*Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024*
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

# Efecto de Quitomax® en la promoción del crecimiento de plantas producidas *in vitro* de papa

**Zelma M Carvajal[1*], Ángela A Torres Ruiz[2], Mileidy Cruz-Martín[1], Mayra Acosta-Suárez[1], Berkis Roque[1], Tatiana Pichardo[1], Eloísa Rodríguez[1], Tania E Capote Domínguez[2], Rolando Mesa[3], Yelenys Alvarado-Capó[1]**

[1]Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 54830.

[2]Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 54 830.

[3]UEB Agroindustrial El Valle, Empresa Agropecuaria Valle del Yabú. Carretera a Sagua km 4. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 50 100.

**RESUMEN**

El uso de bioestimulantes tiene efectos beneficiosos en la promoción del crecimiento de las plantas. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de Quitomax® en la promoción del crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) producidas *in vitro*. Se evaluaron *in vitro* tres concentraciones de Quitomax® (1, 10 y 100 mg $l^{-1}$) en el medio de cultivo para la propagación de plantas *in vitro* y para la formación de microtubérculos. En ambos casos se empleó un control sin el bioproducto. Así mismo se evaluó en cultivo protegido, el crecimiento de plantas *in vitro* y la producción de minitubérculos, con la aplicación foliar de Quitomax® (50, 150 y 250 mg $ha^{-1}$) en dos momentos del cultivo. Como resultados se encontró que fue posible obtener brotes y microtubérculos a partir de segmentos uninodales de tallo en presencia del bioproducto cubano Quitomax® en el medio de cultivo. Los mejores resultados se obtuvieron con 100 mg $l^{-1}$. En condiciones de cultivo protegido, se pudo constatar el efecto bioestimulante de Quitomax® en plantas obtenidas *in vitro* de papa. El tratamiento que resultó más efectivo correspondió a la aplicación foliar de Quitomax® (150 mg $ha^{-1}$) a los 20 y 40 días de plantación. Se evidenció el efecto bioestimulante tanto *in vitro* como *ex vitro* de Quitomax® en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este resultado contribuye a la producción de semilla original de papa por métodos biotecnológicos y a la seguridad alimentaria del país.

**Palabras clave:** bioestimulante, oligosacarinas, *Solanum tuberosum*

**Editora:**
Yelenys Alvarado-Capó
Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

***Correspondencia:**
e-mail: zelma@ibp.co.cu

**Recibido:** 07-01-2024
**Aceptado:** 28-02-2024

**Copyright:**
Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/ Está permitido su uso, distribución o reproducción citando la fuente original y los autores.

# Effect of Quitomax® in growth promotion of *in vitro* produced potato plants

**ABSTRACT**

The use of biostimulants has beneficial effects in promoting plant growth. The objective of this work was to determine the effect of Quitomax® in promoting the growth of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) produced *in vitro*. Three concentrations of Quitomax (1, 10 and 100 mg $l^{-1}$) were evaluated *in vitro* in the culture medium for the propagation of plants *in vitro* and for the formation of microtubers. In both cases, a control without the bioproduct was used. Likewise,

*Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024*
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

the growth of plants *in vitro* and the production of minitubers were evaluated in protected culture, with the foliar application of Quitomax® (50, 150 and 250 mg $ha^{-1}$) at two times of the culture. As a result, it was found that it was possible to obtain shoots and microtubers from uninodal stem segments in the presence of the Cuban bioproduct Quitomax® in the culture medium. The best results were obtained with 100 mg $l^{-1}$. Under the protected culture conditions, the biostimulant effect of Quitomax® was observed in *in vitro* potato plants. The most effective treatment was the foliar application of Quitomax® (150 mg $ha^{-1}$) at 20 and 40 days after plantation. The biostimulant effect of Quitomax® was evident both *in vitro* and *ex vitro* on the growth and development of potato plants. This result contributes to the production of original potato seed by biotechnological methods and to food security in the country.

**Keywords:** biostimulant, oligosaccharins, *Solanum tuberosum*

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) tiene gran importancia en el sistema alimentario mundial por su elevado valor como cultivo de seguridad alimentaria. Debido a su adaptabilidad, su capacidad de rendimiento, su contribución nutricional y como componente de sistemas de cultivos diversificados, tiene una larga historia de ayudar a mejorar los ingresos en tiempos de crisis. Se cultiva en aproximadamente 20 millones de hectáreas de tierras agrícolas en todo el mundo (en la zona templada del hemisferio norte, en la región tropical, principalmente en las tierras altas de Los Andes, de África y las montañas volcánicas de África occidental y el sudeste asiático). En los subtrópicos, es un cultivo de invierno. La producción mundial asciende a 366 millones de toneladas, aún bajo los efectos del cambio climático y los entornos cambiantes del mercado (Devaux *et al.,* 2021; Bradshaw, 2021).

Sin embargo, la producción de este cultivo se ve amenazada por la degeneración de la semilla debido a la acumulación de enfermedades y plagas transmitidas durante la propagación vegetativa en ciclos de cultivo consecutivos. Esto conduce a una reducción en la calidad de la semilla y a la disminución del rendimiento agrícola. Para solucionar estas problemáticas se necesitan mejoras en las prácticas agronómicas, en la producción de semillas y la obtención de variedades tolerantes/resistentes a factores bióticos y abióticos, más productivas y nutritivas que se adapten al entorno cambiante (Struik y Wiersema, 1999; Dahal *et al.,* 2019).

Mediante técnicas de cultivo *in vitro* pueden obtenerse plantas de papa libres de organismos patógenos y propagar de forma masiva los cultivares de interés para la producción de semilla original. El método de propagación más utilizado es la organogénesis donde a partir del cultivo de meristemos y la multiplicación posterior de yemas axilares pueden alcanzarse volúmenes elevados de plantas (Agramonte, 1999).

El uso de bioestimulantes, dados los efectos beneficiosos que estos ejercen en la promoción del crecimiento de las plantas comienzan a extenderse en la agricultura internacional. Aquellos conformados con polímeros y otros derivados de quitosana hoy tienen gran aceptación (Morales-Guevara *et al.,* 2015; Falcón *et al.,* 2021). Las oligosacarinas, en específico la quitosana, son carbohidratos

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

complejos capaces de modelar el crecimiento y el desarrollo de las plantas a bajas concentraciones. El empleo de estos bioestimulantes permite hacer un uso más racional de los recursos, disminuir los costos de producción sin afectar la calidad y los rendimientos de los cultivos, además de incrementar la resistencia de las plantas a las condiciones de estrés hídrico, salino y altas temperaturas. Todos estos aspectos son importantes a considerar en las condiciones de producción de Cuba (Jerez-Mompie *et al.,* 2018) y pudieran tener gran impacto su uso en la propagación *in vitro* de plantas.

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 organismos patógenos (Hadrami *et al.,* 2010; Meng *et al.,* 2010; Falcón-Rodríguez *et al.,* 2011; Falcón-Rodríguez *et al.,* 2012), actividad antimicrobiana directa (Badawy y Rabea, 2011; Falcón-Rodríguez *et al.,* 2012), la estimulación del crecimiento, desarrollo y los rendimientos en cultivos de interés (Kim, 2010; Sheikha y Malki, 2011; Mahdavi, 2013), así como, sus características de compuesto inocuo y biodegradable (Velásquez, 2008; Badawy y Rabea, 2011).

En Cuba, se han informado resultados en este campo que abarcan el empleo de oligosacarinas entre las cuales se encuentra el Quitomax®, como bioestimulantes en la agricultura (Falcón *et al.,* 2021). El efecto de este producto (oligosacárido proveniente del carapacho de crustáceos a base de polímeros de quitosano) ha sido evaluado en el crecimiento del cultivo de papa en condiciones de campo, donde se ha demostrado la viabilidad del producto y los efectos positivos que ejerce en los cultivos en distintas concentraciones y formas de aplicación (Morales-Guevara *et al.,* 2015). Quitomax® también ha sido utilizado en otros cultivos de interés como son arroz (*Oryza sativa* L.) (Rodríguez *et al.,* 2017), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Terry *et al.,* 2017), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Morales-Guevara *et al.,* 2016) y caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L.) (Jiménez *et al.,* 2023).

A partir de los resultados de la aplicación de Quitomax® en el mejoramiento de la respuesta de plantas de papa en campo y los efectos positivos de quitosano en el cultivo *in vitro* de papa (Jiménez-Terry *et al*., 2006; Kowalski *et al.,* 2006; Asghari-Zakaria *et al*., 2009), la inclusión de este bioproducto cubano en medio de cultivo de las plantas *in vitro* podría mejorar las características de las plantas e incidir sobre su respuesta en la producción de minitubérculos en cultivo protegido.

Considerando lo anterior, para el desarrollo de este trabajo se propuso como objetivo determinar el efecto de Quitomax® en la promoción del crecimiento de plantas de papa producidas *in vitro.* Para ello se determinó el efecto de Quitomax® en la multiplicación *in vitro* de plantas de papa y en la formación de microtubérculos y se evaluó la respuesta morfofisiológica de plantas *in vitro* de papa a la aspersión foliar con Quitomax® en cultivo protegido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Los ensayos en cultivo protegido se realizaron en las casas de cultivo de la UEB

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

Agroindustrial El Valle de la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú, en Santa Clara, Cuba.

*Material vegetal*

Como material vegetal se utilizaron plantas *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. IBP-4 propagadas *in vitro* con fines de investigación, según los protocolos establecidos por Agramonte (1999) e IBP (2005). Este cultivar es objeto de estudio en el IBP dentro del Programa de Mejoramiento Genético de la especie.

*Bioproducto*

Se empleó Quitomax®, bioproducto cubano producido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en cuya composición cuenta con: quitosano 4.0 g $l^{-1}$, ácido acético 0.4%, potasio 0.07%, benzoato de sodio 0.05%).

*Procedimientos generales*

Todos los experimentos *in vitro* fueron realizados en equipo de flujo laminar horizontal (FASTER Bio 60). La cristalería fue esterilizada mediante calor seco en estufa (HC62A) a 180 °C durante dos horas. Para la multiplicación *in vitro* de las plantas y la formación de microtubérculos se utilizó el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) (BioCen). El pH se ajustó a 5.8 antes de la esterilización por calor húmedo en autoclave (AC3701) a 121 °C y 1.2 atm de presión durante 20 minutos.

El instrumental para el manejo de las plantas *in vitro* (pinzas y bisturíes) se desinfectó en una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% (v/v). Los platos metálicos sobre los que se corta el material vegetal se esterilizaron a 180 °C en estufa durante 2 h. Todo el material vegetal se manipuló en condiciones de asepsia en cabina de flujo laminar horizontal.

*Análisis estadístico*

Los datos de las variables evaluadas se registraron y se sometieron a análisis de los supuestos de normalidad por la prueba de Kolmogorov Smirnov y de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Además, se hicieron análisis mediante estadística descriptiva. Se empleó el software SPSS versión 26.0 y todos los análisis se efectuaron para un nivel de significación $p<0.05$.

**Efecto de diferentes concentraciones de Quitomax® en el medio de cultivo sobre el crecimiento de plantas *in vitro* de papa**

La respuesta de las plantas *in vitro* al Quitomax® se evaluó mediante el bioensayo de segmentos de tallo con una yema (segmentos uninodales) (Zhang y Donnelly, 1997). Se utilizó el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) con 100 mg $l^{-1}$ de mio-inositol, 1.0 mg $l^{-1}$ de tiamina, 3.0% de sacarosa, 2 g $l^{-1}$ agar y pH 5.6.

En recipientes de cultivo de 500 ml de capacidad con 40 ml de medio de cultivo se colocaron 15 explantes (segmentos uninodales de aprox. 1 cm y con una hoja). En todos los casos se tomaron los segmentos de la zona media de la planta *in vitro* y tanto el ápice como la base se descartaron. Por cada tratamiento se

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

emplearon cuatro recipientes de cultivo (n=60). Tomando como referencia el trabajo de Jiménez-Terry *et al*. (2006) con el empleo de quitosano en el cultivo *in vitro* de papa se añadió Quitomax® (100, 10 y 1 mg $l^{-1}$) al medio de cultivo previo a su esterilización. Se incluyó medio de cultivo sin Quitomax® como control.

Los recipientes de cultivo, se colocaron en cámara de crecimiento climatizada a 22±2 °C y un fotoperiodo de 16 h luz y 8 oscuridad mediante luz artificial blanca con un rango de densidad de Flujo de Fotones Fotosintéticos (DFFF) entre 40 a 85 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ (Figura 1 A).

Después de 30 días de cultivo se cuantificó el número de explantes que formaron brotes en cada tratamiento y se expresó como porcentaje de plantas *in vitro*. Se describieron sus características fenotípicas, se midió su altura y se cuantificó el número de entrenudos por planta. La altura se midió desde la base hasta el ápice (cm).

Los resultados de las variables evaluadas se compararon entre los tratamientos y el control mediante la prueba H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para $p<0.05$.

**Efecto del Quitomax® en la formación de microtubérculos de papa**

Con el objetivo de evaluar el efecto de Quitomax® en la tuberización se realizó el bioensayo para la formación de microtubérculos (Zhang y Donnelly, 1997).

El procedimiento inicial y los tratamientos fueron similares a lo descrito anteriormente. El medio de cultivo de similar composición y 8.0% de sacarosa se distribuyó en placas de Petri de 9 cm de diámetro. Se colocaron 15 segmentos uninodales con una hoja por placa de Petri (Figura 1 B) y estas se ubicaron en una cámara (Gallenkap) a 22 ± 2 °C y oscuridad. Se emplearon tres placas de Petri por tratamiento (n=45) y se incluyó un control sin Quitomax®. Se evaluaron las variables: número de explantes que formaron microtubérculos, diámetro de los tubérculos (cm), y masa seca de los microtubérculos (mg).

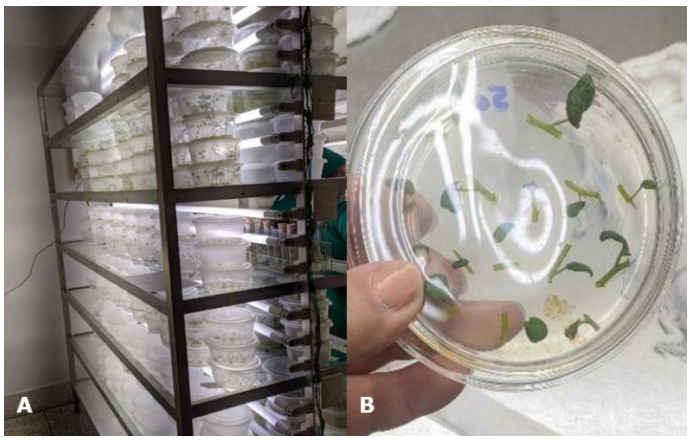



**Figura 1.** Condiciones de cultivo de plantas *in vitro* de papa *(Solanum tuberosum* L.) (A). Disposición de segmentos uninodales de plantas *in vitro* de papa para la formación de microtubérculos en presencia de Quitomax® (B).

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

Los resultados de las variables evaluadas se compararon entre los tratamientos y el control mediante la prueba H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para $p<0.05$.

**Evaluación de la respuesta morfofisiológica de plantas *in vitro* de papa en cultivo protegido a la aplicación de Quitomax®**

Plantas *in vitro* de papa aclimatizadas durante 15 días en contenedores de polieturano de 150 alvéolos con abono orgánico (estiércol vacuno descompuesto) como sustrato, se plantaron en canteros a una distancia de 10 cm entre plantas y 20 cm entre hileras en cultivo protegido en una casa de cultivo.

Los canteros de 100 cm de ancho, 43 m de largo y 30.0 cm de altura se conformaron sobre un suelo pardo mullido medianamente lavado (Hernández *et al*., 2015), de textura arcillosa enriquecido con abono orgánico (20 t $ha^{-1}$ de estiércol vacuno descompuesto). En cada uno se dispusieron tres hileras de plantas con dos mangueras para el riego por goteo, con fertirriego automatizado, con emisores (goteros) a 0.20 cm, un caudal de 2 l $h^{-1}$ (eficiencia 95%) (Figura 2). Para el ensayo se marcaron parcelas de 1 $m^2$ con 13 plantas por metro lineal para un total de 36 plantas, con tres réplicas por tratamiento. El riego y la fertilización se realizaron diariamente con un tiempo de riego y dosificación según la fase fenológica del cultivo.

**Figura 2.** Plantas *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. en cultivo protegido para la producción de minitubérculos con 20 días de plantadas.

A partir de los estudios de Morales-Guevara *et al.* (2015) en campo con la aplicación de Quitomax® sobre plantas de papa cv. Spunta se evaluaron los siguientes tratamientos 50, 150 y 250 mg $ha^{-1}$ a los 20 y 40 días después de la

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

plantación. Quitomax® se aplicó por aspersión foliar con una mochila de 8 l de capacidad. Se incluyó un control sin Quitomax®.

A los 40 días posteriores a la plantación en un muestreo al azar dentro de las parcelas, se seleccionaron 30 plantas por tratamiento y se midió con cinta métrica la altura de la planta (cm) desde la base hasta el ápice en el tallo principal.

A los 60 días en una muestra de seis plantas por tratamiento tomadas al azar en las parcelas experimentales se cuantificaron el número de tallos por planta, el número de foliolos por planta y el número de minitubérculos por planta. Además, se midió la altura de la planta desde la base hasta el ápice del tallo principal (cm), el grosor del tallo principal (cm), el diámetro (cm) y la longitud de los minitubérculos (cm). La variable diámetro se midió con pie de rey, altura y longitud con regla graduada.

Los resultados de las variables evaluadas se compararon entre los tratamientos y el control mediante la prueba H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para $p<0.05$.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

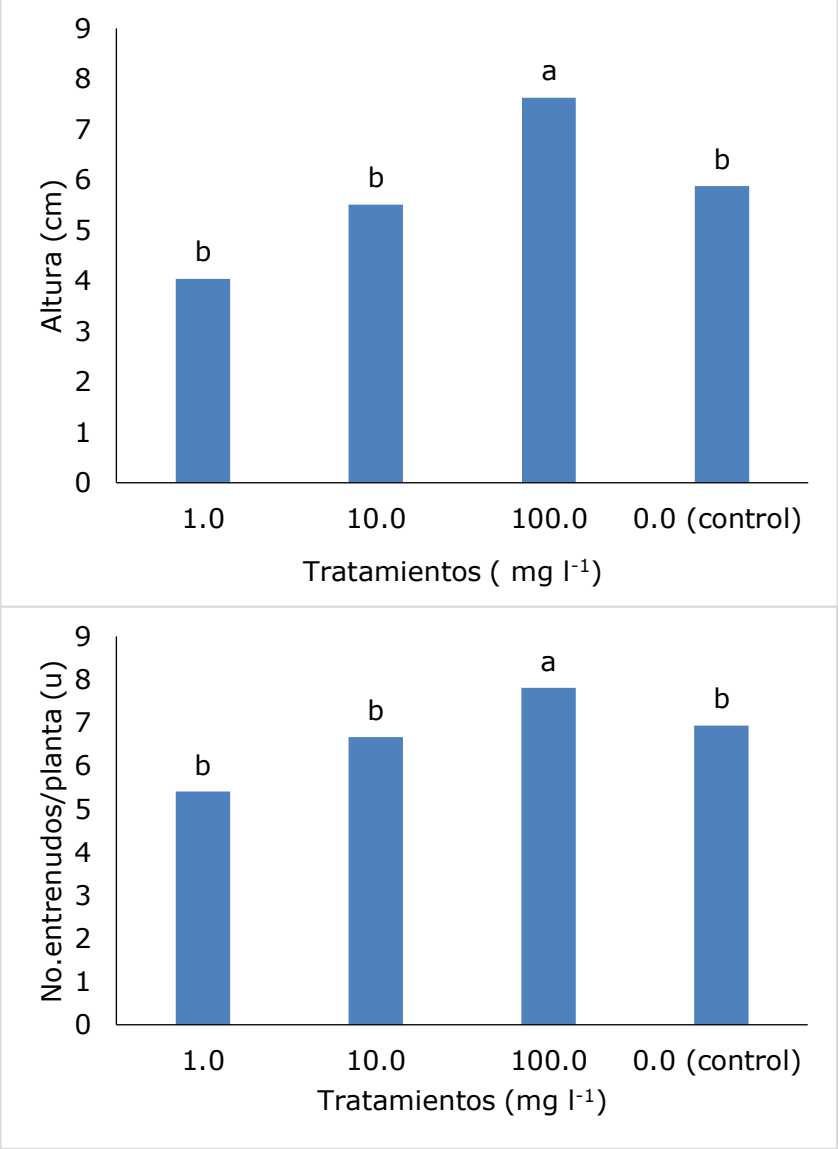
### Efecto de Quitomax® sobre el crecimiento *in vitro* de plantas de papa

El bioensayo utilizado para evaluar la respuesta in *vitro* de plantas de papa a la aplicación de Quitomax® resultó útil para este propósito. A partir de los segmentos uninodales de tallo con una yema axilar y una hoja se formaron plantas *in vitro* cuyas características estuvieron relacionadas con las concentraciones ensayadas. En todos los tratamientos se obtuvieron plantas *in vitro* (Figura 3).

**Figura 3**. Plantas *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. a los 30 días de cultivo *in vitro* en diferentes concentraciones de Quitomax® A. Control, B. 100 mg $l^{-1}$ Quitomax® , C. 10 mg $l^{-1}$ Quitomax® , D. 1 mg $l^{-1}$.

El 100% de los explantes uninodales dieron lugar a plantas *in vitro* en los tratamientos control, 100 y 10 mg $l^{-1}$ de Quitomax® . Esta variable se redujo en un 20% en el tratamiento con 1 mg $l^{-1}$. En todos los casos se formaron raíces. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en cuanto a la altura de las plantas y el número de entrenudos en el tratamiento donde se aplicaron 100 mg $l^{-1}$ de Quitomax® respecto al resto de los tratamientos (Figura 4).

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154




*Letras diferentes sobre barras indican diferencias entre los rangos medios según las pruebas H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para p<0.05.*

**Figura 4.** Efecto de Quitomax® en la propagación *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. a los 30 días de cultivo sobre la altura de las plantas *in vitro* y el número de entrenudos por planta (n=45).

Estos resultados sugieren que Quitomax® promueve el crecimiento de las plantas *in vitro* de papa y podría ser aplicado a este nivel. Se requiere llevar a cabo estudios bioquímicos que expliquen el efecto promotor del crecimiento de este compuesto a nivel *in vitro* y validen la factibilidad de su empleo. De acuerdo con los resultados, se obtuvo una respuesta diferencial de las plantas a las concentraciones de Quitomax® en el medio de cultivo en el bioensayo de segmentos uninodales de plantas *in vitro.* Se alcanzaron los mayores valores de las variables evaluadas con la concentración de 100 mg $l^{-1}$.

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

En correspondencia con lo anterior, estudios previos han indicado que la aplicación de derivados de quitina puede estimular el crecimiento *in vitro* de plantas de papa. En este sentido, Kowalski *et al.* (2006) demostraron los efectos de la aplicación de quitosano soluble en medio de cultivo semisólido para la multiplicación *in vitro* y asperjado en condiciones *ex vitro* en plantas de papa cv. Desirée. La calidad de los microtubérculos derivados de los tratamientos con quitosano *in vitro,* solo y en combinación con el tratamiento foliar en la aclimatización, incidió en obtener plantas en campo con mayor número de tubérculos y mayor rendimiento. De igual forma, Jiménez-Terry *et al*. (2006) informaron que la adición de 10 mg $l^{-1}$ de quitosano al medio de cultivo se logró un efecto favorable sobre la altura de las plantas, el número de hojas y la masa fresca de las plantas. Además, mejoró la calidad del crecimiento de las plantas *in vitro* e influyó en el incremento del número y masa de los minitubérculos en la casa de cultivo. Así mismo, Asghari-Zakaria *et al.* (2009) informaron que la aplicación de quitosano soluble en el cultivo *in vitro* de papa cv. Agria a una concentración superior (500 mg $l^{-1}$) resultó en un incremento en la masa fresca de los explantes, mejoró la aclimatización, incrementó el número de minitubérculos y el rendimiento.

**Efecto del Quitomax® en la formación de microtubérculos de papa**

Los segmentos nodales de las plantas *in vitro* formaron microtubérculos en medio de cultivo con 8.0% de sacarosa lo cual permitió evaluar el efecto del Quitomax® en este proceso morfogenético (Figura 5).

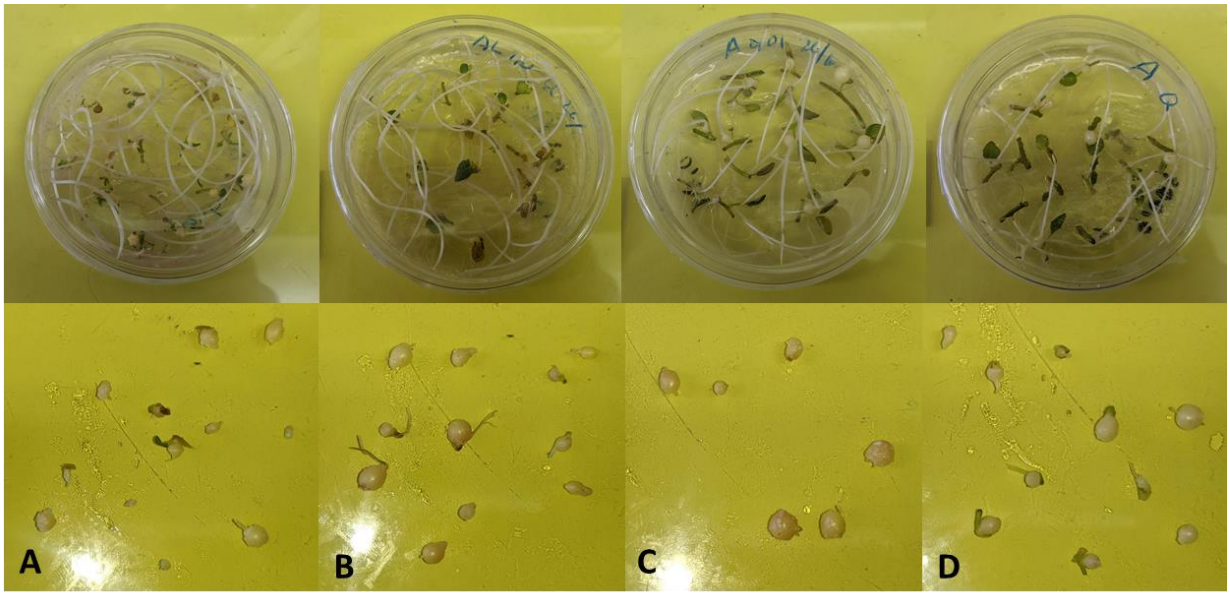


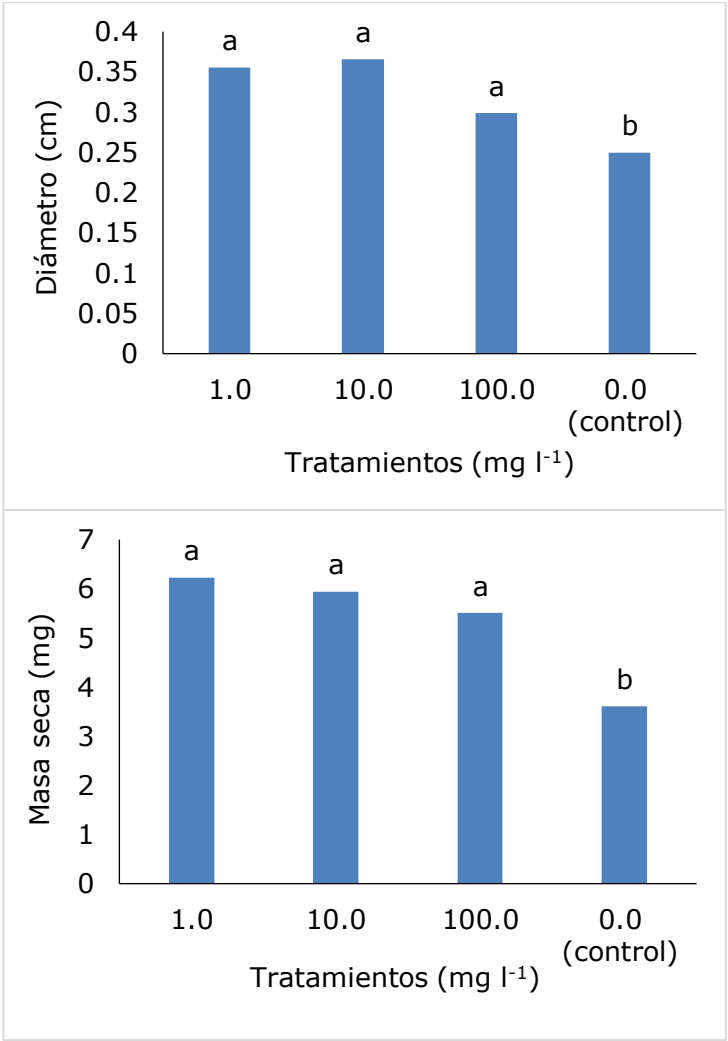

**Figura 5**. Microtubérculos de *Solanum tuberosum* L. en medio de cultivo con Quitomax®. A. Control, B. 100 mg $l^{-1}$ Quitomax® , C. 10 mg $l^{-1}$ Quitomax® , D. 1 mg $l^{-1}$ Quitomax®.

La presencia de Quitomax® no afectó las características morfológicas de los microtubérculos que se formaron. El color de la piel de los microtubérculos obtenidos en condiciones de oscuridad fue blanca y con las lenticelas elevadas

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

que dan un aspecto rugoso. Se observó una tendencia a la formación de brotes y raíces, además de los microtubérculos posiblemente influenciada por variaciones en las condiciones de cultivo. Sin embargo, se constató que la respuesta de los segmentos nodales a la formación de microtubérculos en presencia de Quitomax® dependió de la concentración del producto (Figura 6).

El 80% de los segmentos uninodales en el tratamiento control formaron microtubérculos, este porcentaje se incrementó en 13% en el tratamiento en que se empleó 1 mg $l^{-1}$ de Quitomax®. Sin embargo, con 10 mg $l^{-1}$ y 100 mg $l^{-1}$ se observó una reducción del número de explantes que formaron microtubérculos (30 y 66.7% respectivamente) lo cual pudo estar influenciado por la formación de brotes en lugar de microtubérculos en los explantes.




*Letras diferentes sobre barras indican diferencias entre los rangos medios según las pruebas H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para p<0.05*

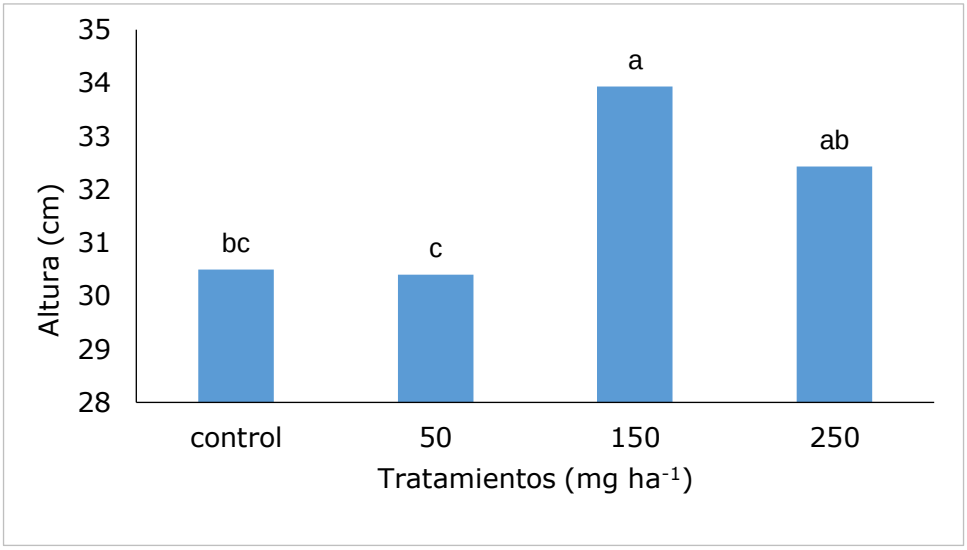
**Figura 6**. Efecto de Quitomax® en la formación de microtubérculos de *Solanum tuberosum* L. sobre el diámetro y la masa seca de microtubérculos.

*Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024*
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

La masa seca de los microtubérculos en todos los tratamientos con Quitomax® fue superior a la del tratamiento control. Así mismo, fue donde se observaron los mayores valores de diámetro de los microtubérculos sin diferencias significativas entre los tratamientos.

**Evaluación de la aplicación de Quitomax® en el crecimiento y desarrollo de plantas *in vitro* de papa en cultivo protegido**

Desde los 20 días posteriores a la aplicación del bioproducto en plantas *in vitro* empleadas para la producción de minitubérculos en cultivo protegido se observó que Quitomax® estimuló el crecimiento de las plantas *in vitro* de papa. La dosis de 150 mg $ha^{-1}$, resultó el mejor tratamiento entre todos los utilizados al incrementar significativamente la altura de la planta respecto al tratamiento control (Figura 7).




*Letras diferentes sobre barras indican diferencias entre los rangos medios según las pruebas H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para p<0.05.*

**Figura 7**. Efecto de Quitomax® a los 40 días de cultivo en la altura de plantas *in vitro* de *Solanum tuberosum* cv. IBP-4 en cultivo protegido para la producción de minitubérculos.

Los resultados fueron consistentes con los informados por varios investigadores que han encontrado efectos favorables por la aplicación de Quitomax® en el crecimiento de plantas de diferentes especies. Tal es el caso de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Sheikha y Malki, 2011) así como en otras variedades de papa en cultivo convencional a partir de tubérculos (Morales-Guevara *et al.,* 2015) expresado en la longitud de los tallos y raíces, sus masas frescas y secas, la superficie foliar y contenido de clorofila.

De igual forma, a los 60 días de cultivo, luego de dos aplicaciones (20 y 40 días después de plantadas), se observó un efecto bioestimulante del Quitomax® sobre las plantas *in vitro* de papa en cultivo protegido. Este fue significativo en variables evaluadas cuando se utilizó una dosis de 150 mg $ha^{-1}$ (Tablas 1, Tabla 2, Figura

*Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024*
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

8). Estos resultados se correspondieron con los obtenidos desde los 40 días de cultivo.

**Tabla 1.** Características de plantas *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. en cultivo protegido a los 60 días de plantadas después de la aplicación de Quitomax® a los 20 y 40 días de cultivo.

| Quitomax® (mg $ha^{-1}$) | Altura de la planta (cm) | Grosor tallo (cm) |
|---|---|---|
| 0 (Control) | 37.5 b | 0.58 c |
| 50 | 37.8 b | 0.58 c |
| 150 | 42.6 a | 0.78 a |
| 250 | 34.0 c | 0.45 b |

*Valores medios en cada columna con letras diferentes indican diferencias entre rangos medios según las pruebas de H de Kruskal Wallis y U de Mann Witney para p<0.05, n=6*

En este ensayo se observaron diferencias en cuanto al número de tubérculos por planta y dimensiones de estos relacionados con las dosis aplicadas de Quitomax® (Tabla 2, Figura 8). Los resultados sugieren un efecto de Quitomax® en el proceso de tuberización como ha sido indicado previamente por Morales-Guevara *et al.* (2015). Estos autores en el cv. Spunta al aplicar 150 mg $ha^{-1}$ de Quitomax® por aspersión foliar a los 30 y 50 días de cultivo, en condiciones de campo, obtuvieron los mayores rendimientos del cultivo durante tres ciclos y consideraron que pudiera existir una complementariedad entre las dos aplicaciones en el fortalecimiento de la respuesta de las plantas frente a plagas y enfermedades y en la estimulación del movimiento de los asimilatos hacia el tubérculo, lo que contribuye a la acumulación de materia seca en este.

**Tabla 2.** Características de minitubérculos de *Solanum tuberosum* L. obtenidos a partir de plantas *in vitro* a los 60 días de plantadas en cultivo protegido y con la aplicación de Quitomax® a los 20 y 40 días.

| Quitomax® (mg $ha^{-1}$) | No. minitubérculos/ planta | Diámetro de minitubérculos (cm) | Longitud de minitubérculos (cm) |
|---|---|---|---|
| 0 (Control) | 9.66 b | 2.05 c | 2.84 b |
| 50 | 9.10 bc | 2.40 a | 3.65 a |
| 150 | 11.50 a | 2.56 a | 3.75 a |
| 250 | 9.83 b | 2.13 c | 2.99 b |

*Valores medios en cada columna con letras diferentes indican diferencias entre rangos medios según las pruebas de H de Kruskal Wallis y U de Mann Witney para p<0.05, n=6*

*Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024*
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

**Figura 8.** Minitubérculos de *Solanum tuberosum* L. obtenidos en cultivo protegido a partir de plantas *in vitro* a los 60 días de plantadas y con aplicación de Quitomax® por aspersión foliar (20 y 40 días del cultivo). Control (A), Quitomax® 50 mg $ha^{-1}$ (B), Quitomax® 150 mg $ha^{-1}$ (C) y Quitomax® 250 mg $ha^{-1}$ (D).

Aunque se tienen referencias previas del uso de derivados de quitina en el cultivo *in vitro* de papa (Jiménez-Terry *et al*., 2006; Kowalski *et al.,* 2006; Asghari-Zakaria *et al*., 2009) este es el primer trabajo que informa el empleo del bioproducto cubano Quitomax® en el cultivo *in vitro* de papa para el crecimiento de plantas *in vitro* y la formación de microtubérculos, así como en la producción de minitubérculos en cultivo protegido. A la vez, sienta las bases para profundizar en los estudios de su efecto sobre plantas *in vitro* de papa lo cual tendrá impacto en el programa para la producción nacional de semilla original por biotecnología y contribuirá a la soberanía alimentaria.

## CONCLUSIONES

La adición de Quitomax® en el medio de cultivo para la propagación *in vitro* de papa favorece su crecimiento y es posible la obtención de microtubérculos en el medio de cultivo. Las características morfológicas de estos no se afectan, pero sí el diámetro, la masa seca y el número de explantes que forman microtubérculos a las concentraciones evaluadas. En cultivo protegido, la aplicación de Quitomax® por aspersión foliar a plantas *in vitro* de papa, en dos momentos del cultivo (20 y 40 días posteriores a la plantación) y una dosis de 150 mg $ha^{-1}$ favorece el crecimiento de las plantas, aumenta la producción de minitubérculos y su diámetro.

## REFERENCIAS

Agramonte D (1999) Métodos biotecnológicos para la producción de semilla original de papa *(Solanum tuberosum* L.). Tesis para aspirar al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Las Villas, Instituto de Biotecnología de las Plantas, Santa Clara, Cuba

Asghari-Zakaria R, Maleki-Zanjani B, Sedghi E (2009) Effect of *in vitro* chitosan application on growth and minituber yield of *Solanum tuberosum* L. Plant soil environ 55(6): 252-256

Badawy M, Rabea E (2011) A Biopolymer Chitosan and Its Derivatives as Promising Antimicrobial Agents against Plant Pathogens and Their Applications in

Crop Protection. International Journal of Carbohydrate Chemistry 2011, doi: 10.1155/2011/460381

Bradshaw J (2021) Potato breeding: theory and practice. Springer, Dordrecht

Dahal K, Li X, Tai H, Creelman A, Bizimungu B (2019) Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario-A current overview. Frontiers Plant Science 10: 563

Devaux A, Goffart J, Kromann P, Andrade J, Polar V, Hareau G (2021) The Potato of the Future: Opportunities and Challenges in Sustainable Agrifood Systems. Potato Research 64: 681-72; doi: 10.1007/s11540-021-09501

Falcón-Rodríguez A, Costales D, Cabrera J, Martínez-Téllez M (2011) Chitosan physico-chemical properties modulate defense responses and resistance in tobacco plants against the oomycete *Phytophthora nicotianae.* Pesticide Biochemistry and Physiology 100(3): 221-228; doi: 10.1016/j.pestbp.2011.04.005

Falcón-Rodríguez A, Costales-Menéndez D, Martínez-Téllez M, Gordon T (2012) Respuesta enzimática y de crecimiento en una variedad comercial de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tratada por aspersión foliar de un polímero de quitosana. Cultivos Tropicales 33(1): 65-70

Falcón-Rodríguez A, Gonzalez-Peña D, Napoles-Garcia M, Morales-Guevara D, Núñez-Vásquez M, Cartaya-Rubio O, Martinez-Gonzalez L, Terry-Alfonso E, Costales-Menendez D, Dell-Amico J, Jerez-Mompie E, Gonzalez-Gomez L, Jimenez-Arteaga M (2021) Oligosacarinas como bioestimulantes para la agricultura cubana. Anales de la ACC 11(1): e852

Hadrami A, Adam L, Hadrami I, Daayf F (2010) Chitosan in plant protection. Marine drugs 8(4): 968-987

Hernández A, Pérez JM, Bosch D, Rivero N (2015) Clasificación de los Suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana

IBP (2005) Protocolo para la producción de semilla de papa con el uso de métodos biotecnológicos. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara

Jerez-Mompie E, Morales-Guevara D, Dell'Amico-Rodríguez J, Falcón Rodríguez A (2018) El Quitomax® influye en la producción de tubérculos semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Romano. Cultivos tropicales 39(3): 80-86

Jiménez M, Vázquez P, Rodríguez I (2023) Respuesta agronómica del cultivo de la caña de azúcar *(Sacharum officinarum* L.) bajo el efecto del Quitomax®. Revista Científica Agroecosistema 11(1): 172-179

Jiménez-Terry F, Kowalski B, Agramonte D, Pérez M, Collado R, Barbón R, La O M (2006) Evaluación del efecto de la Chitosana en la fase de enraizamiento *in vitro* de papa var. 'Desirée' y en la producción de minitubérculos en casa de cultivo. Biotecnología Vegetal 6(1): 29-33

Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

Kim S (2010) Chitin, Chitosan, Oligosaccharides and their derivatives: Biological Activities and Applications. CRC Press, New York; ISBN: 9781439816035

Kowalski B, Jimenez F, Herrera L, Agramonte D (2006) Application of soluble chitosan *in vitro* and in the greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers. Potato Research 49: 167-176; doi: 10.1007/s11540- 006-9015-0

Mahdavi B (2013) Seed germination and growth responses of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) to chitosan and salinity. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(10): 1084-1088

Meng X, Yang L, Kennedy J, Tian S (2010) Effects of chitosan and oligochitosan on growth of two fungal pathogens and physiological properties in pear fruit. Carbohydrate Polymers 81(1): 70-75; doi: 10.1016/j.carbpol.2010.01.057

Morales-Guevara D, Dell'Amico J, Jerez E, Díaz Y, Martín R (2016) Efecto del Quitomax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales 37(1): 142-147

Morales-Guevara D, Torres-Hernández L, Jerez-Mompie E, Falcón Rodríguez A, Dell'Amico-Rodríguez J (2015) Efecto del Quitomax® en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa *(Solanum tuberosum* L.). Cultivos Tropicales 36(3): 133-143

Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia plantarum 15(3): 473-497

Rodríguez A, Ramírez M, Falcón A, Bautista S, Ventura E, Valle Y (2017) Efecto del Quitomax® en el rendimiento y sus componentes del cultivar de arroz *(Oryza sativa* L.) Var. INCA LP 5. Cultivos Tropicales 38(4): 156-159

Sheikha S, Malki F (2011) Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. European Journal of Scientific Research 50(1): 124-134

Struik P, Wiersema S (1999) Seed potato technology. Wageningen Academic Publishers, Wageningen

Terry E, Falcón A, Ruiz J, Carrillo Y, Morales H (2017) Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto Quitomax®. Cultivos Tropicales 38(1): 147-154

Velásquez C (2008) Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. Revista UDO Agrícola 8(1): 1-22

Zhang Y, Donnelly DJ (1997) *In vitro* bioassays for salinity tolerance screening of potato. Potato Research 40: 285-295

**Financiamiento:** La investigación recibió financiamiento en parte del Programa Nacional de Producción de alimentos y su agroindustria a través de los proyectos Desarrollo de tecnologías clave para la preparación de Inductores de Inmunidad Vegetal basados en sacáridos y péptidos a partir de materiales biológicos y su

*Biotecnología Vegetal Vol. 24, 240616, 2024*
Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES.
eISSN 2074-8647, RNPS: 2154

aplicación en cultivos agrícolas (PN131LH001.67) y Obtención de nuevas variedades de papa mediante el empleo de métodos biotecnológicos (PN131LH001.72).

**Conflicto de interés**: Los autores declaran que no tienen intereses personales o financieros que atenten contra los resultados de este trabajo.

**Contribución de los autores:** Conceptualización YAC, MCM, TCD, Análisis formal MCM, YAC, Investigación ZCC, ATR, Metodología ZCC, ATR, YAC, MCM, MAS, TCD, TPM, ER, BR, Supervisión MCM, YAC, TCD, Escritura-Primera redacción MCM, ZCC, Escritura-Revisión y Edición MCM, YAC.

**Disponibilidad de datos:** Los datos del estudio se presentan en el artículo. Para otras consultas dirigirse a la autora para correspondencia.

Zelma M Carvajal, https://orcid.org/0009-0000-1800-3427
Angela A. Torres Ruiz, https://orcid.org/0009-0002-3258-7558
Mileidy Cruz-Martín, https://orcid.org/0000-0003-3825-499X
Mayra Acosta-Suárez, https://orcid.org/0000-0002-1256-5688
Berkis Roque, https://orcid.org/0000-0003-4969-2047
Tatiana Pichardo, https://orcid.org/0000-0001-9416-2649
Eloísa Rodríguez, https://orcid.org/0000-0003-1831-9012
Tania Esther Capote Domínguez, https://orcid.org/0000-0002-1408-3391
Yelenys Alvarado-Capó, https://orcid.org/0000-0003-1721-717X
Rolando Mesa, https://orcid.org/0009-0007-2416-8093

**Cómo citar:**
Carvajal ZM, Torres A, Cruz-Martín M, Acosta-Suárez M, Roque B, Pichardo T, Rodríguez E, Capote TE, Mesa R, Alvarado-Capó Y (2024) Efecto de Quitomax® en la promoción del crecimiento de plantas producidas *in vitro* de papa. Biotecnología Vegetal 24: 240616