



# EFECTO DEL QUITOMAX® EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

## Effect of QuitoMax® on crop growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L)

Donaldo Morales Guevara✉, José Dell'Amico Rodríguez, Eduardo Jerez Mompié, Yusnier Díaz Hernández y Roberqui Martín Martín

**ABSTRACT.** Due to the need to increase crop yields, this work was conducted to evaluate the effect of different doses and times of foliar application of QuitoMax® on growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L). Therefore, seeds from Cuba-Cueto-25 black bean variety were sown in rows spaced 70 cm and plants separated from 6 to 7 cm. QuitoMax® was applied within two crop cycle stages to a control and nine treatments at the rates of 200, 400 and 600 mg ha<sup>-1</sup> both 20-25 days after sowing and at the beginning of flowering, as well as to other three treatments at the rates of 100, 200 and 300 mg ha<sup>-1</sup> at the same two times above mentioned. Stem length and diameter, leaf number, pod number per plant, grain number per pod and fresh mass of 100 grains were evaluated, also crop yield per unit area was estimated. Results showed a better plant response when QuitoMax® was applied twice, highlighting the treatment with two applications of 200 mg ha<sup>-1</sup>, since crop yield surpassed 20 % the control treatment.

**RESUMEN.** Dada la necesidad de incrementar los rendimientos, este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación foliar del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L). Para ello, se utilizaron semillas de la variedad de frijol negro Cuba-Cueto-25 sembradas en hileras separadas a 70 cm, en las que las plantas se distribuyeron a una distancia de entre 6 y 7 cm. Las aplicaciones de QuitoMax® se realizaron en dos momentos del ciclo del cultivo al control y a nueve tratamientos en dosis de 200, 400 y 600 mg ha<sup>-1</sup>, tanto a los 20-25 días posteriores a la siembra como al inicio de la floración y en otros tres tratamientos en dosis de 100, 200 y 300 mg ha<sup>-1</sup> en los dos momentos antes señalados. Las evaluaciones se realizaron en la longitud y el diámetro de los tallos, número de hojas, número de vainas por planta, número de granos por vaina y masa fresca de 100 granos, también se estimó el rendimiento por unidad de superficie. El análisis de los resultados mostró una mejor respuesta de las plantas cuando recibieron dos aplicaciones de QuitoMax®, destacándose el tratamiento en el que se realizaron dos aplicaciones de 200 mg ha<sup>-1</sup>, el cual provocó un aumento del rendimiento superior a un 20 % en relación al control.

*Key words:* growth, bean, chitosan, yield

*Palabras clave:* crecimiento, frijol, quitosano, rendimiento

## INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una legumbre de grano muy importante en las Américas y partes de África, donde sirve como fuente vital de proteína, vitaminas y nutrientes minerales (1).

El manejo adecuado de la nutrición de plantas y el control eficiente de plagas constituyen dos elementos esenciales para obtener una alta productividad y calidad de la producción agrícola, ya que la aplicación

indiscriminada de productos químicos puede ocasionar perjuicios al medio ambiente, crear resistencia por parte de los microorganismos fitopatógenos y causar daños a la salud humana (2). La práctica del biocontrol de las enfermedades en los vegetales muestra una alternativa viable, en relación con el método químico tradicional.

Entre los productos estudiados para el biocontrol se destaca el polisacárido de quitosana, encontrado naturalmente en la pared celular de algunos hongos y obtenido comercialmente a partir de la quitina, por su biocompatibilidad, biodegradabilidad, baja toxicidad, alta bioactividad y actividad microbiana (3, 4, 5, 6).

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ [dmorales@inca.edu.cu](mailto:dmorales@inca.edu.cu)

También se ha encontrado estimulación del crecimiento, el desarrollo y los rendimientos en cultivos de interés (6, 7, 8).

Se han señalado las propiedades del quitosano con aplicaciones exógenas en la estabilidad de la membrana celular y en la activación de las enzimas antioxidantes de plantas expuestas a condiciones de estrés hídrico (9); un incremento de la actividad antifúngica de la quitosana, una disminución del crecimiento micelial y de la esporulación del hongo *Pyricularia Grisea sacc*, (10). También se ha informado acerca de la disminución del manchado de las panículas del arroz (*Oryza sativa* L.), al asperjar la quitosana sobre las plantas (11).

Aunque no se conocen con exactitud los mecanismos por los que la quitosana estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas, se ha planteado que está involucrada en procesos fisiológicos, pues evita las pérdidas de agua por vía de la transpiración (12). En tal sentido, se ha demostrado la presencia del cierre estomático en plantas asperjadas con quitosano, lo que sugirió que el efecto estimulante del crecimiento, luego del cierre estomático podría estar relacionado con un efecto antitranspirante en la planta (13), señalándose, además, que la aplicación foliar de quitosano en papa redujo los efectos del estrés hídrico (14).

Por otra parte, a partir de los resultados encontrados en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), se ha señalado que uno de los aspectos a través de los cuales el quitosano estaba influyendo en la reducción de la transpiración es que este producto incrementa los niveles de ácido abscísico (ABA) en las hojas tratadas, el cual activa el cierre parcial de los estomas (15).

Teniendo en cuenta lo antes señalado, el presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación foliar del QuitoMax®, en el crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca experimental del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en un suelo Ferralítico Rojo Eútrico Compactado (16).

Para ejecutar el trabajo se utilizaron semillas de la variedad Cuba-Cueto-25, sembradas a una distancia de 0,07 m entre plantas y a 0,70 m entre hileras.

Se utilizaron tres dosis de QuitoMax® (quitosana), que se aplicaron en dos momentos durante el desarrollo del cultivo.

Los tratamientos evaluados fueron:

- ◆ Control
- ◆ 200 mg ha<sup>-1</sup> a los 20-25 días posteriores a la siembra
- ◆ 400 mg ha<sup>-1</sup> a los 20-25 días posteriores a la siembra
- ◆ 600 mg ha<sup>-1</sup> a los 20-25 días posteriores a la siembra
- ◆ 200 mg ha<sup>-1</sup> al inicio de la floración

- ◆ 400 mg ha<sup>-1</sup> al inicio de la floración
- ◆ 600 mg ha<sup>-1</sup> al inicio de la floración
- ◆ 100 mg ha<sup>-1</sup> a los 20-25 días y 100 mg ha<sup>-1</sup> al inicio de la floración
- ◆ 200 mg ha<sup>-1</sup> a los 20-25 días y 200 mg ha<sup>-1</sup> al inicio de la floración
- ◆ 300 mg ha<sup>-1</sup> a los 20-25 días y 300 mg ha<sup>-1</sup> al inicio de la floración

A los 70 días posteriores a la siembra se evaluaron las variables longitud y diámetro de los tallos y el número de hojas por planta y al momento de la recolección, el número de vainas por planta, el número de granos por vaina y la masa fresca de 100 granos; el rendimiento se estimó en base a la masa fresca.

Las labores culturales y fitosanitarias se realizaron de acuerdo a lo planteado en las guías técnicas para el cultivo del frijol<sup>A</sup>.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, analizándose los datos, a través del análisis de varianza correspondiente. Las medias se compararon de acuerdo a la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

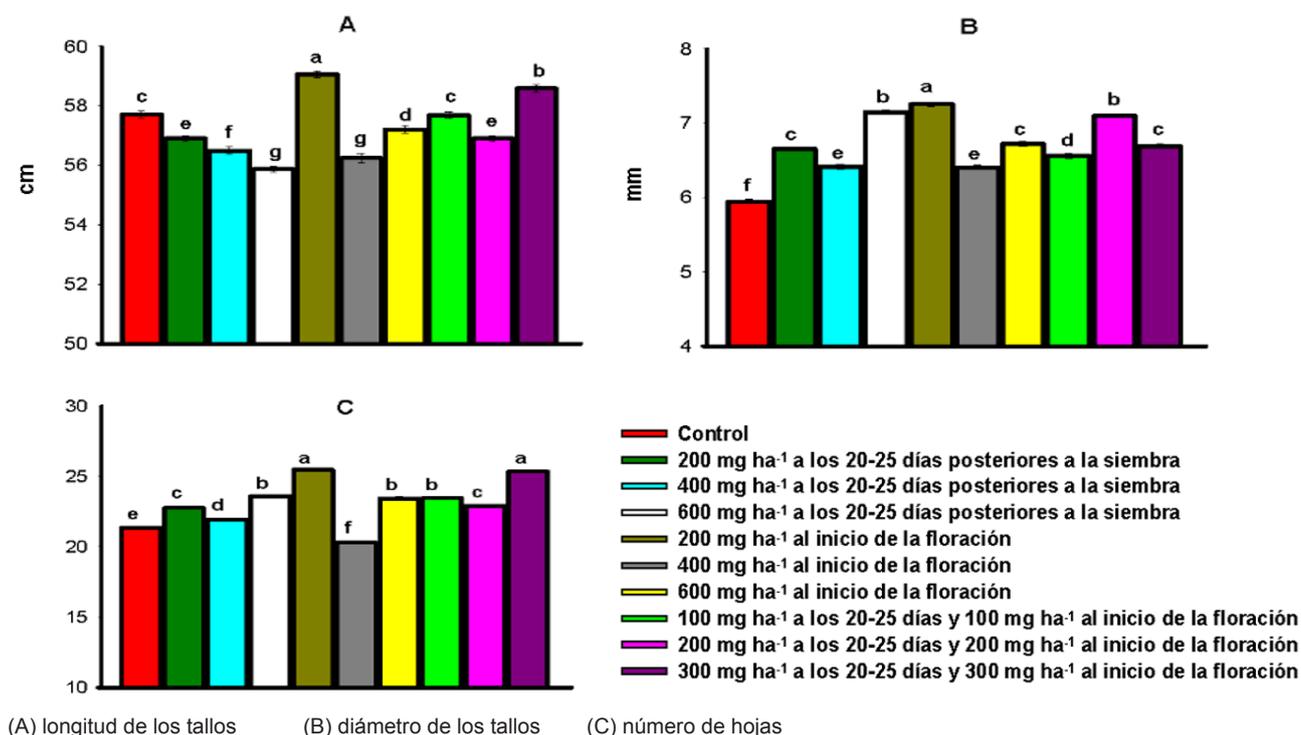
Como puede apreciarse en la Figura 1, las variables del crecimiento evaluadas presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados.

Se puede apreciar que la longitud de los tallos se diferenció entre todos los tratamientos, con destaque para aquel en el que se aplicó la menor dosis al inicio de la floración y el que recibió la mayor dosis compartida a partes iguales en los dos momentos escogidos para realizar las aplicaciones. Por su parte, el diámetro de los tallos también manifestó diferencias significativas entre tratamientos, resultando más favorecido cuando igualmente se aplicó la menor dosis al inicio de la floración, seguido de aquellos que recibieron 600 mg ha<sup>-1</sup> a los 20-25 días posteriores a la siembra o 400 mg ha<sup>-1</sup> aplicados en los dos momentos a dosis de 200 mg ha<sup>-1</sup> en cada uno de ellos.

Por último, el número de hojas presentó los mayores valores en el tratamiento que recibió la dosis más elevada, aplicada a partes iguales en los dos momentos y el que se asperjó con la menor dosis al inicio de la floración.

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.

<sup>A</sup>Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliána Dimitrova. *Guía Técnica para el cultivo del frijol*. Inst. MINAG, 2000, p. 38.



Al analizar la respuesta mostrada por esta variable, se pudo constatar que este comportamiento coincide con otro autor (8), que encontró resultados favorables en el crecimiento, expresado mediante la longitud de los tallos y las raíces, sus masas frescas y secas, la superficie foliar y los contenidos de clorofila en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* Super Stryke), destacándose en sus resultados que las mejores respuestas se manifestaron con las menores dosis de quitosano aplicadas, coincidiendo con lo encontrado en plantas jóvenes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), tratadas con dosis bajas de quitosano en la imbibición de las semillas (17).

Al evaluar el crecimiento de plantas de papa, tratadas con el polímero de quitosano en condiciones *in vitro*, se encontraron efectos positivos en diferentes variables del crecimiento, tales como un aumento en el número de hojas y en la longitud y diámetro de los tallos (18), lo que fue igualmente confirmado en estudios realizados en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (8).

La respuesta mostrada por las plantas tratadas con QuitoMax® en su crecimiento, concuerdan con lo informado para el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en el que las plantas tratadas con este producto presentaron un mayor vigor, fenómeno que fue probablemente conectado con una mayor resistencia de estas a las enfermedades fungosas en las raíces (19). También se han informado resultados concordantes al estudiar el efecto de aplicaciones de quitosano en plantas jóvenes de maíz (*Zea mays* L.) expuestas a diferentes tipos de estrés (20).

Al analizar el comportamiento del número de vainas por planta y el número de granos por vaina (Figura 2), se pudo observar que los tratamientos aplicados reflejaron diferencias entre ellos, sobresaliendo en ambas variables los que se aplicaron con la dosis mayor y la intermedia en los dos momentos estudiados con la mitad de la dosis total en cada momento; de igual forma, el tratamiento en que se utilizó la menor dosis al inicio de la floración, mostró uno de los mayores números de granos por vaina.

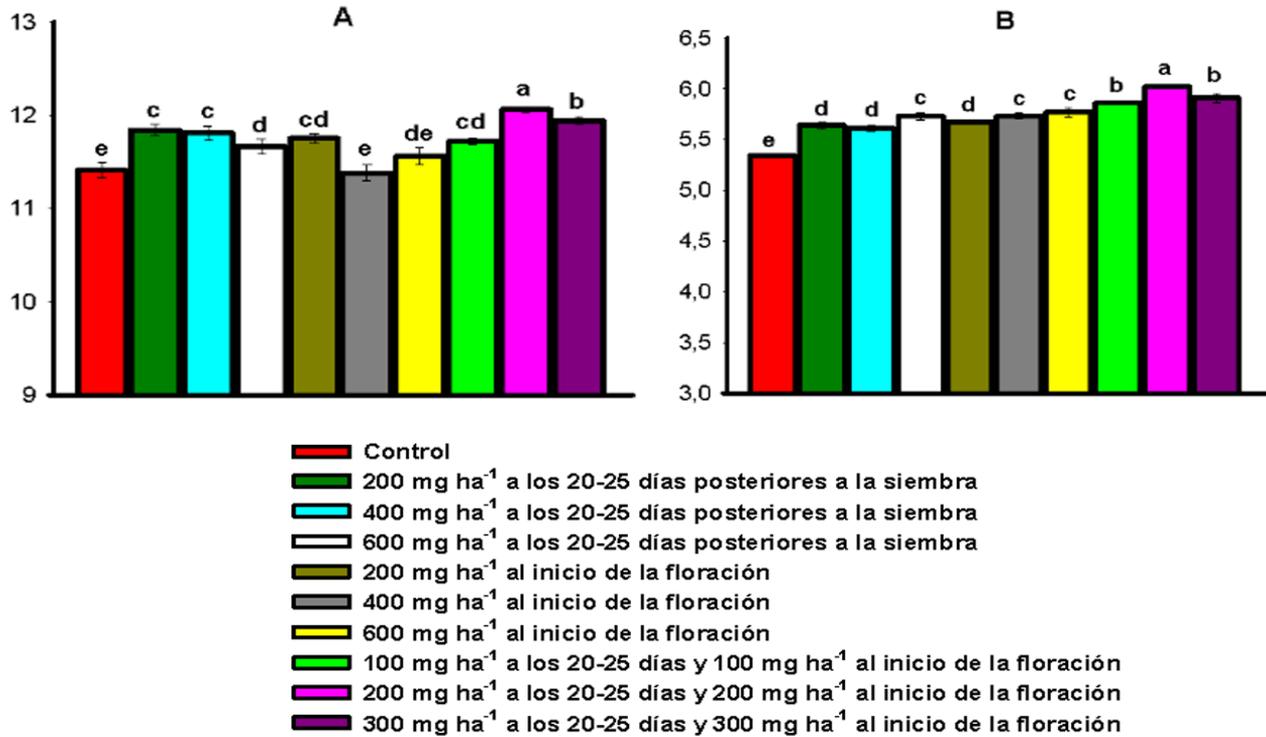
Este comportamiento resulta interesante, ya que ubica los mejores tratamientos, en primera instancia, a los que recibieron dos aplicaciones del producto y, en segundo lugar, porque muestra determinados beneficios cuando el producto es aplicado en el período de crecimiento (20-25 días posteriores a la siembra), resultado que se potencia con la segunda aplicación.

La respuesta mostrada por estas variables resulta de gran importancia, pues estas variables son las que definen el rendimiento.

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.) (21), así como al evaluar el efecto de la 24 epibrasinólida (22) 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.

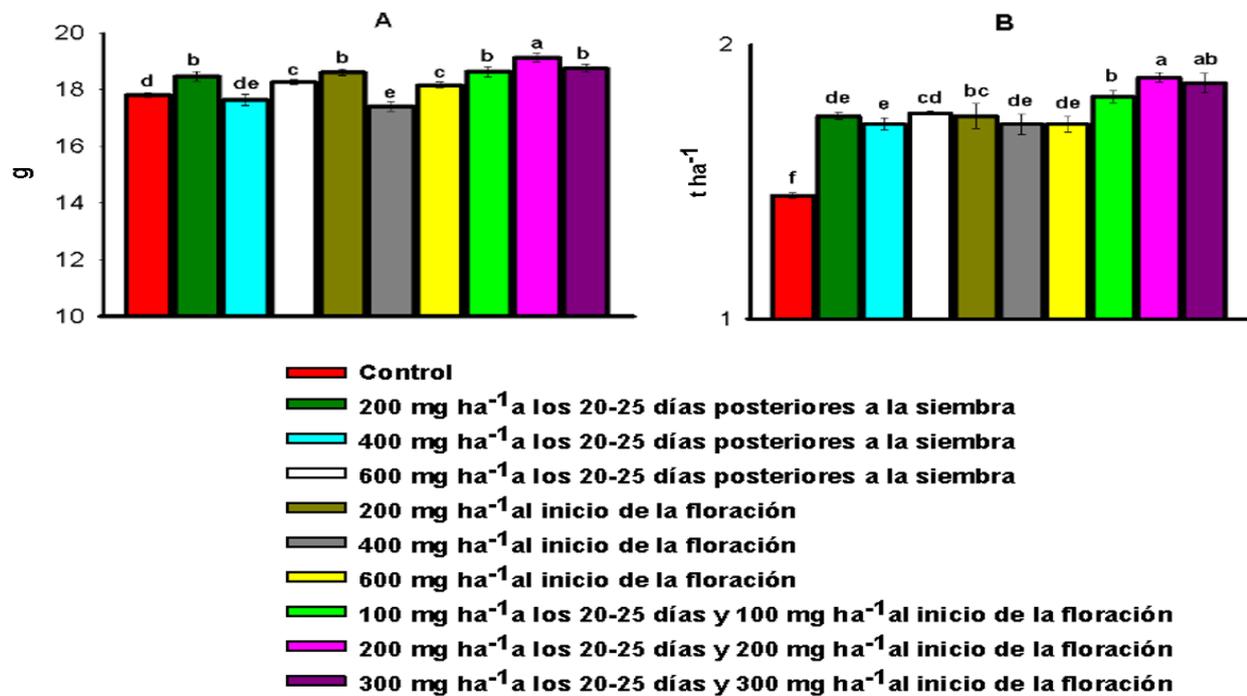
La Figura 3 muestra el comportamiento de la masa de 100 granos y del rendimiento estimado. Como puede apreciarse, en ambas variables los mayores valores se encontraron cuando las plantas recibieron

dos aplicaciones, con las mitades de las dosis totales concebidas para los distintos tratamientos; además, sobresale el tratamiento en el que se aplicó 200 mg ha<sup>-1</sup> a los 20-25 días y otro similar al inicio de la floración.



(A) número de vainas por planta (B) granos por vaina

**Figura 2. Número de vainas por planta y número de granos por vaina en plantas de frijol tratadas con diferentes dosis de QuitoMax® en distintos momentos del desarrollo del cultivo**



(A) masa fresca de 100 granos (B) rendimiento estimado

**Figura 3. Masa fresca de 100 granos (g) y rendimiento estimado (t ha<sup>-1</sup>) en plantas de frijol tratadas con diferentes dosis de QuitoMax® en distintos momentos del desarrollo del cultivo**

También puede apreciarse cómo las menores dosis estimularon la masa fresca de los granos, con independencia del momento en que se haya aplicado el producto, resultados que concuerdan con los encontrados al estudiar la respuesta del rábano (*Raphanus sativus* L.) al ser tratadas sus semillas con diferentes concentraciones del bioestimulante Pectimorf (23).

Incrementos en el rendimiento de los cultivos estimulados por la aplicación de quitosana han sido informados en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (19), así como en el rendimiento y sus componentes en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*, L.) (24), también en estudios en los que se utilizaron quitosanas, de diferentes pesos moleculares, para la producción de flores en plantas de orquídeas (*Dendrobium orchid*) (25), los que concuerdan con los informados cuando se evaluó el efecto de aplicaciones foliares de quitosanas en cowpea (*Vigna unguiculata*) (26).

## CONCLUSIONES

De los resultados antes expuestos, se puede inferir que la aplicación de QuitoMax® a las plantas de frijol estimula el crecimiento de estas, a la vez que proporciona la formación de un mayor número de vainas y una mayor cantidad de granos por vaina, lo que se traduce en un rendimiento superior al de las plantas que no reciben tratamientos con este bioestimulante.

## BIBLIOGRAFÍA

- Dorcinvil, R.; Sotomayor, R. D. y Beaver, J. "Agronomic performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines in an Oxisol". *Field Crops Research*, vol. 118, no. 3, 10 de septiembre de 2010, pp. 264-272, ISSN 0378-4290, DOI 10.1016/j.fcr.2010.06.003.
- Ramos, B. L. R.; Montenegro, S. T. C. y Pereira, S. N. "Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura". *Revista Iberoamericana de Polímeros*, vol. 12, no. 4, 2011, pp. 195-215, ISSN 1988-4206.
- El Hadrami, A.; Adam, L. R.; El Hadrami, I. y Daayf, F. "Chitosan in Plant Protection". *Marine Drugs*, vol. 8, no. 4, 30 de marzo de 2010, pp. 968-987, ISSN 1660-3397, DOI 10.3390/md8040968.
- Meng, X.; Yang, L.; Kennedy, J. F. y Tian, S. "Effects of chitosan and oligochitosan on growth of two fungal pathogens and physiological properties in pear fruit". *Carbohydrate Polymers*, vol. 81, no. 1, 23 de mayo de 2010, pp. 70-75, ISSN 0144-8617, DOI 10.1016/j.carbpol.2010.01.057.
- Falcón, R. A. B.; Costales, D.; Cabrera, J. C. y Martínez, T. M. Á. "Chitosan physico-chemical properties modulate defense responses and resistance in tobacco plants against the oomycete *Phytophthora nicotianae*". *Pesticide Biochemistry and Physiology*, vol. 100, no. 3, julio de 2011, pp. 221-228, ISSN 0048-3575, DOI 10.1016/j.pestbp.2011.04.005.
- Falcón, R. A.; Costales, M. D.; Martínez, T. M. Á. y Gordon, T. A. "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*, vol. 33, no. 1, marzo de 2012, pp. 65-70, ISSN 0258-5936.
- Kim, S.-K. *Chitin, Chitosan, Oligosaccharides and their derivatives: Biological activities and applications*. Edit. CRC Press, 14 de julio de 2010, 668 p., ISBN 978-1-4398-1604-2.
- Sheikha, S. A. A. K. y Al-Malki, F. M. "Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications". *European Journal of Scientific Research*, vol. 50, no. 1, 2011, pp. 124-134, ISSN 1450-216X.
- Mahdavi, B. "Seed germination and growth responses of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) to chitosan and salinity". *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, vol. 5, no. 10, 2013, pp. 1084-1088, ISSN 2227-670X.
- Echevarría, H. A.; Cruz, T. A.; Rivero, G. D.; Rodríguez, P. A. T.; Ramírez, A. M. A. y Cárdenas, T. R. M. "Actividad antifúngica de la quitosana en el crecimiento micelial y esporulación del hongo *Pyricularia grisea* Sacc". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 3, septiembre de 2012, pp. 80-84, ISSN 0258-5936.
- Boonreung, C. y Boonlertrirun, S. "Efficiency of chitosan for controlling dirty panicle disease in rice plants". *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, vol. 8, no. 5, 2013, pp. 380-384, ISSN 1990-6145.
- Young, S. L.; Yong, H. K. y Sung, B. K. "Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights". *HortScience*, vol. 40, no. 5, 8 de enero de 2005, pp. 1333-1335, ISSN 0018-5345, 2327-9834.
- Bittelli, M.; Flury, M.; Campbell, G. S. y Nichols, E. J. "Reduction of transpiration through foliar application of chitosan". *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 107, no. 3, 2 de abril de 2001, pp. 167-175, ISSN 0168-1923, DOI 10.1016/S0168-1923(00)00242-2.
- Jiao, Z.; Li, Y.; Li, J.; Xu, X.; Li, H.; Lu, D. y Wang, J. "Effects of Exogenous Chitosan on Physiological Characteristics of Potato Seedlings Under Drought Stress and Rehydration". *Potato Research*, vol. 55, no. 3-4, 19 de octubre de 2012, pp. 293-301, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-012-9223-8.
- Iriti, M.; Picchi, V.; Rossoni, M.; Gomarasca, S.; Ludwig, N.; Gargano, M. y Faoro, F. "Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure". *Environmental and Experimental Botany*, vol. 66, no. 3, septiembre de 2009, pp. 493-500, ISSN 0098-8472, DOI 10.1016/j.envexpbot.2009.01.004.
- Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
- González, P. D.; Costales, D. y Falcón, A. B. "Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 1, marzo de 2014, pp. 35-42, ISSN 0258-5936.

18. Jiménez, J. P.; Brenes, A.; Fajardo, D.; Salas, A. y Spooner, D. M. "The use and limits of AFLP data in the taxonomy of polyploid wild potato species in *Solanum* series *Conicibaccata*". *Conservation Genetics*, vol. 9, no. 2, 12 de julio de 2007, pp. 381-387, ISSN 1566-0621, 1572-9737, DOI 10.1007/s10592-007-9350-y.
19. Borkowski, J.; Dyki, B.; Felczynska, A. y Kowalczyk, W. "Effect of BIOCHIKOL 020 PC (chitosan) on the plant growth, fruit yield and healthiness of tomato plant roots and stems". *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives*, vol. 12, 2007, pp. 217-223, ISSN 1896-5644.
20. Lizárraga, P. E. G.; Torres, P. I.; Moreno, M. E. y Miranda, C. S. P. "Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level". *African Journal of Biotechnology*, vol. 10, no. 34, 2013, pp. 6439-6446, ISSN 1684-5315, DOI 10.4314/ajb.v10i34.
21. Rosabal, A. L.; Martínez, G. L.; Reyes, G. Y. y Núñez, V. M. "Resultados preliminares del efecto de la aplicación de Biobras-16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 3, septiembre de 2013, pp. 71-75, ISSN 0258-5936.
22. Rady, M. M. "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*, vol. 129, no. 2, 10 de junio de 2011, pp. 232-237, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2011.03.035.
23. Terry, A. E.; Ruiz, P. J.; Tejeda, P. T. y Reynaldo, E. I. "Efectividad agrobiológica del producto bioactivo Pectimor® en el cultivo del rábano (*Raphanus sativus* L.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 2, junio de 2014, pp. 105-111, ISSN 0258-5936.
24. Boonlertnirun, S.; Boonraung, C. y Suvanasa, R. "Application of chitosan in rice production". *Journal of Metals, Materials and Minerals*, vol. 18, no. 2, 2008, pp. 47-52, ISSN 1047-4838, 1543-1851.
25. Limpanavech, P.; Chaiyasuta, S.; Vongpromek, R.; Pichyangkura, R.; Khunwasi, C.; Chadchawan, S.; Lotrakul, P.; Bunjongrat, R.; Chaidee, A. y Bangyeekhun, T. "Chitosan effects on floral production, gene expression, and anatomical changes in the *Dendrobium* orchid". *Scientia Horticulturae*, vol. 116, no. 1, 10 de marzo de 2008, pp. 65-72, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2007.10.034.
26. Farouk, S. y Amany, A. R. "Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress". *Egyptian Journal of Biology*, vol. 14, no. 1, 2012, pp. 14-16, ISSN 1110-6859, DOI 10.4314/ejb.v14i1.2.

Recibido: 4 de diciembre de 2014

Aceptado: 31 de julio de 2015