrollo en las plantas no está bien definido, sin embargo, se conoce la activación de efectos biológicos que podrían conllevar a la acción bioestimulante, como son, estimulación de enzimas relacionadas con el metabolismo primario (nitrato reductasa), el aumento de nutrientes y metabolitos primarios en la planta, la estimulación de la presencia de pigmentos fotosintéticos y del proceso de fotosíntesis, la promoción de un efecto antitranspirante mediante el cierre estomático por acción directa en los niveles de ácido abscísico de las células acompañantes del estoma, entre otras (Iriti et al., 2009, Kim, 2011, Mondal et al., 2016).

Impacto científico económico

En esta propuesta se investigaron dosis de quitosano y del bioestimulante registrado Quitomax® (RCF 010/17) en condiciones controladas y a escala de campo. Se demostró que las dosis que promueven el desarrollo de las posturas también las protegen contra el ataque de patógenos. Fue demostrado, además, su acción sinérgica o aditiva con otros bioestimulantes microbianos (Ecomic®) todo lo cual repercute en el aumento de los rendimientos de especies hortalizas de importancia económica, con el valor agregado del impacto en la protección del medio ambiente debido a la inocuidad del bioproducto aplicado. **Desde el punto de vista económico se dispone de un bioestimulante nacional que permite sustituir productos similares de importación con un costo-beneficio de CUP por hectárea en favor del productor.**

Referencias reivindicadas como resultados de la propuesta

1. Álvarez, A., et al. Manejo de bioproductos en el cultivo del pimiento (*C. annuum* L.) en condiciones de organopónico. **Rev. Científica Agroecosistemas**, 6 (2): 121-127, 2018. ISSN: 2415-2862
2. Falcón-Rodríguez, AB. Et al. Avances en las investigaciones conducentes a la implementación del QuitoMax® en el cultivo del tomate. **Agrotecnia de Cuba**, vol. 39 (1), 2015
3. González, L.G., Jiménez, M.C., Silvente, J., Falcón- Rodríguez, A.B. Evaluación de tres dosis de Quitosana en el cultivo de pepino en un periodo tardío. **Centro Agrícola**, 36 (4): 85-88, 2009.
4. González Peña, D., Costales, D., Falcón-Rodríguez, A.B. Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate. **Cultivos Tropicales**, 2014, 35 (1): 35-42.
5. González, L.G., Jiménez, M.C., et al.. Respuesta agronómica del pepino a la aplicación de QuitoMax® en condiciones de organoponía. **Centro Agrícola**, Vol.45, No.3, 27-31, 2018.
6. González-Peña, D., Falcón-Rodríguez, A.B., Costales, D., Foroud, N.A., Vaillant, D., Martínez-Téllez, M.Á. 2020, Chitosan inhibits *Phytophthora P. nicotianae* development and induces tomato basal resistance against this pathogen. **Canadian J. Plant Pathology**, (en arbitraje)
7. Jiménez, M.C., et al. Evaluación de la aplicación de quitosana sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 en casas de cultivo protegido. **Centro Agrícola**, 42 (3): 81-88; 2015.
8. Jiménez, M.C., González, L.G., et al. Respuesta agronómica del pimiento California Wonder a la aplicación de Quitomax®. **Centro Agrícola**, vol.45, (2) 40-46, 2018.
9. Martínez, L., et al.. Influencia del tratamiento de semillas con quitosana en el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) **Cultivos Tropicales**, vol. 28 (4): 79-82, 2007.
10. Reyes-Pérez, J.J., Enríquez-Acosta, E.A., Ramírez-Arrebato, M.A., Rodríguez-Pedroso, A.T., Lara-Capistrán, L., Hernández-Montiel, L.G. Evaluation of the growth, yield and nutritional quality of pepper fruit with the application of Quitomax®. **Cien. Inv. Agr.** 46 (1): 277-289. 2019
11. Terry-Alfonso, E., et al.. Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto Quitomax®. **Cultivos Tropicales**, vol. 38, no. 1: 7-13, 2017.

Principales indicadores de los resultados obtenidos

Como indicadores de salida se señala que los resultados de este trabajo han sido publicados en diferentes revistas arbitradas, 4 artículos en la revista *Cultivos Tropicales*, 4 en *Centro Agrícola*, 2 en la revista *Agrotecnia de Cuba*, 1 en la revista *UTCiencia* y 4 en revistas de impacto (*Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, *Ciencia e Investigación Agraria* y *Terra Latinoamericana*) y presentados en más de 30 ponencias en congresos científicos nacionales e internacionales. Algunos resultados fueron premiados como Relevantes en el Fórum provincial de Ciencia y Técnica en Granma en 2016 y 2017, así como reconocidos en un taller de generalización de dicho Fórum. Del trabajo se derivaron 20 trabajos de Diploma y 3 tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas y Biofertilización y nutrición de las plantas. Los resultados obtenidos de bioestimulación del Quitomax® en especies hortícolas contribuyeron al registro de este bioproducto en el Registro Central de fertilizantes y Bioestimulantes de Cuba (RCF 010/17).

SALIDAS PRINCIPALES REIVINDICADAS EN LA PROPUESTA A PREMIO

Publicaciones en revistas arbitradas

1. **Cultivos Tropicales, vol. 28 (4): 79-82, 2007 (Grupo II).** Martínez, L.; Castro, I.; Díaz, L.; y Núñez, M. Influencia del tratamiento de semillas con quitosana en el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).
2. **Centro Agrícola, 36 (4): 85-88, 2009 (Grupo II).** Evaluación de tres dosis de Quitosana en el cultivo de pepino en un periodo tardío. L.G. González, M.C. Jiménez, J. Silvente, A.B. Falcón- Rodríguez.
3. **Cultivos Tropicales, 2014, 35 (1): 35-42 (Grupo II).** Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate. D. González Peña, D. Costales y A.B. Falcón-Rodríguez
4. **Agrotecnia de Cuba, vol. 39 (1), 2015 (Grupo III).** Avances en las investigaciones conducentes a la implementación del QuitoMax® en el cultivo del tomate. AB. Falcón-Rodríguez, D. González-Peña, D. Costales, D. Morales, L. Travieso, E. Terry, J. Ruiz, LG. González, MC. Jiménez, MA. Martínez-Téllez.
5. **Agrotecnia de Cuba, vol. 39 (1), 2015 (Grupo III).** Uso de micorrizas arbusculares y quitosana en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de organopónico. Annarellis Álvarez y cols.
6. **Centro Agrícola, 42 (3): 81-88; 2015 (Grupo II).** Evaluación de la aplicación de quitosana sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 en casas de cultivo protegido. M.C. Jiménez, J.C. Terrero, L.G. González, I. Paz, A. Falcón-Rodríguez
7. **Revista UTCiencia, vol. 2. No 2. 2015 (Grupo III),** Universidad de COTOPAXI. Ecuador: “Respuesta agronómica del cultivo del tomate var. HA 3019 a la aplicación de quitosana. L.G. González, I. Paz, B. Martínez, M.C. Jiménez, J.A. Torres, A.B. Falcón-Rodríguez
8. **Cultivos Tropicales, 2017, vol. 38 (1): 7-13 (Grupo II).** Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto Quitomax®. Elein Terry-Alfonso, Josefa Ruiz-Padrón, Alejandro Falcón-Rodríguez, Yudines Carrillo-Sosa y Hugo Morales Morales
9. **Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, Vol 35. 2018 (Grupo I).** Aplicación de Quitomax® en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.) y evaluación de su efecto en el rendimiento y el valor nutricional. E.A. Enríquez, J.J. Reyes, M.Á. Ramírez, A.T. Rodríguez, A.B. Falcón-Rodríguez.
10. **Centro Agrícola, Vol.45, (2) 40-46, 2018 (Grupo II).** Respuesta agronómica del pimiento California Wonder a la aplicación de Quitomax®. M.C. Jiménez, L.G. González, M. Suárez, I. Paz, A. Oliva, A.B. Falcón-Rodríguez
11. **Ciencia e Investigación Agraria, 45 (2): 93-98. 2018 (Grupo I).** Physiological, phenological and productive responses of tomato (*S. lycopersicum* L.) plants treated with QuitoMax®. J.J. Reyes-Pérez, E.A. Enríquez-Acosta, B. Murillo-Amador, M.A. Ramírez-Arrebató, A.T. Rodríguez-Pedroso, L. Lara-Capistrán, L.G. Hernández-Montiel

12. **Centro Agrícola, Vol.45, No.3, 27-31, 2018 (Grupo II).** Respuesta agronómica del pepino a la aplicación de QuitoMax® en condiciones de organoponía. González L.G., Jiménez, M.C., Castillo, D., Paz, I., Cambara, A.Y., **Falcón-Rodríguez, A.B.**
13. **Ciencia e Investigación Agraria 46 (1): 277-289. 2019 (Grupo I).** Reyes-Pérez, J.J., Enríquez-Acosta, E.A., Ramírez-Arrebato, M.A., Rodríguez-Pedroso, A.T., Lara-Capistrán, L., Hernández-Montiel, L.G. Evaluation of the growth, yield and nutritional quality of pepper fruit with the application of Quitomax®.
14. **Cultivos Tropicales, 2019, 40 (2) (Grupo II).** Oligosacarinas estimulan el crecimiento y rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L) bajo condiciones protegidas. E. Terry-Alfonso, J. Ruiz-Padrón, A.B. Falcón-Rodríguez, Y. Socarrás Armenteros.
15. **Terra Latinoamericana, 2020, aceptada (Grupo I).** Rivas-García, T., González-Gómez, L.G., Boycet-Fabré, T., Jiménez-Arteaga, M.C., Falcón-Rodríguez, A.B., Terrero-Soler, J.C. Respuesta agronómica de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L) a la aplicación del bioestimulante Quitomax®.
16. Bajo arbitraje **Canadian Journal of Plant Pathology (Grupo I)**, D. González-Peña, A.B. Falcón-Rodríguez, D. Costales, N.A. Foroud, D. Vaillant, M.Á. Martínez-Téllez, 2020, Chitosan inhibits *Phytophthora nicotianae* development and induces tomato basal resistance against this pathogen.

Publicaciones electrónicas

17. Efecto de la quitosana en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo cultivos protegidos. Web de la Sociedad Prine Agrotécnica, S.L conCIF: B91241737, Diciembre, 2012. Terrero, J.C., González, L.G. Boicet, T., Falcón-Rodríguez, A.B.
18. Respuesta Agronómica de cultivos de género Solanácea (tomate (*Solanum lycopersicum*, L) y pimiento (*Capsicum annum*, L) a la aplicación de QuitoMax en fase de extensión. Memorias del XX Congreso Científico del INCA, noviembre 26 al 28, 2016. González et al., 2016
19. Respuesta Agronómica del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*, L) var ESN a la aplicación de QuitoMax. Memorias del XX Congreso Científico del INCA, noviembre 26 al 28, 2016. Jiménez et al., 2016
20. Revista Científica Agroecosistemas, 6 (2): 121-127 (2018). ISSN: 2415-2862, Manejo de bioproductos en el cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L.) en condiciones de organopónico. Álvarez Pinedo, A., Calderón Puig, A. A., Fundora Sánchez, L. R., Rodríguez Fajardo, A. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>.

Capítulo de libro publicado

Falcón-Rodríguez, A.B., Wégria G., Cabrera J.C. Chapter 7: "Exploiting plant innate immunity to protect crops against biotic stress: Chitosaccharides as natural and suitable candidates for this purpose", publicado en "Plant Protection", **Editorial Intech, ISBN 979-953-307-548-7**, págs., 2012.

Tesis de maestría reivindicadas en la propuesta a premio

1. **Maestría en Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma.** “Respuesta agronómica del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) a la aplicación de la quitosana en condiciones de huerto intensivo y organopónico en el municipio de Manzanillo”. Maestrante: José Orlando Figueredo Villaverde, Octubre **2011**. Tutores: MSc. Gustavo González Gómez y Dr.C. Alejandro Falcón Rodríguez.
2. **Maestría en Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma.** Respuesta agronómica del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*, W), en condiciones de casas de cultivo protegido a la aplicación de la quitosana. Maestrante: Julio Cesar Terrero Soler, **2013**. Tutores: MSc. Luis Gustavo González Gómez, Dr. Tony Boicet Fabré, Dr. Alejandro Falcón Rodríguez
3. **Maestría en Biofertilización y nutrición de las plantas, INCA.** “Uso de micorrizas arbusculares y quitosana en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de Organopónico”. Maestrante: Annarellis Álvarez Pineda, **2016**. Tutores: MSc. Luis R. Fundora Sánchez y MSc. Alfredo A. Calderón Puig

Tesis de diploma reivindicadas en la propuesta a premio

1. **Diploma de Agronomía. Universidad de Matanzas.** Efecto de diferentes dosis de aplicación del producto Quitomax® en la respuesta productiva del cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Junio, 2013. Diplomante: Carlos L. Pérez Alfonso. Tutor: MSc. Lilibeth Rodríguez Izquierdo
2. **Diploma de Agronomía. Universidad Agraria de la Habana.** Evaluación del bioproducto QuitoMax en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. Merr.), Junio, 2014. Diplomante: Mohdy Mohamed. Tutores: Drs. Elein Terry Alfonso, Alejandro B. Falcón Rodríguez y MSc. Josefa Ruiz Padrón
3. **Diploma de Agronomía. Universidad Agraria de la Habana.** Efecto de diferentes concentraciones y formas de aplicación del QuitoMax en la fase de postura del tomate, cultivar Hazare 3019, Diciembre, 2014. Diplomante: Osmany Alfonso Tabares. Tutores: Daimy Costales Menéndez, Dianevis Glez-Peña y Alejandro B. Falcón Rodríguez
4. **Diploma de Agronomía. Universidad Agraria de la Habana.** Efecto de las concentraciones de tres quitosanas con diferente masa molar sobre el cultivo del tomate (*S. lycopersicum* L.) c.v “H 3019”. Diplomante: Yetty Pedroso Pérez. Tutores: Marcia B. Moya Fernández, Alejandro B. Falcón Rodríguez, Junio 2017
5. **Diploma de Agronomía. Universidad Agraria de la Habana.** Quitomax: un bioestimulante efectivo para el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L) bajo condiciones protegidas. Diplomante: Dianavel Esteves Duarte. Tutoras: Dra.C. Elein Terry Alfonso y MSc. Josefa Ruiz Padrón
6. **Diploma de Agronomía. Universidad Agraria de la Habana.** Efecto del Pectimorf® y el QuitoMax® en el cultivo del pepino bajo condiciones de

organopónico. Diplomante: Midyanis Benites. Tutores: Marcia B. Moya Fdez, Alejandro Falcón Rodríguez, Junio, 2017.

7. **Diploma de Agronomía.** Universidad Agraria de la Habana. Efecto de la aplicación de QuitoMax® y Pectimorf® en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*, L.) en condiciones de campo. Diplomante: Darlin Yaugel del Río. Tutores: MSc. Alianna Machín Suárez, Dr. Alejandro B. Falcón Rodríguez, Junio, 2018.

8. **Diploma de Agronomía.** Universidad Agraria de la Habana. Evaluación de bioproductos en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). Diplomante: Emídio Moura Feliciano. Tutores: MSc. Annarellis Álvarez Pineda y Dr. C. Elein Terry Alfonso, Junio, 2019.

Tutorías de diploma de los MSc. Luis G. González Gómez y María C. Jiménez Arteaga

9. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Evaluación de QuitoMax, Bayfolan y humus en semilleros de pimiento, variedad california wonder en el huerto Rosa la Bayamesa. Diplomante: Margarita Valdés.

10. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Respuesta agronómica del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, L) var. HA 3019 (ESEN) a la aplicación de quitosana. Diplomante: Irisneisy Paz Martínez.

11. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Respuesta agronómica del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, L) L-43 a la aplicación de quitosana. Diplomante: Raudel Escalante Cutiño.

12. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Respuesta agronómica del cultivo del pimiento (*Capsicum annum*, L) variedad California wonder a la aplicación de QuitoMax. Diplomante: Mailan Emilia Suárez Benítez.

13. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Evaluación de Micorrizas, Azofer-F y QuitoMax al ser aplicados a las semillas del tomate (*Solanum lycopersicum*, L.),var. Amalia. Diplomante: Edson Canjulo Soarez.

14. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Respuesta agronómica del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, L) L-43 a la aplicación de diferentes dosis de QuitoMax. Diplomante: Anabel Oliva Lahera.

15. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Respuesta biológica y productiva del Pepino (*C. sativus*, L) ante la aplicación de Quitosana en diferentes dosis en el Organopónico "Las Marianas". Diplomante: Dayana Castillo Cruz

16. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Respuesta agronómica del cultivo de la lechuga (*L. sativa*, L) variedad Black Seed Simpson a la aplicación de Quitomax en siembra directa. Diplomante: Antonio R. García Martínez, 2018

17. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Evaluación de diferentes dosis de QuitoMax en el cultivo del ají chay. Diplomante: Beatriz Puebla Guerrero, 2019

18. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Evaluación del QuitoMax en la variedad de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.), cv. Vyta en la UBPC Delfín Moreno. Diplomante: Reinier González Verdecia, 2019

19. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Evaluación del QuitoMax y Microorganismos eficientes en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*, L) Híbrido YA-2005, en casa de cultivo. Diplomante: Yulián Sánchez Garbey. 2019.

20. **Diploma de Agronomía.** Universidad de Granma. Evaluación del Quitomax en el control de enfermedades foliares en los cultivos de tomate (*S. lycopersicum*, L) y pimiento (*C. annum*, L). Diplomante: Lisset Sanz Estrada, 2019.

Registro en el Registro Central de Fertilizantes de Cuba:

Quitomax®: RFC 010/17

Algunos de los principales eventos en que se participó con los resultados:

- **Labiofam 2014:** QuitoMax: Nuevo producto para la agricultura Cubana de amplio espectro de acción. Autores: A.B. Falcón-Rodríguez, D. González-Peña, D. Costales, A.M. Moreno, O. Cartaya, L. Martínez, D. Morales, P. Rosales, R. Acosta, L. Travieso, M.A. Ramírez, T. Rodríguez, L.G. González, M.A. Martínez-Téllez

- **II Congreso Internacional de Agricultura Urbana y Suburbana, 2015.** Varias ponencias y posters:

- Avances en las investigaciones conducentes a la implementación del Quitomax en el cultivo del tomate. Falcón-Rodríguez et al.,

- **III Congreso Cubano de Horticultura, 2016.** Varias ponencias:

- Desarrollo de Bioestimulantes y Biofertilizantes a base de Oligosacarinas. Implementación del QuitoMax® en el cultivo del tomate. Falcón-Rodríguez et al.

- **11^a International conference. Renewable Resources and Biorefineries,** 3-5 Junio, 2015:

- Bioactive derived from Biomass in the development of plant biostimulants. Cabrera et al., 2015

- **International Conference on Biobased and Biodegradable Polymers,** Mons, Septiembre 2017 (Biopol): "BIOMASS POLYSACCHARIDES FOR THE DEVELOPMENT OF MATERIALS AND PLANT BIOSTIMULANTS"

Participan: Cabrera, JC., AB., Falcón, D. Costales, MC, Nápoles et al., 2017

- **Workshop on Chemistry for Safety, Security and Environment Safeguard:** BIOACTIVE POLY AND OLIGOSACCHARIDES FROM AGROINDUSTRIAL SUBPRODUCTS TO DEVELOP PLANT BIOSTIMULANTS. Alejandro Falcón y cols, Diciembre, 2017.

- **XIX, XX, XXI (2014, 2016, 2018) Congreso Internacional del INCA:** Varias ponencias presentadas por investigadores y especialistas principalmente dentro del Taller de productos bioactivos y el X Simposio de Bioestimulantes. Algunos títulos:

- **XIX:** QuitoMax: Nuevo producto para la agricultura Cubana de amplio espectro de acción. Autores: A.B. Falcón-Rodríguez, D. González-Peña, D. Costales, A.M. Moreno, O. Cartaya, L. Martínez, D. Morales, P. Rosales, R. Acosta, L. Travieso1, M.A. Ramírez, T. Rodríguez, L.G. González, M.A. Martínez-Téllez

- **XX:** Respuesta Agronómica de cultivos de género Solanacea (tomate (*S. lycopersicum*, L) y pimiento (*C. annum*, L) a la aplicación de QuitoMax en fase de extensión. Jiménez-Arteaga et al.,
- **XXI:** Annarellys Álvarez et al., (Quitomax y Ecomic en Pimiento) en el X Simposio de caracterización y manejo de microorganismos rizosféricos
- **Taller Nacional de Medioambiente 2018:** Uso de micorrizas arbusculares y quitosano en el cultivo del Pimiento. Annarellis Álvarez *et al.*
- **Congreso de Suelos 2018:** Uso de micorrizas arbusculares y quitosano en el cultivo del Pimiento (*Capsicum annum* L.) en condiciones de organopónico. Annarellis Álvarez *et al.*
- **Communicating Innovation in Plant Science, 5-7 de Julio, 2019**
- Chitosan inhibits growth and development of *P. nicotianae* and induces tomato resistance against this pathogen. Falcón-Rodríguez et al., 2019
- **XVI Fórum de Ciencia y técnica.** Varias ponencias en varias ediciones con premios a nivel de base, municipal y provincial.

San José de las Lajas, 15 de octubre de 2020
Año 62 de la Revolución

AVAL DEL CONSEJO CIENTÍFICO

El Consejo Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, avala la propuesta a Premio MINAG 2020, titulada **“Bioestimulante de quitosano para el desarrollo y la protección de especies hortícolas”**, presentado por el Dr. C. Alejandro B. Falcón Rodríguez. El trabajo resulta de gran importancia y actualidad, demuestra el potencial bioestimulante y bioprotector de polímeros de quitosano en especies hortícolas de interés económico para desarrollar un formulado para la agricultura cubana.

En estudio dosis-respuesta en el tratamiento de semillas, se demostró el efecto bioestimulante en el crecimiento y calidad de posturas de tomate y pimiento, en dependencia de la concentración utilizada y la coincidencia de las mejores dosis estimulantes del crecimiento con la bioprotección encontrada contra un importante patógeno del suelo. El estudio de dosis en experimentos de campo, tanto en localidades nacionales como internacionales, permitió definir las mejores dosis que incrementan el nivel de indicadores reproductivos y de rendimiento entre 300 y 400 mg ha⁻¹ en tomate, pepino y pimiento, con aumentos entre 20 y 50 % respecto a los controles no tratados. Estos incrementos de rendimiento permitieron además ganancias a los productores, de acuerdo a los análisis económicos realizados en experimentos y validaciones. Otro aporte de esta propuesta es la integración en la investigación, como resultado del trabajo coordinado de las diferentes universidades participantes con el INCA y el instituto “Liliana Dimitrova”, que permitieron la mejor definición de dosis del Quitomax en el tomate con diferentes variedades, localidades y a diferentes escalas, incluyendo extensiones de varias hectáreas en algunos casos.

Los resultados presentados, sin dudas, aportan nuevo conocimiento que permitirá dilucidar el mecanismo de acción del quitosano en especies hortícolas y permitió obtener un nuevo bioproducto inocuo que puede sustituir o reducir químicos de importación en estas especies. Permitieron, además, la realización y defensa exitosa de tres tesis de Maestría y 20 trabajos de diploma y han sido divulgados adecuadamente en 20 publicaciones científicas en revistas referenciadas y electrónicas, incluyendo revistas de impacto, un capítulo de libro impreso y más de 30 ponencias en eventos nacionales e internacionales. Como colofón fue registrado en Cuba el bioestimulante Quitomax®, actualmente comercializado con gran éxito en la agricultura cubana.



Dr. C. María Caridad Nápoles García
Presidenta Consejo Científico INCA