



## EFECTO DEL QUITOMAX EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.)

QuitoMax effect on growth and yield in potato crop (*Solanum tuberosum* L.)

Donaldo Morales Guevara<sup>1✉</sup>, Lliddrey Torres Hernández<sup>2</sup>,  
Eduardo Jerez Mompié<sup>1</sup>, Alejandro Falcón Rodríguez<sup>1</sup>  
y José Dell'Amico Rodríguez<sup>1</sup>

**ABSTRACT.** The aim of this work was to evaluate some components of the growth and yield in potato plants (*Solanum tuberosum* L.) previously treated by foliar spray with different doses of QuitoMax (bioproduct based on chitosan polymers) at two moments of crop development. The work was conducted over three crop cycles (2009-2010, 2010-2011 and 2011-2012). At first cycle, besides the control where the product was not applied, three QuitoMax treatments were sprayed. A dose of 300 mg ha<sup>-1</sup> at 30 or 50 days after planting and another treatment in which two doses of 150 mg ha<sup>-1</sup> were applied at 30 and 50 days after planting. In the following two cycles in addition to control, nine treatments at doses of 100, 300 and 500 mg ha<sup>-1</sup> at both 30 and at 50 days after planting were applied, another three treatments where doses of 50, 150 and 250 mg ha<sup>-1</sup> were applied at the two moments above mentioned. The variables studied were the length and diameter of stems, number of leaves and tubers per plant, the average tubers fresh weight and the percentage of dry mass. Yields were estimated based on tuber fresh and dry masses. The analysis of the results showed the best response when the plants received two QuitoMax applications, highlighting the dose of 150 mg ha<sup>-1</sup>, which caused a superior yield increment of 15 % in relation to control no applied.

**RESUMEN.** El objetivo del trabajo fue evaluar algunos componentes del crecimiento y el rendimiento en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) sometidas a la aplicación foliar de diferentes dosis de QuitoMax (bioproducto a base de polímeros de quitosano) en dos momentos del desarrollo del cultivo. El trabajo se realizó durante tres ciclos del cultivo (2009-2010; 2010-2011 y 2011-2012). En el primer ciclo se contó con cuatro tratamientos en los que, además del control en el que no se aplicó el producto, se utilizaron dos en los que se empleó una dosis de 300 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 o a los 50 días posteriores a la plantación y otro en el que se aplicaron dos dosis de 150 mg ha<sup>-1</sup> una a los 30 días y la otra a los 50 días posteriores a la plantación. En los dos ciclos siguientes se contó además del control, con nueve tratamientos en los que se aplicaron dosis de 100, 300 y 500 mg ha<sup>-1</sup>, tanto a los 30 como a los 50 días posteriores a la plantación y otros tres en los que se aplicaron 50, 150 y 250 mg ha<sup>-1</sup> en los dos momentos antes señalados. Las variables evaluadas fueron la longitud y diámetro de los tallos, el número de hojas por planta, el número de tubérculos por planta, la masa fresca promedio de los tubérculos y su porcentaje de materia seca. Se estimaron los rendimientos en base a las masas fresca y seca de los tubérculos. El análisis de los resultados mostró una mejor respuesta de las plantas cuando recibieron dos aplicaciones de QuitoMax, destacándose el tratamiento en el que las plantas recibieron 150 mg ha<sup>-1</sup>, el que provocó un aumento del rendimiento superior a un 15 % en relación al control no aplicado.

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

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

### INTRODUCCIÓN

Las nuevas investigaciones sugieren el empleo de bioestimulantes como sustitutos de los productos de origen químico, dados los efectos beneficiosos que estos ejercen en las plantas. Entre los nuevos bioestimulantes que comienzan a extenderse en la agricultura internacional, aquellos conformados con

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

<sup>2</sup> Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. Cuba.

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

polímeros y otros derivados de quitosana tienen una gran aceptación (1). Consisten en polímeros y oligómeros de glucosamina que pueden estar parcialmente N acetilados y varían por su masa, viscosidad y grado de acetilación, lo cual influye en la actividad biológica que ejercen (2).

Estos compuestos ejercen diferentes efectos biológicos que los hacen deseables para su uso agrícola, como son la activación de resistencia basal en las plantas contra sus principales patógenos (3, 4, 5, 6), actividad antimicrobiana directa contra diversos patógenos (2, 6), la estimulación del crecimiento, desarrollo y los rendimientos en cultivos de interés (7, 8, 9), así como, sus características de compuesto inocuo y biodegradable (1, 2).

Otros autores (10) han señalado las propiedades del quitosano en aplicaciones exógenas en la estabilidad de la membrana celular y en la activación de las enzimas antioxidantes en plantas expuestas a condiciones de estrés hídrico. Otros (11) encontraron un incremento de la actividad antifúngica de la quitosana, una disminución del crecimiento micelial y de la esporulación del hongo *Pyricularia grisea* Sacc. Por otra parte se ha observado una disminución del manchado de las panículas del arroz (*Oryza sativa* L.) al asperjar la quitosana sobre las plantas (12).

Aunque no se conocen con exactitud los mecanismos por los que la quitosana estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas, se ha planteado (13), que las mismas están involucradas en procesos fisiológicos, ya que contribuyen a evitar las pérdidas de agua por vía de la transpiración, aspecto de gran importancia para este cultivo en particular, por la gran demanda de este elemento para realizar sus diferentes funciones.

Para el caso de la aplicación foliar, se ha demostrado la presencia de 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 (14), señalándose que la aplicación foliar de quitosano en papa redujo los efectos del estrés hídrico (15). En tal sentido, se ha señalado (16), a partir de los resultados encontrados en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), que uno de los aspectos a través de los cuales el quitosano estaba influyendo en la reducción de la transpiración es debido a que este producto incrementa los niveles de ácido abscísico (ABA) en las hojas tratadas, lo cual influye en el cierre parcial de los estomas.

El efecto del producto bioactivo QuitoMax (quitosano) ha sido poco evaluado en el crecimiento y desarrollo del cultivo de papa, pero se han realizado trabajos que demuestran la viabilidad del producto y los efectos positivos que ejerce en los cultivos en distintas concentraciones y formas de aplicación, de ahí que el presente trabajo se haya realizado con

el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de este polímero en el crecimiento y el rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L) variedad Spunta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca experimental del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en un suelo Ferralítico Rojo Éutrico Compactado (17), durante los ciclos del cultivo enmarcados en los años 2009-2010 (primero), 2010-2011 (segundo) y 2011-2012 (tercero).

La variedad utilizada fue la Spunta, la que se plantó a una distancia de 0,25 m entre plantas y a 0,90 m entre hileras.

Los tratamientos a evaluar en el primer ciclo del cultivo fueron:

- Control
- 300 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días después de la plantación.
- 300 mg ha<sup>-1</sup> a los 50 días después de la plantación.
- 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días y 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 50 días después de la plantación.

Teniendo en consideración los resultados del primer ciclo del cultivo estudiado, se consideró adecuado continuar estos estudios utilizando dosis del producto que cubrieran un mayor espectro que el anterior, por ello, en los dos ciclos siguientes se evaluaron un mayor número de dosis del producto a los mismos momentos de la primera, dando lugar a los tratamientos siguientes:

- Control
- 100 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días después de la plantación
- 300 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días después de la plantación
- 500 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días después de la plantación
- 100 mg ha<sup>-1</sup> a los 50 días después de la plantación
- 300 mg ha<sup>-1</sup> a los 50 días después de la plantación
- 500 mg ha<sup>-1</sup> a los 50 días después de la plantación
- 50 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días y 50 mg ha<sup>-1</sup> a los 50 días después de la plantación
- 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días y 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 50 días después de la plantación
- 250 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días y 250 mg ha<sup>-1</sup> a los 50 días después de la plantación.

A los 70 días posteriores a la plantación 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 tubérculos por planta, la masa fresca y seca promedio de los tubérculos y a partir de estas variables se estimaron los rendimientos en base a la masa fresca y seca.

El riego, en los tres ciclos del cultivo estudiados, se realizó utilizando la técnica de aspersión mediante una máquina de Pivote Central y las labores culturales y fitosanitarias se realizaron de acuerdo a lo planteado en las Normas Técnicas para el cultivo de la papa (18).

En todos los casos se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y los datos fueron analizados según un modelo de clasificación doble. Las medias se compararon de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el comportamiento de la longitud de los tallos medidos a los 70 días después de la plantación en plantas de papas asperjadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos de su desarrollo.

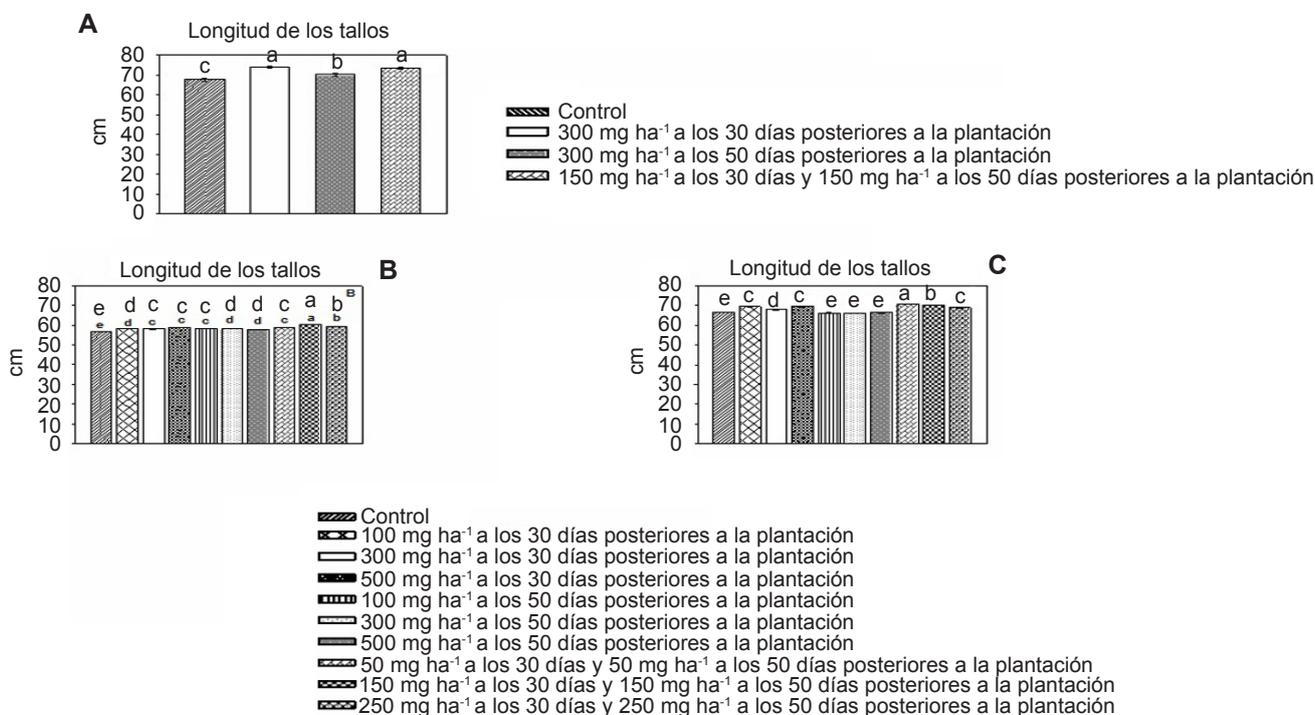
Como se puede apreciar en la Figura 1, en el primer ciclo del cultivo no se encontraron diferencias significativas entre las plantas de los tratamientos que recibieron aplicaciones del producto a los 30 días posteriores a la plantación, tanto con la dosis completa, como con la mitad de la dosis, los que superaron a los dos restantes, resultando más largos los tallos de las plantas que recibieron aplicaciones de quitosano que las que no lo recibieron en ningún momento.

En los dos ciclos siguientes se encontró una tendencia al incremento de esta variable cuando las plantas recibieron dos aplicaciones de quitosano destacándose el tratamiento con la dosis intermedia.

Se pudo observar que los mejores resultados se alcanzaron cuando las plantas recibieron las aplicaciones del producto a los 30 días posteriores a la plantación, lo que pudiera explicarse por el hecho de que en este momento las plantas se encontraban en el período de rápido crecimiento.

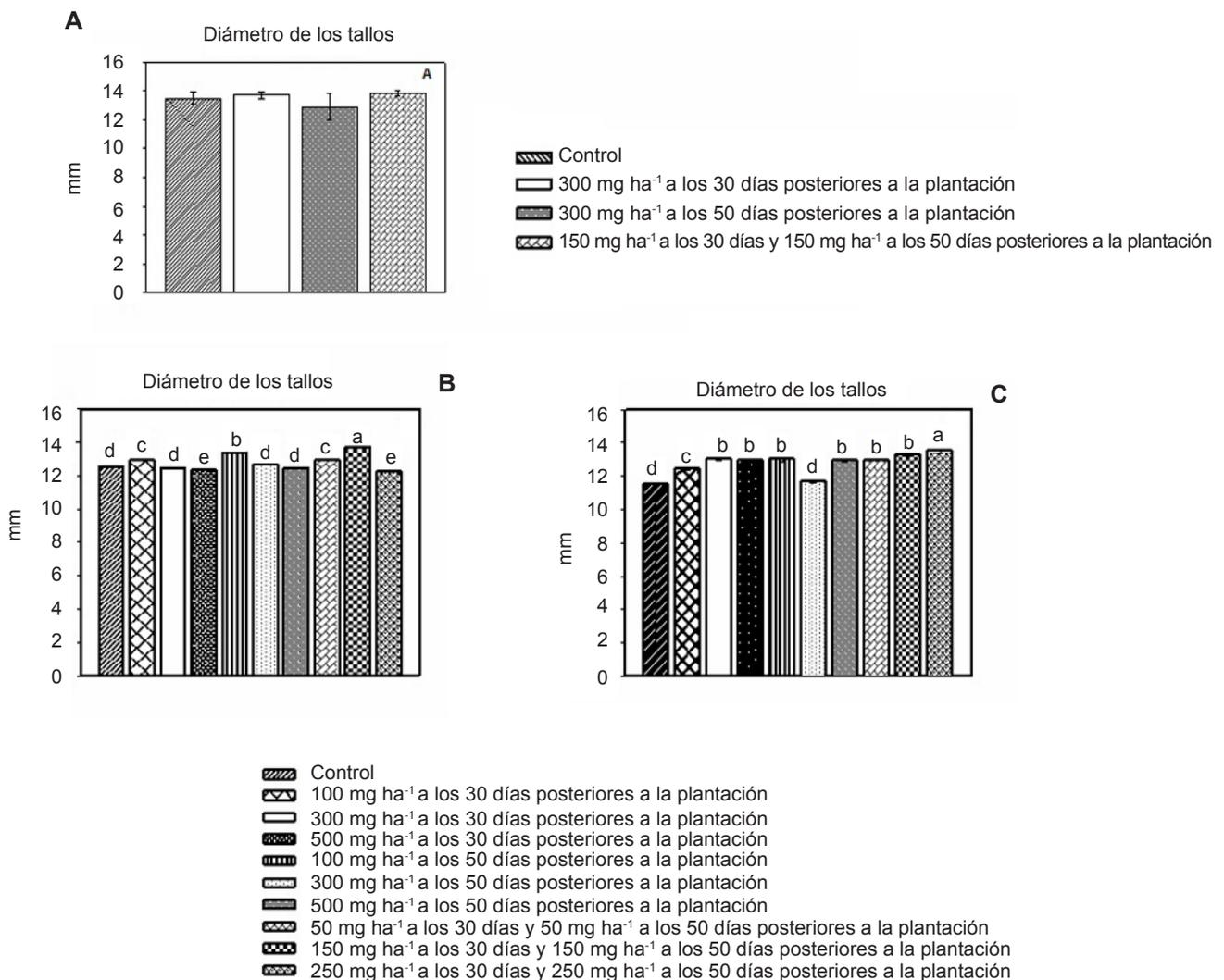
Algunos han encontrado resultados favorables en el crecimiento expresado mediante la longitud de los tallos y raíces, sus masas frescas y secas, la superficie foliar y los contenidos de clorofila en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* superstryke), destacándose en sus resultados que las mejores respuestas se manifestaron con las menores dosis de quitosano aplicadas (8), similar a lo encontrado en este experimento.

En las evaluaciones realizadas en el primer ciclo del cultivo (Figura 2) no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre los diámetros de los tallos de las plantas en los distintos tratamientos utilizados, mientras que en los dos ciclos siguientes los mejores resultados se alcanzaron, de forma general, cuando el producto se aplicó en dos ocasiones, aunque los tratamientos que recibieron las aplicaciones del producto superaron al tratamiento que no lo recibió (control).



(A- Primer ciclo, B- Segundo ciclo y C- Tercer ciclo) Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para p<0,05.

**Figura 1. Longitud de los tallos (cm) en plantas de papa tratadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos del desarrollo del cultivo.**



(A- Primer ciclo, B- Segundo ciclo y C- Tercer ciclo) Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para p<0,05.

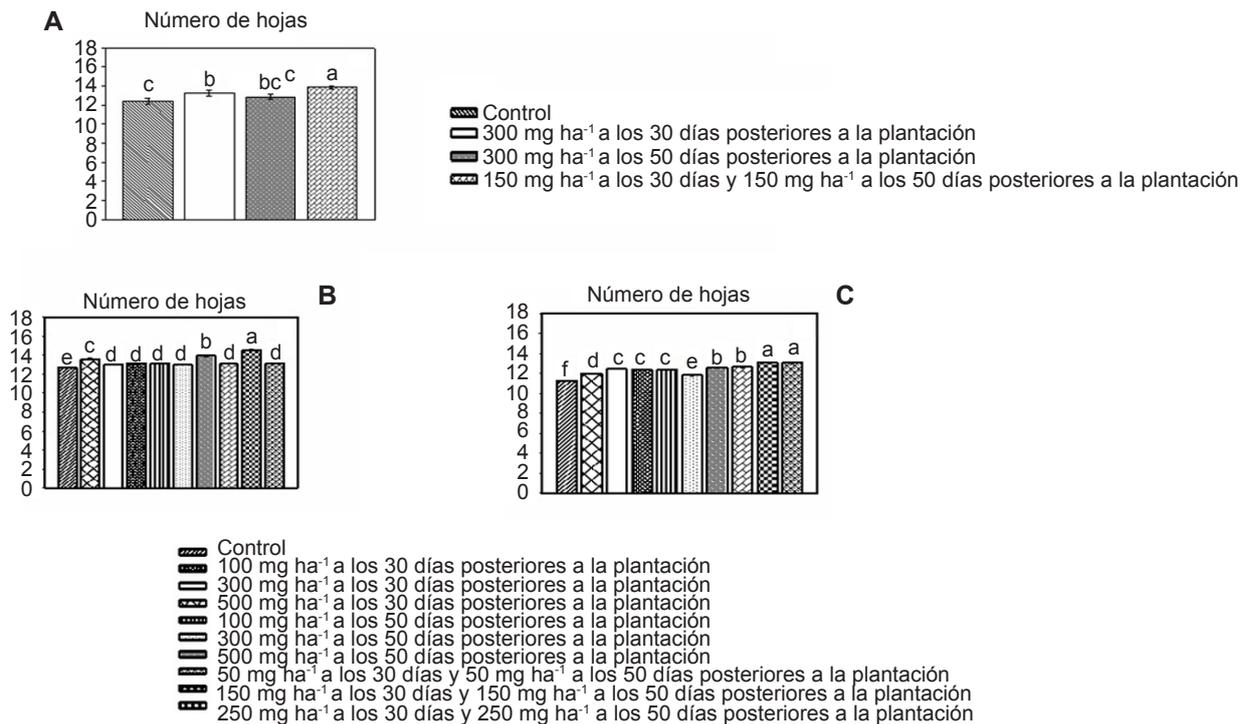
**Figura 2. Diámetro de los tallos (cm) en plantas de papa tratadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos del desarrollo del cultivo.**

Estudios realizados (19) utilizando diferentes formas de aplicación, señalaron que el producto estimuló el crecimiento y el rendimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y al evaluar el crecimiento de plantas de papa tratadas con el polímero de quitosano en condiciones *in vitro*, otro autores indicaron efectos positivos en diferentes variables del crecimiento, tales como: aumento en el número de hojas y en la longitud y diámetro de los tallos (20).

Como se puede apreciar en la Figura 3, QuitoMax estimuló el número de hojas por plantas de la variedad Spunta, constatándose que en los tres ciclos evaluados, la aplicación del producto en dos momentos a la dosis de 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días posteriores a la plantación e igual dosis a los 50 días, resultó el mejor tratamiento entre todos los utilizados al favorecer la formación de un mayor número de hojas.

A partir de estos resultados se puede inferir que en las variantes señaladas hubo un mayor desarrollo de la superficie foliar en el cultivo, lo que sugiere una mayor actividad fotosintética para producir fotoasimilados como fuente de energía que garanticen un buen crecimiento y desarrollo de los tubérculos durante el proceso de tuberización.

Las evidencias indican que la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa necesaria para la producción de biomasa y el correspondiente aporte al incremento del tamaño en masa de los tubérculos, depende del número de hojas y del tamaño que alcancen las mismas, además del comportamiento de las diferentes variables climáticas entre las que las temperaturas juegan el rol principal, ya que afectan el proceso fotosintético, encontrándose las mayores tasas de fotosíntesis en el rango de 15 a 25 °C, declinando sustancialmente la asimilación de CO<sub>2</sub> a rangos superiores, (21).



(A- Primer ciclo, B- Segundo ciclo y C- Tercer ciclo). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para  $p < 0,05$ .

**Figura 3. Número de hojas en plantas de papa tratadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos del desarrollo del cultivo.**

### EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL QUITOSANO EN EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

El análisis estadístico realizado permitió mostrar que QuitoMax influyó en el número de tubérculos por plantas (Figura 4). En el primer ciclo del cultivo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en los que se aplicó el polímero, pero al compararlas con la media encontrada en el control, difieren para una probabilidad del 95 % de confianza, comportándose las medias entre seis y ocho tubérculos por planta.

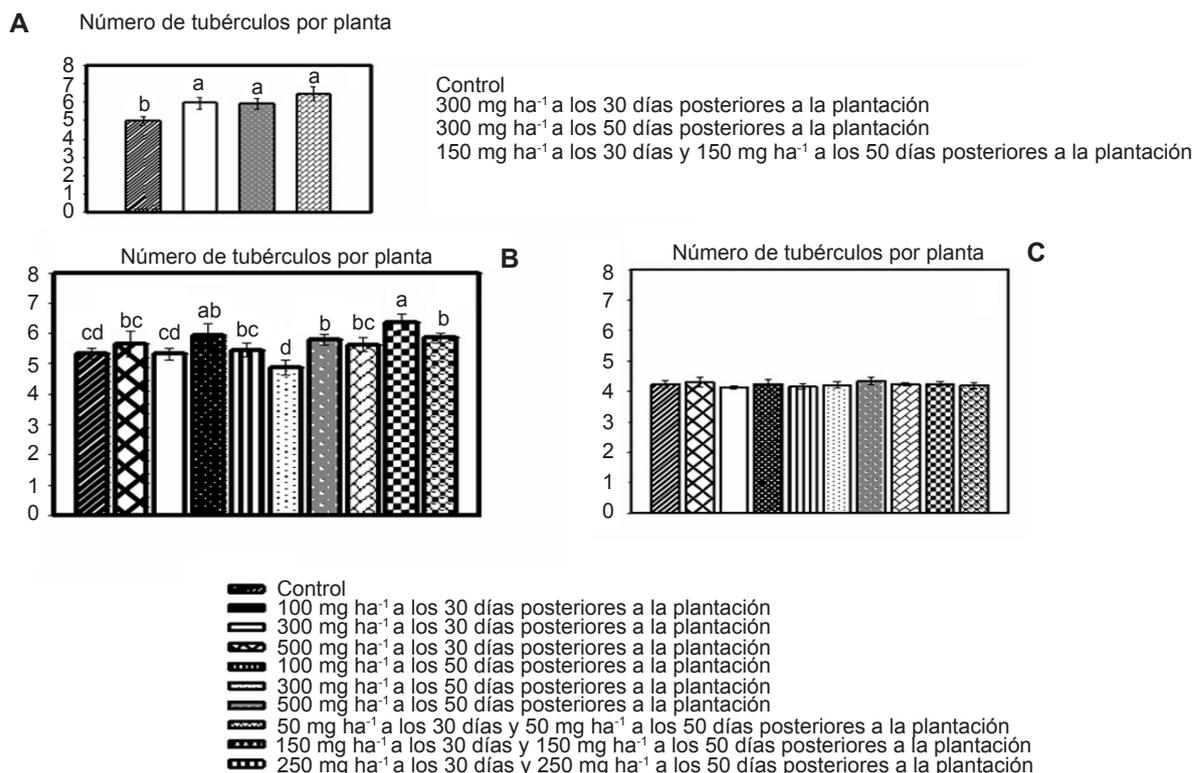
Respecto al análisis del segundo ciclo del cultivo evaluado, se observaron diferencias significativas entre las dosis y momentos de aplicación del polímero, alcanzándose la mayor cantidad de tubérculos en plantas asperjadas con dosis de 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 y 50 días posteriores a la plantación. En el tercer ciclo si bien aparecieron diferencias entre algunos tratamientos, no se pudo definir una clara tendencia en cuanto a las dosis y momentos de aplicación.

Los resultados mostrados por esta variable, pudieran explicarse por el hecho de que el quitosano en aplicaciones foliares incrementa los niveles de hormonas como giberelinas y ácido abscísico (ABA) (15), productos que están muy relacionados con la tuberización y la distribución de la materia seca en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.).

La respuesta mostrada por las plantas tratadas con QuitoMax en su crecimiento pudiera estar relacionada con una mayor resistencia de estas plantas a las enfermedades fungosas en las raíces, similar a lo informado por otros autores en el cultivo del tomate (22). De igual forma se encontraron respuestas positivas en el crecimiento de plantas jóvenes de maíz (*Zea mays* L.) expuestas a diferentes tipos de estrés al ser tratadas con quitosano (23).

En el primer ciclo del cultivo (Tabla I) se encontró que existen diferencias significativas en el comportamiento del número de tubérculos comerciales obtenidos en los diferentes tratamientos, destacándose la variante en la que se aplicaron dos aspersiones foliares de 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 y 50 días posteriores a la plantación, observándose que en esta se alcanzó el mayor número de tubérculos de acuerdo al calibre comercial.

Resulta interesante el hecho de que en los dos ciclos siguientes esta misma variante haya sido la que mejor resultado presentó, difiriendo significativamente de los demás tratamientos. De igual forma, se pudo observar que el tratamiento control fue el que menor número de tubérculos comerciales produjo, lo que permitió inferir que QuitoMax contribuye de manera significativa en el crecimiento de estos, aspecto muy ligado al rendimiento por unidad de superficie.



(A- Primer ciclo, B- Segundo ciclo y C- Tercer ciclo). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para p<0,05.

**Figura 4. Número de tubérculos en plantas de papa tratadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos del desarrollo del cultivo.**

**Tabla I. Número de tubérculos comerciales (mayores de 35 mm) por planta en diferentes ciclos del cultivo de la papa.**

Tratamiento	Ciclo del cultivo 2009-2010		Ciclo del cultivo 2010-2011		Ciclo del cultivo 2011-2012	
	No. Tub.	I.C.	No. Tub.	I.C.	No. Tub.	I.C.
Control	4,53 b	0,19	4,70 c	0,22	5,23 d	0,15
100 mg ha <sup>-1</sup> a los 30 días posteriores a la plantación			4,93 bc	0,29	5,23 d	0,13
100 mg ha <sup>-1</sup> a los 50 días posteriores a la plantación			4,63 c	0,18	5,53 c	0,07
300 mg ha <sup>-1</sup> a los 30 días posteriores a la plantación	5,50 a	0,30	5,00 bc	0,37	5,33 d	0,08
300 mg ha <sup>-1</sup> a los 50 días posteriores a la plantación	5,27 a	0,27	4,78 c	0,12	5,60 c	0,03
500 mg ha <sup>-1</sup> a los 30 días posteriores a la plantación			4,20 d	0,20	5,33 d	0,04
500 mg ha <sup>-1</sup> a los 50 días posteriores a la plantación			4,95 bc	0,20	5,78 a	0,03
50 mg ha <sup>-1</sup> a los 30 días y 50 mg ha <sup>-1</sup> a los 50 días posteriores a la plantación			5,13 b	0,15	5,70 b	0,04
150 mg ha <sup>-1</sup> a los 30 días y 150 mg ha <sup>-1</sup> a los 50 días posteriores a la plantación	5,97 a	0,35	5,65 a	0,26	5,78 a	0,03
250 mg ha <sup>-1</sup> a los 30 días y 250 mg ha <sup>-1</sup> a los 50 días posteriores a la plantación			4,90 bc	0,13	5,73 ab	0,02

Letras desiguales representan diferencias significativas entre las medias. La última columna refleja los intervalos de confianza.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en la producción de este cultivo, lo constituye la calidad del tubérculo, no sólo representada por el número en que se presenten en la categoría de comerciales (calibre >35 mm) y su masa, sino por la calidad interna de los mismos y su contenido de materia seca. Esto último se encuentra íntimamente relacionado con su composición química, y en ello influyen diversos factores como la variedad, el clima, los sistemas de manejo, el año agrícola, la zona de procedencia, la fisiología y el almacenamiento, según se ha señalado (18).

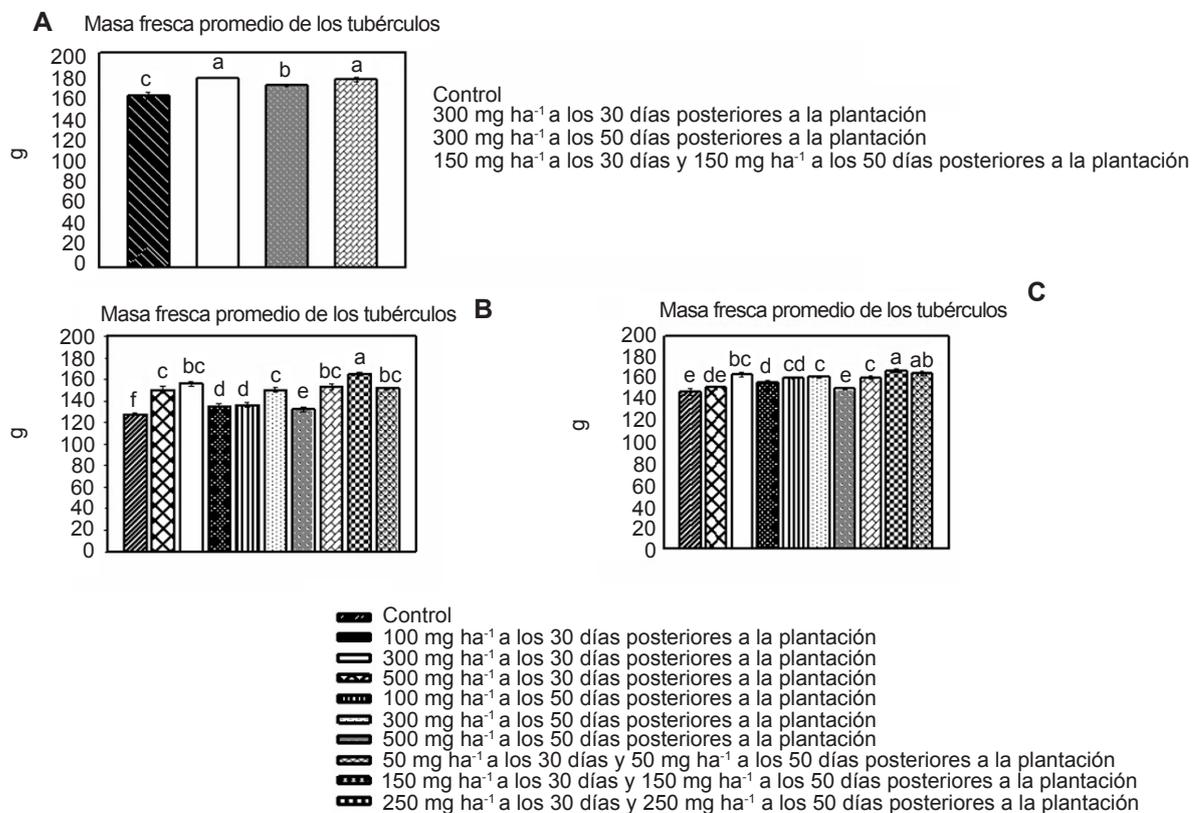
Por otra parte, también se ha comprobado el efecto inductor de estos compuestos en el crecimiento de las raíces (6) y quizás este estímulo, haya sido capaz de manifestarse también a nivel de algunas modificaciones que se producen en las raíces de las plantas, como es el caso de la especie en estudio para los estolones, de los cuales, por un proceso de engrosamiento de los mismos, se producen los tubérculos.

El comportamiento de la masa fresca de los tubérculos encontrada en el primer ciclo del cultivo (Figura 5), mostró que no existen diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos donde se realizaron aplicaciones de producto a los 30 días posteriores a la plantación; sin embargo, se

encontró que la mayor masa fresca de los tubérculos se obtuvo en las plantas asperjadas con dosis de 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 y 50 días, comportamiento que fue ratificado en los dos ciclos del cultivo siguientes, en los que como muestra la figura de manera general, cuando se realizaron dos aplicaciones (30 y 50 días) se obtuvieron tubérculos de mayor tamaño.

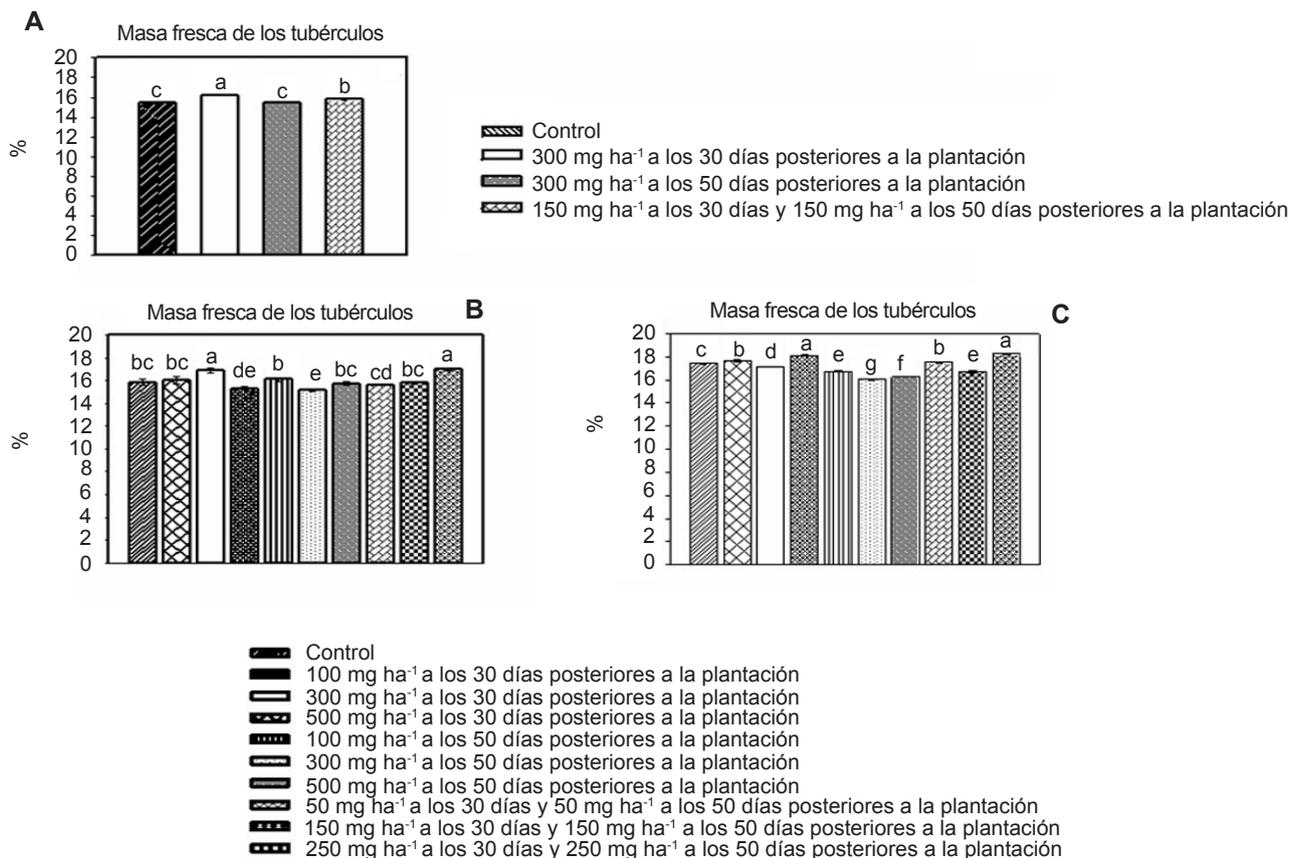
Puede señalarse que la masa promedio de los tubérculos encontrada en este trabajo fue, de manera general, mayor que las informadas por otros autores (24), cuando se estudió la respuesta de este cultivo a diferentes tratamientos combinados de riego con fertilización en las condiciones de Catania Italia, donde el ciclo del cultivo es ligeramente superior, lo que posibilita una mayor acumulación de fotoasimilatos en el tubérculo.

El comportamiento del porcentaje de masa seca de los tubérculos (Figura 6) no mostró una tendencia bien definida entre los tratamientos en los que se aplicó el polímero (QuitoMax), resultando incluso en algunos casos inferior a la obtenida en el tratamiento control. Esto pudiera indicar que el comportamiento de esta variable está más ligado a otros factores, tales como el manejo de la plantación, con preponderancia, quizás por el manejo del agua y los nutrientes.



(A- Primer ciclo, B- Segundo ciclo y C- Tercer ciclo). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para p<0,05.

**Figura 5. Masa fresca de los tubérculos (g) en plantas de papa tratadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos del desarrollo del cultivo.**



(A- Primer ciclo, B- Segundo ciclo y C- Tercer ciclo). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para  $p < 0,05$ .

**Figura 6. Masa seca de los tubérculos (%) en plantas de papa tratadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos del desarrollo del cultivo.**

El rendimiento estimado en base a la masa fresca de los tubérculos por unidad de superficie se presenta en la Figura 7. El análisis estadístico del primer ciclo del cultivo evaluado no reflejó diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos en los que se aplicó QuitoMax, pero al compararla con el control si se encontraron diferencias entre sus medias, alcanzándose un rendimiento de 48,95 t ha<sup>-1</sup>, cuando se realizaron dos aplicaciones de 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 y 50 días posteriores a la plantación.

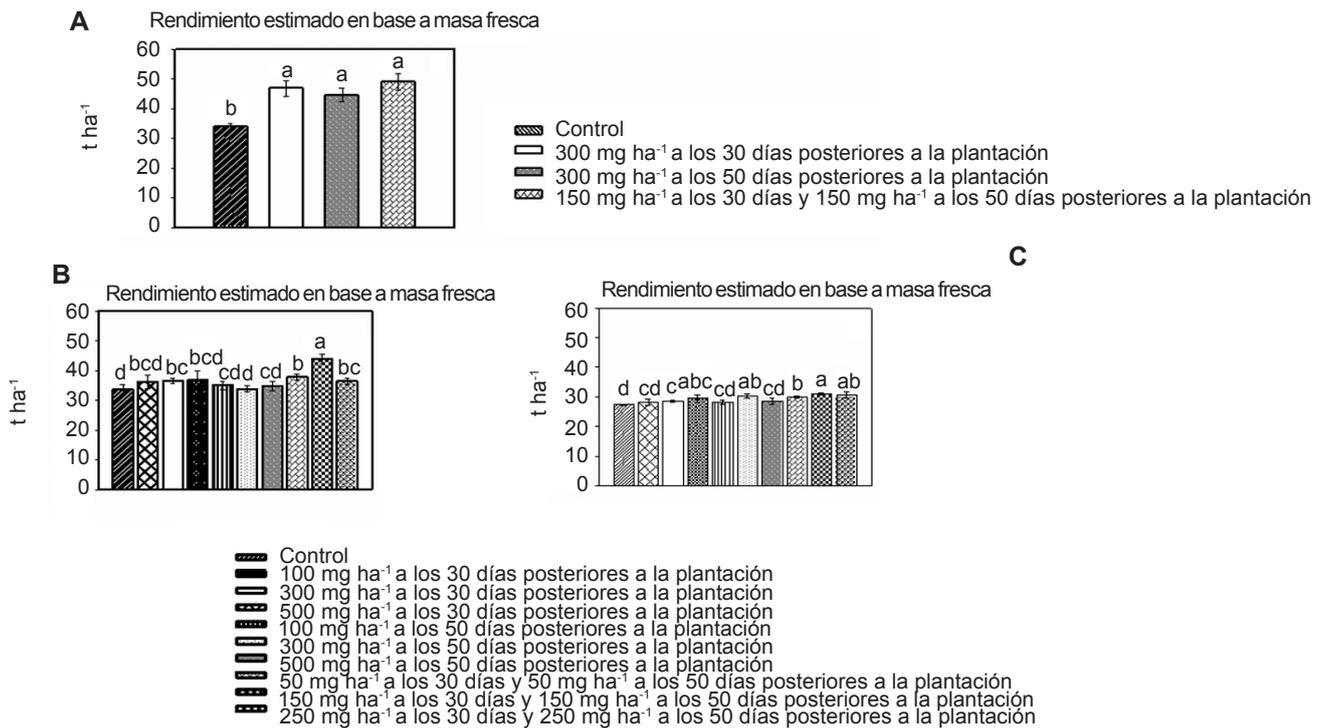
Al analizar los resultados alcanzados en el segundo y el tercer ciclos, se obtuvo diferencias significativas entre las medias de las variantes estudiadas, ratificándose como el mejor tratamiento aquel en el que se aplicaron 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días y esa misma dosis a los 50 días posteriores a la plantación, alcanzándose rendimientos de 44,01 y 42,86 t ha<sup>-1</sup> en el segundo y tercer ciclos, respectivamente.

Rendimientos superiores a las 40 t ha<sup>-1</sup> han sido informados en estudios de diferentes estrategias de riego y suelos en las condiciones de Dinamarca (25). Este hecho resulta interesante teniendo en cuenta que la aplicación de este producto en estas

dosis y momentos son capaces de equiparar los rendimientos de plantaciones desarrolladas en condiciones edafoclimáticas donde las plantas presentan un ciclo de vida superior, mientras que son superiores a los informados por otros autores al estudiar los efectos del riego y la fertilización en las condiciones de Italia (24).

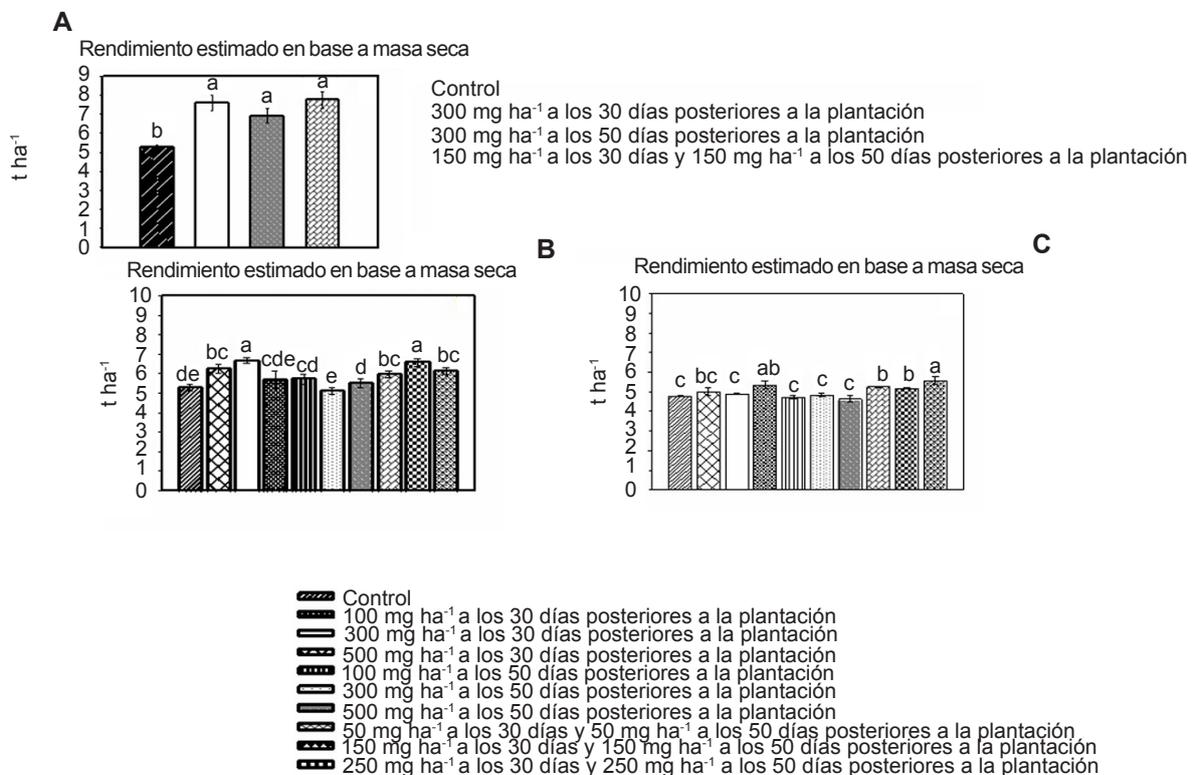
Otros resultados concuerdan en cuanto al incremento del crecimiento y los rendimientos en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) al aplicar quitosano a las semillas al momento de la siembra, seguida de aplicaciones foliares durante el desarrollo del cultivo (19).

El análisis estadístico del comportamiento del rendimiento en base a la masa seca de los tubérculos indicó, que existen diferencias significativas entre las medias que se obtuvieron en las variantes donde se aplicó el polímero en diferentes momentos del desarrollo del cultivo y la del control, respuesta que está en estrecha relación con el rendimiento total obtenido en cada variante, no siendo así para el porcentaje de materia seca en los tubérculos (Figura 8).



(A- Primer ciclo, B- Segundo ciclo y C- Tercer ciclo). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para p<0,0 5.

**Figura 7. Rendimiento estimado en base a la masa fresca (t ha<sup>-1</sup>) en plantas de papa tratadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos del desarrollo del cultivo.**



(A- Primer ciclo, B- Segundo ciclo y C- Tercer ciclo). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para p<0,05.

**Figura 8. Rendimiento estimado en base a la masa seca (t ha<sup>-1</sup>) en plantas de papa tratadas con diferentes dosis de QuitoMax en distintos momentos del desarrollo del cultivo.**

Como se aprecia en la figura, el rendimiento en base a la materia seca fue superior cuando las plantas recibieron las aplicaciones de QuitoMax a los 30 y 50 días posteriores a la plantación, destacándose el tratamiento con dosis de 150 mg ha<sup>-1</sup> por presentar los más altos valores en los tres ciclos del cultivo evaluados. En tal sentido, al parecer existe una complementariedad entre estas dos aplicaciones, la primera en fortalecer a la planta ante la posible entrada de enfermedades (26) y, en segundo lugar, estimulando el movimiento de los asimilatos hacia el tubérculo, lo que contribuye positivamente en la acumulación de materia seca en este órgano (27).

## CONCLUSIONES

A modo de conclusión se puede señalar que los resultados encontrados en el presente trabajo indican que al aplicar la dosis de 150 mg ha<sup>-1</sup> a los 30 días y una dosis similar a los 50 días posteriores a la plantación, se logra estimular suficientemente los procesos fisiológicos en el cultivo de la papa, los que repercuten en un mayor crecimiento y desarrollo de esta planta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Velásquez, C.L. "Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica", *Revista UDO Agrícola*, vol. 8, no. 1, 2008, pp. 1–22, ISSN 1317-9152.
- Badawy, M.E.I. y Rabea, E.I. "A Biopolymer Chitosan and Its Derivatives as Promising Antimicrobial Agents against Plant Pathogens and Their Applications in Crop Protection", *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, vol. 2011, 19 de junio de 2011, p. 29, ISSN 1687-9341, DOI 10.1155/2011/460381.
- Hadrami, A. El.; Adam, L.R.; Hadrami, I. El. y Daayf, F. "Chitosan in plant protection", *Marine drugs*, vol. 8, no. 4, 2010, pp. 968–987, ISSN 1660-3397.
- 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-Rodríguez, A.B.; Costales, D.; Cabrera, J.C. y Martínez-Téllez, 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 Rodríguez, A.; Costales Menéndez, D.; Martínez Téllez, 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, p. 668, ISBN 978-1-4398-1604-2.
- Sheikha, S.A. y Malki, F.M. Al-. "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.
- Yang, F.; Hu, J.; Li, J.; Wu, X. y Qian, Y. "Chitosan enhances leaf membrane stability and antioxidant enzyme activities in apple seedlings under drought stress", *Plant Growth Regulation*, vol. 58, no. 2, 4 de febrero de 2009, pp. 131-136, ISSN 0167-6903, 1573-5087, DOI 10.1007/s10725-009-9361-4.
- Echevarría Hernández, A.; Cruz Triana, A.; Rivero González, D.; Rodríguez Pedroso, A.T.; Ramirez Arrebató, M.A. y Cárdenas Travieso, 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 Boonlertnirun, 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.
- Lee, Y.-S.; Kim, Y.-H. y Kim, S.-B. "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, p. 93, ISBN 978-959-7023-77-7.
- Deroncelé, R.; Salomón, J.; Manso, F.; Linares, J.; Santo, R.; Roque, R.; González, P.; Navarro, H. y Tabera, O. *Guía técnica para la producción de papa en Cuba*, edit. Instituto de Investigaciones Hortícolas, La Habana, Cuba, 2000, p. 42, ISBN 959-7111-05-05.

19. Boonlernirun, 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.
20. 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.
21. Timlin, D.; Lutfur Rahman, S.M.; Baker, J.; Reddy, V.R.; Fleisher, D. y Quebedeaux, B. "Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature", *Agronomy Journal*, vol. 98, no. 5, 2006, pp. 1195–1203, ISSN 0002-1962, 1435-0645.
22. Borkowski, J.; Dyki, B.; Felczyńska, 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.
23. Lizárraga-Paulín, E.G.; Torres-Pacheco, I.; Moreno-Martínez, E. y Miranda-Castro, 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, 26 de septiembre de 2013, pp. 6439-6446, ISSN 1684-5315, DOI 10.4314/ajb.v10i34.
24. Iema, A.; Pandino, G.; Lombardo, S. y Mauromicale, G. "Tuber yield, water and fertilizer productivity in early potato as affected by a combination of irrigation and fertilization", *Agricultural Water Management*, vol. 101, no. 1, 1 de diciembre de 2011, pp. 35-41, ISSN 0378-3774, DOI 10.1016/j.agwat.2011.08.024.
25. Ahmadi, S.H.; Andersen, M.N.; Plauborg, F.; Poulsen, R.T.; Jensen, C.R.; Sepaskhah, A.R. y Hansen, S. "Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: yield and water productivity", *Agricultural Water Management*, vol. 97, no. 11, 2010, pp. 1923–1930, ISSN 0378-3774, DOI 10.1016/j.agwat.2010.07.007.
26. Yan, J.; Cao, J.; Jiang, W. y Zhao, Y. "Effects of preharvest oligochitosan sprays on postharvest fungal diseases, storage quality, and defense responses in jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) fruit", *Scientia Horticulturae*, vol. 142, 13 de julio de 2012, pp. 196-204, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2012.05.025.
27. Mármol, Z.; Páez, G.; Rincón, M.; Araujo, K.; Aiello, C.; Chandler, C. y Gutiérrez, E. "Quitina y quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones", *Revista Tecnocientífica URU*, no. 1, 2011, pp. 53–58, ISSN 2244 - 775.

Recibido: 21 de agosto de 2014

Aceptado: 4 de febrero de 2015

#### ¿Cómo citar?

Morales Guevara, Donaldo; Torres Hernández, Liliddrey; Jerez Mompié, Eduardo; Falcón Rodríguez, Alejandro y Dell' Amico Rodríguez, José. Efecto del QuitoMax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L). [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 3, pp. 133-143. ISSN 1819-4087. [Consultado: \_\_\_\_]. Disponible en: <----->.