

# EFECTO DE DOS BIOESTIMULANTES Y HONGOS MICORRÍZICOS EN PLANTAS DE TOMATE SEMBRADAS A ALTAS TEMPERATURAS

## Effect of two bioestimulants and mycorrhizal fungi on tomato plants sowed at high temperatures

Donaldo Morales Guevara<sup>1✉</sup>, Luis Rodríguez Larramendi<sup>2</sup>, José Dell'Amico Rodríguez<sup>1</sup>, Eduardo Jerez Mompie<sup>1</sup> y Wilfredo Estrada Prado<sup>2</sup>

**ABSTRACT.** High temperatures is one of the main abiotic factors that influence the physiology and yield of crops, hence the present work has been conducted with the aim of evaluating the effect of two biostimulants and a biofertilizer applied to tomato seeds in conditions of high temperatures. The work was carried out in the National Institute of Agricultural Sciences and in the "Jorge Dimitrov" Research Institute under semi-controlled conditions. The seeds were subjected to the following treatments: imbibition for two hours in a solution of 5 mg L<sup>-1</sup> of a mixture of oligogalacturonides, or a solution of 1 mg L<sup>-1</sup> of chitosan. Another treatment with seeds pelleted with Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and the control without seed treatment was also used. The variables evaluated were: relative water content, plant height, stem diameter, leaf surface, plant biomass, average number of fruits and average fruit mass. Both the height of the plants and the diameter of the stems did not reflect significant differences between the treatments used, while the other evaluated variables did differ from the control, with favorable responses in a general sense in those plants that were treated with the biostimulants. It can be concluded that both the biostimulants used and the biofertilizer based on mycorrhizal fungi are good alternatives to take into account for tomato planting under conditions of temperatures that exceed the optimum for the crop.

**RESUMEN.** Las altas temperaturas es uno de los principales factores abióticos que influyen en la fisiología y en el rendimiento de los cultivos, de ahí que el presente trabajo se haya realizado con el objetivo de evaluar el efecto de dos bioestimulantes y un biofertilizante aplicados a semillas de tomate en condiciones de altas temperaturas. El trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y en el Instituto de Investigaciones "Jorge Dimitrov" en condiciones semicontroladas. Las semillas fueron sometidas a los siguientes tratamientos: imbibición durante dos horas en una solución de 5 mg L<sup>-1</sup> de una mezcla de oligogalacturónidos, o de una solución de 1 mg L<sup>-1</sup> de quitosana. También se utilizó otro tratamiento con semillas peletizadas con Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y el control sin tratamiento a las semillas. Las variables evaluadas fueron: contenido relativo de agua, altura de las plantas, diámetro de sus tallos, superficie foliar, biomasa de las plantas, número promedio de frutos y masa promedio de los frutos. Tanto la altura de las plantas como el diámetro de los tallos no reflejaron diferencias significativas entre los tratamientos utilizados, mientras que las demás variables evaluadas sí se diferenciaron del control, con respuestas favorables en sentido general en aquellas plantas que fueron tratadas con los bioestimulantes. Se puede concluir que tanto los bioestimulantes utilizados como el biofertilizante a base de hongos micorrizógenos son buenas alternativas a tener en cuenta para la siembra del tomate en condiciones de temperaturas que superen las óptimas para el cultivo.

**Key words:** temperature, oligogalacturonides, mycorrhizae, chitosan, relative water content

**Palabras clave:** temperatura, oligogalacturónidos, micorrizas, quitosano, contenido relativo de agua

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones "Jorge Dimitrov" (IJD), Bayamo, Cuba

✉ dmorales@inca.edu.cu

## INTRODUCCIÓN

Se prevé que la temperatura de la superficie mundial aumentará de 1,5-2 gC a finales de este siglo (1) y es probable que este aumento de temperatura

afecte a todos los ámbitos de la vida, causando grandes impactos negativos en la productividad agrícola, amenazando así la producción y la seguridad alimentarias mundiales (2).

Se prevé que este aumento de temperatura afecte la productividad de los cultivos de varias maneras, incluyendo alteraciones en la biología de las plantas y su interacción con patógenos (3).

En las plantas, las altas temperaturas no sólo afectan los procesos fisiológicos básicos como la fotosíntesis, la respiración, la estabilidad de la membrana, sino que también modifican las hormonas endógenas y los metabolitos primarios y secundarios (4).

En trigo se ha encontrado que a temperaturas por encima de los 30 gC se reduce el transporte de asimilados desde las hojas banderas hasta los granos en desarrollo (5).

También se ha informado que en anteras de tomate la síntesis de la enzima sacarosa fosfato sintasa (SPS) modula la partición de foto-asimilados y cataliza la síntesis de sacarosa contribuyendo a la fuerza motriz osmótica para la translocación del floema, la que fue suprimida por el estrés por calor (6).

Diversos son los productos que se han utilizado para atenuar el efecto del estrés abiótico en las plantas, entre éstos se puede señalar el caso de la quitosana o quitosano.

El quitosano presenta propiedades interesantes que las hacen aplicables en muchos campos, incluyendo la agricultura, donde se utilizan como bioestimulantes tanto para estimular el crecimiento de las plantas, como para inducir tolerancia al estrés abiótico o resistencia a patógenos (7).

Trabajos recientes realizados por el autor han demostrado las potencialidades de este producto como estimulante del rendimiento en diferentes cultivos (8,9).

Se ha informado que el recubrimiento de las frutas y vegetales con quitosano ha mejorado la vida posterior a la cosecha (10).

Otro de los productos que resulta interesante para la agricultura, lo constituye el Pectimorf® el cual está formado por una mezcla de oligogalacturónidos y es un bioestimulante de origen vegetal compuesto por carbohidratos de bajo peso molecular que funciona como un mensajero químico hormonal que regula los mecanismos de crecimiento y diferenciación en diferentes cultivos, acelerando el proceso de crecimiento de las plantas (11).

Los oligogalacturónidos derivados de la pectina (OGAs) son componentes esenciales para activar vías de señalización que inducen respuestas de defensa rápidas. Así mismo, los OGAs mostraron que regulan varios procesos relacionados con el desarrollo, como el crecimiento de las raíces y la alteración de la formación de raíces laterales, formación de raíces adventicias y en particular la diferenciación celular (12).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) han sido utilizados en varios cultivos expuestos a condiciones de estrés abióticos dadas sus propiedades de realizar una simbiosis mutuamente beneficiosa con el sistema radical de las plantas.

En tal sentido se pueden señalar los trabajos realizados con hongos micorrízicos como estrategia para mejorar la tolerancia a la sequía de palmas datilíferas (*Phoenix dactylifera* L.) (13) o el empleo de micorizas nativas mezcladas con las bacterias *Bacillus thuringiensis* en plantas de alhucema rizada o cantueso (*Lavandula dentata* L.) lo que permitió incrementar la tolerancia a la sequía y el metabolismo oxidativo dando como resultado un aumento del crecimiento y la biomasa de las plantas (14).

De igual forma existen informes donde se señala el empleo beneficioso de estos hongos ante los efectos del estrés salino (15), en plantas de durillo o laurel salvaje (*Viburnum tinus* L.) o en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas en condiciones de altas temperaturas (16).

Es por ello que el objetivo de esta investigación ha sido estudiar el efecto de dos bioestimulantes y hongos micorrízicos en plantas de tomate sembradas en condiciones de temperaturas que superan las óptimas para el cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones se realizaron en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA, provincia Mayabeque) y en las del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov" (IIJD, provincia Granma). En el INCA se utilizaron canaletas de hormigón de 2,40 m de largo, 0,60 m de ancho y 0,50 m de profundidad en las que se colocó un suelo Ferralítico rojo mezclado con estiércol vacuno a razón de 2:1, mientras que en el IIJD se usaron canteros de hormigón de 8 m de largo, uno de ancho y 80 cm de alto. Se usó un suelo de tipo Pardo sin carbonatos (17) enriquecido con humus de lombriz a razón de 5 t ha<sup>-1</sup>.

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro réplicas. Cada parcela contó con un área de 1,44 m<sup>2</sup> en las condiciones del INCA y de 1,6 m<sup>2</sup> en el IIJD en las que se plantaron 20 y 12 plantas respectivamente a una distancia de 0,25 m entre plantas y de 0,40 y 0,8 m entre hileras respectivamente. La variedad utilizada fue AMALIA proveniente del INCA.

Para el tratamiento de las semillas en cada uno de los tratamientos se siguió el siguiente procedimiento:

Se utilizó una variante en la que no se le aplicó ningún tratamiento a la semilla y que fue considerado como el tratamiento control, los restantes tratamientos consistieron en sumergir las semillas durante dos horas en una solución de 5 mg L<sup>-1</sup> de una mezcla de oligogalacturónidos, o de una solución de 1 mg L<sup>-1</sup> de

quitosana. También se utilizó otro tratamiento en el que las semillas fueron peletizadas antes de la siembra con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y uno al que no se le adicionó ningún producto y constituyó el tratamiento control.

Los trabajos se iniciaron en ambos sitios en el mes de agosto coincidiendo con el período de máximas temperaturas.

Las evaluaciones realizadas al inicio de la floración fueron: contenido relativo de agua; el crecimiento expresado por la altura de las plantas; el diámetro de los tallos; la superficie foliar y la acumulación de biomasa de la parte aérea, así como el número de frutos por planta y la masa promedio de los frutos.

Se registró el comportamiento de las temperaturas durante el período experimental.

Las labores culturales se realizaron según lo establecido para el cultivo. El riego se aplicó mediante microaspersores con frecuencia de tres días según la demanda del cultivo, procurando que esta no fuera una causa de variación al analizar los resultados.

Los datos se procesaron de manera combinada usando los paquetes de office MS Excell, SigmaPlot y STATISTICA (StatSoft, 2003). Las pruebas de hipótesis usadas fueron el ANOVA y la comparación múltiple de medidas. Para esta última se usó la prueba de Tukey para  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan las temperaturas máxima, media y mínima promedio para los meses en que se desarrollaron los experimentos, nótese los valores altos principalmente durante el período de crecimiento y de floración (agosto y septiembre), lo que repercutió indudablemente en el crecimiento

y fructificación de las plantas, de manera más marcada en Granma, donde las temperaturas fueron sensiblemente superiores.

El comportamiento del contenido relativo de agua como respuesta a los diferentes tratamientos utilizados aparecen en la Figura 2.

En primer lugar se puede apreciar que, tanto los tratamientos con los bioestimulantes como el biofertilizante utilizados, mostraron una respuesta favorable del estado hídrico de la planta, respecto al tratamiento control.

La respuesta mostrada por las plantas tratadas con la mezcla de oligogalacturónidos o con HMA, pudieran explicarse por el hecho de que el primero, según se ha señalado, estimula el crecimiento y la formación de raíces (11) lo que les permite a las plantas realizar una mayor absorción del agua favoreciendo su estado hídrico. De igual forma, los hongos micorrizógenos al realizar la simbiosis con las raíces de las plantas emite las hifas que les permite incrementar la absorción de agua y nutrientes minerales a partir de un aumento en el volumen de suelo explorado (16).

Por su parte, la quitosana pudiera estar asociada a lo planteado por otros autores quienes han encontrado al utilizar este producto en aplicaciones foliares en pimiento (*Capsicum sp.*) la presencia de cierre estomático, lo que sugirió que el efecto estimulante del crecimiento, luego del cierre estomático, podría estar relacionado con un efecto antitranspirante en la planta (18), así como se tienen evidencias de que la aplicación foliar de quitosano en papa redujo los efectos del estrés hídrico (19).

En la Figura 3 se muestran los resultados obtenidos al evaluar el crecimiento de las plantas expresado mediante la longitud de sus tallos.

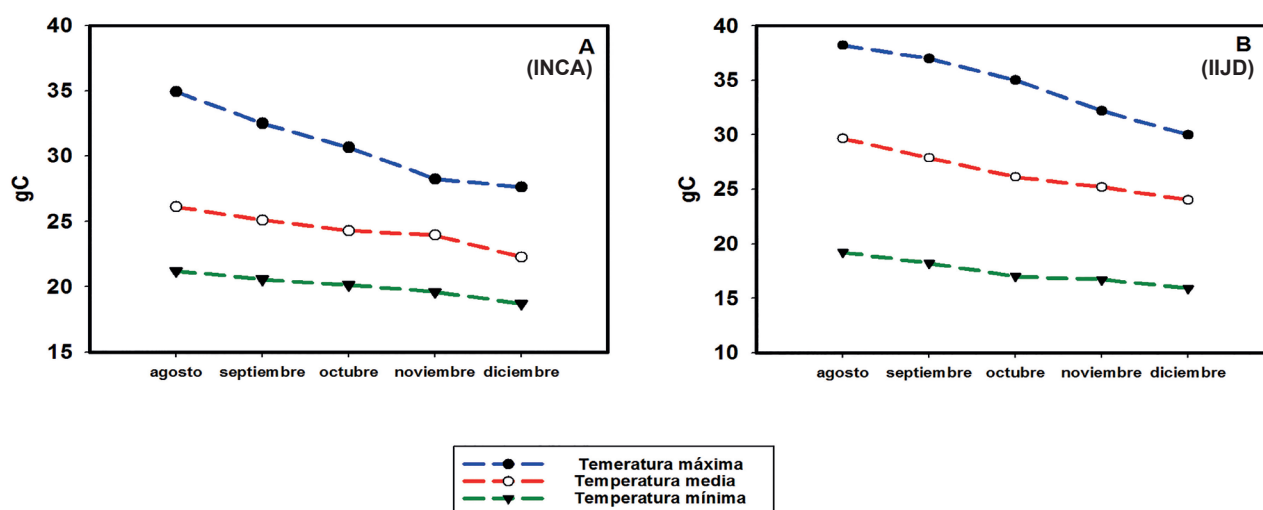
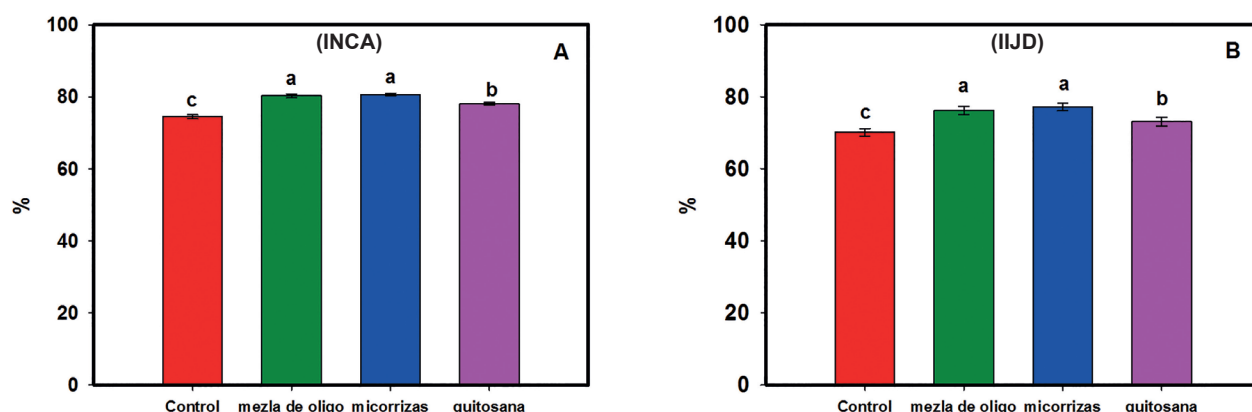
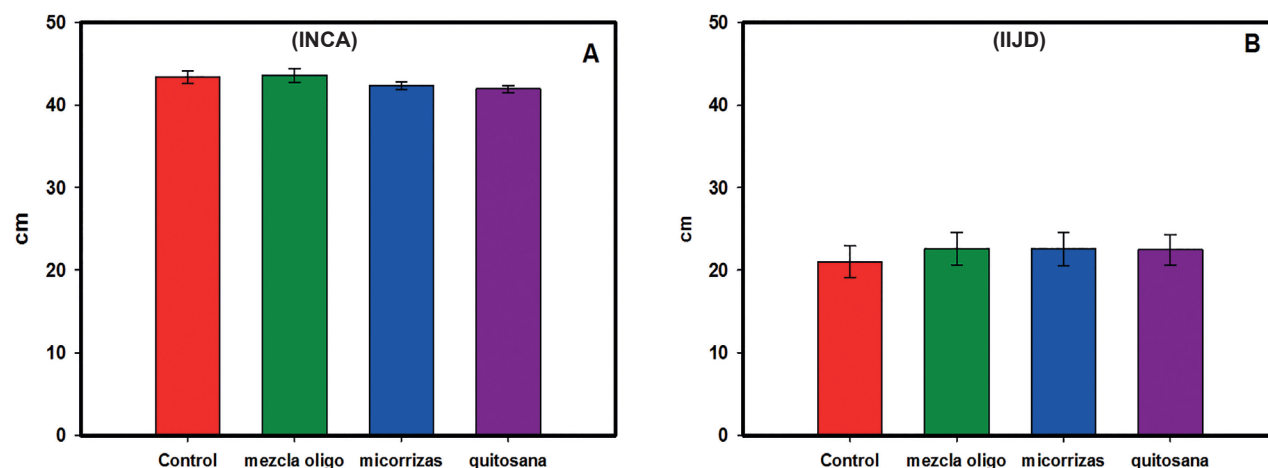


Figura 1. Temperaturas máxima, media y mínima en los dos sitios en que se ejecutaron los experimentos



Medias con letras diferentes difieren significativamente según Tukey para  $p \leq 0,05$

**Figura 2. Contenido relativo de agua en plantas de tomate cultivadas en canaletas en el período de máximas temperaturas pretratadas con diferentes productos bioactivos y biofertilizante**



Medias con letras diferentes difieren significativamente según Tukey para  $p \leq 0,05$

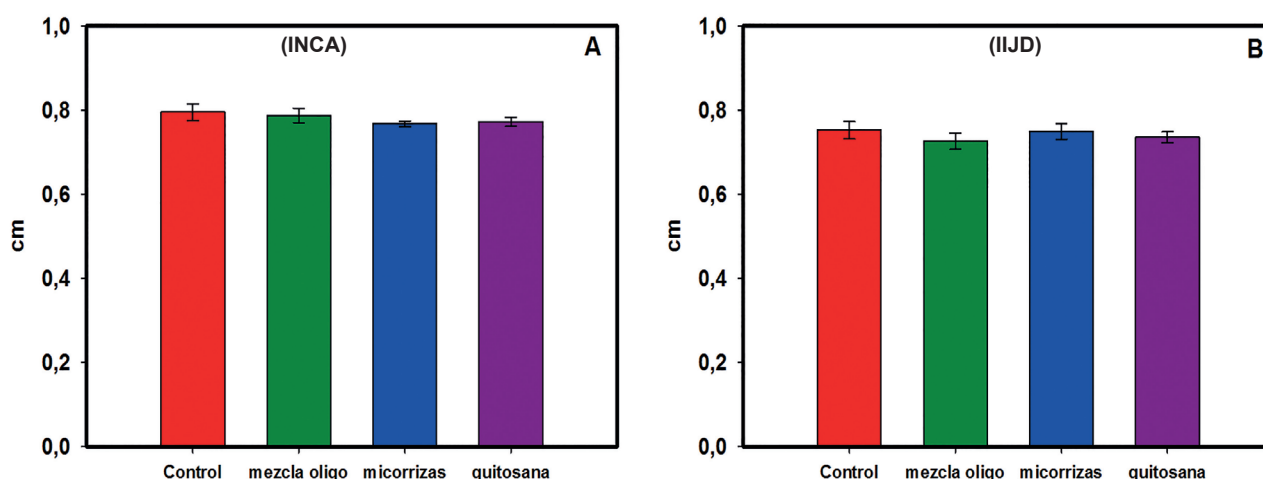
**Figura 3. Altura de plantas de tomate cultivadas en canaletas en el período de máximas temperaturas y pretratadas con diferentes productos bioactivos y biofertilizante**

Como se puede apreciar en la Figura 3, la altura de las plantas mostró un desarrollo similar en todos los tratamientos, no encontrándose diferencias significativas entre las distintas variantes estudiadas, lo cual sugiere señalar que los productos utilizados no ejercieron un efecto favorable ni dañino para el desarrollo de esta variable.

Resultados informados a partir de trabajos realizados con quitosano en plantas de *Phaseolus vulgaris* en condiciones de deficiencia hídrica (9) o con micorrizas (16) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicom*, L.) cultivadas a temperaturas superiores a las óptimas para el cultivo han indicado un crecimiento más favorable de las plantas tratadas con

estos productos respecto a las que no los recibieron, lo que difiere de estos resultados y que pudiera explicarse por el hecho de que en el primer caso los resultados se refieren a otro tipo de estrés y en el segundo debido a que las plantas fueron sembradas en condiciones de temperaturas óptimas y concluyeron sus ciclos cuando las temperaturas eran superiores a los valores considerados adecuados para el buen desarrollo del cultivo; es decir, en una situación inversa a este trabajo.

El diámetro de los tallos (Figura 4) experimentó una respuesta similar a la mostrada por la altura de las plantas.



Medias con letras diferentes difieren significativamente según Tukey para  $p \leq 0,05$

**Figura 4. Diámetro del tallo de plantas de tomate cultivadas en canaletas en el período de máximas temperaturas y pretratadas con diferentes productos bioactivos y biofertilizante**

Es de señalar las diferencias mostradas por estas variables en los diferentes lugares donde se desarrollaron los experimentos, lo cual pudiera ser una consecuencia de las mayores temperaturas ocurridas en el IIJD, dado que como es conocido el tomate a partir de los 30 gC comienza a regular sus estomas como mecanismo para disminuir la intensidad de los diferentes procesos fisiológicos, manteniendo entre ello un mejor estado hídrico que le permite enfrentarse en mejores condiciones a las situaciones adversas del medio.

En tal sentido, algunos autores han señalado que los diferentes tipos de estrés influyen de diferente forma en el funcionamiento de las plantas, ya sea inhibiendo usualmente el crecimiento (20) y el caso de las altas temperaturas, entre otros efectos, actuando directamente en la anatomía y la integridad de las subestructuras celulares (21).

En cuanto a la respuesta del área foliar por planta (Figura 5), se demostró que las plantas provenientes de semillas tratadas con productos bioestimulantes (oligogalacturónidos, quitosana o con micorrizas) en las condiciones del INCA, incrementan la superficie foliar con respecto al tratamiento control mientras que en las del IIJD sólo el tratamiento con oligogalacturónidos se diferenció significativamente del control.

Las bajas superficies foliares obtenidas en el tratamiento sin bioestimulante confirman los resultados informados por el autor al estudiar el comportamiento de esta misma especie al ser sometida a temperaturas superiores a las óptimas en condiciones controladas (22).

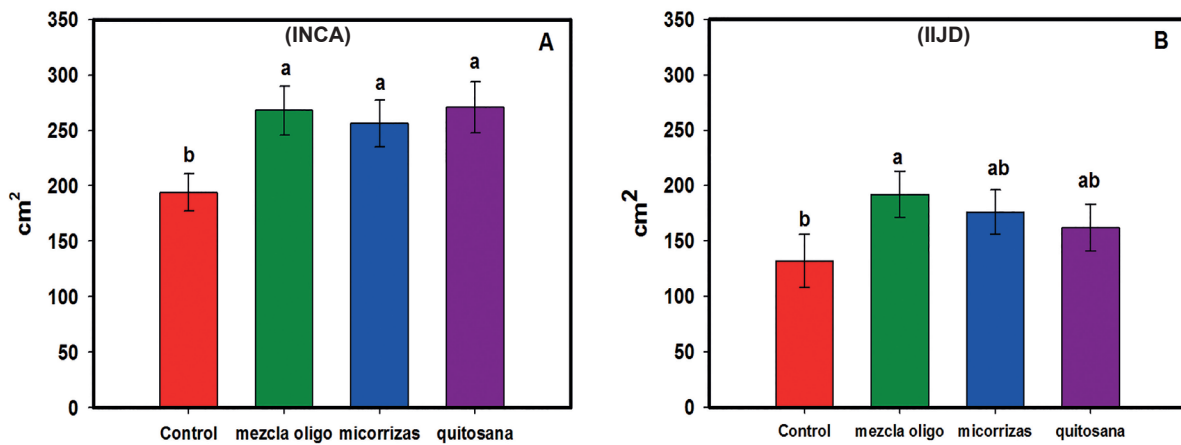
En la Figura 6 se describe el efecto de los bioestimulantes en la acumulación de biomasa en las plantas de tomate. Se aprecia como en ambos sitios experimentales, el tratamiento a la semilla con los diferentes bioestimulantes o micorrizas favorecieron la acumulación de materia seca por las plantas. Destaca en este sentido la respuesta de las plantas tratadas con quitosana, al presentar en términos absolutos la mayor acumulación de materia seca.

Al respecto, otros autores encontraron que la inmersión de semillas de melón (*Cucumis melo* L.) en una solución de quitosano estimuló el crecimiento inicial de la plántula y el incremento de la masa seca de la parte aérea de las plántulas de melón (23), así como también se señala que el empleo de micorrizas en otros tipos de estrés han favorecido la acumulación de materia seca de la parte aérea en palmeras datilífera (13).

Puede señalarse el hecho de que, de manera general, las plantas provenientes de semillas que no recibieron tratamiento alguno, fueron las que mostraron un comportamiento menos favorable.

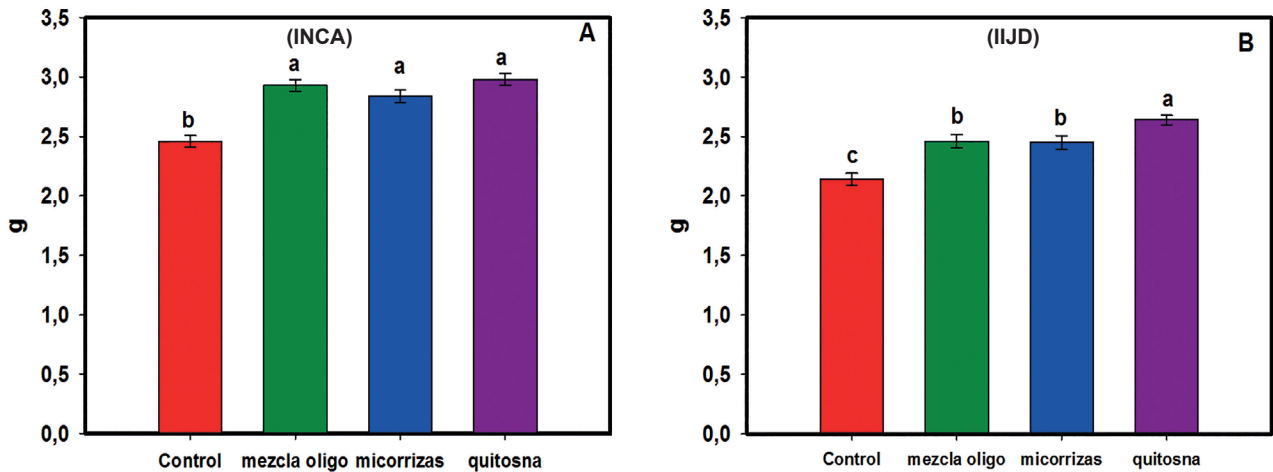
Al respecto, se puede señalar que en condiciones de altas temperaturas se producen reducciones de la fotosíntesis foliar que se reflejan en la producción de materia seca, a nivel de la planta entera debido a disminuciones en la tasa neta de asimilación (24).

El número promedio de frutos por planta mostró diferencias significativas entre los tratamientos en los dos sitios experimentales (Figura 7), sobresaliendo en ambas condiciones experimentales las plantas tratadas con quitosana o con la mezcla de oligogalacturónidos. Igualmente las plantas provenientes de semillas micorrizadas superaron significativamente a aquellas que no recibieron ningún tratamiento.



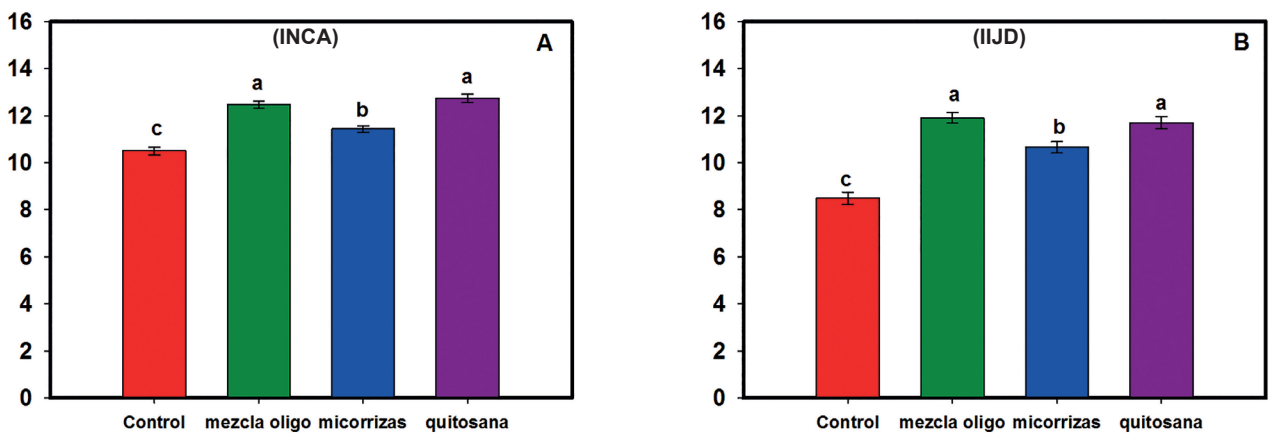
Medias con letras diferentes difieren significativamente según Tukey para  $p \leq 0,05$

**Figura 5. Área foliar de plantas de tomate cultivadas en canaletas en el período de máximas temperaturas y pretratadas con diferentes productos bioactivos y biofertilizante**



Medias con letras diferentes difieren significativamente según Tukey para  $p \leq 0,05$

**Figura 6. Masa seca de la parte aérea de plantas de tomate cultivadas en canaletas en el período de máximas temperaturas y pretratadas con diferentes productos bioactivos y biofertilizante**

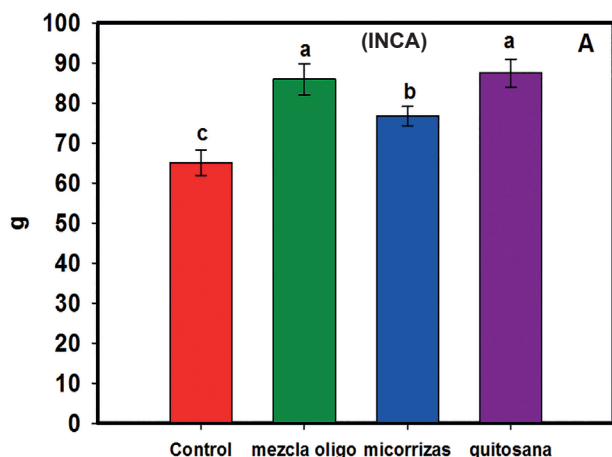


Medias con letras diferentes difieren significativamente según Tukey para  $p \leq 0,05$

**Figura 7. Número promedio de frutos en plantas de tomate cultivadas en canaletas en el período de máximas temperaturas y pretratadas con diferentes productos bioactivos y biofertilizante**

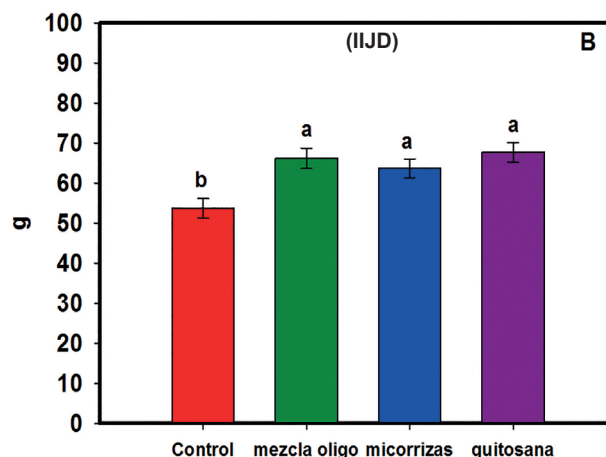
Esta respuesta pudiera explicarse por el hecho de que por una parte, la mezcla de oligogalacturónidos ha demostrado poseer un efecto favorable en el desarrollo del sistema radical, mientras que las micorrizas una vez establecida la simbiosis con las raíces de las plantas, emiten sus hifas lo que constituye un alargamiento de éstas aportándole en ambos casos un estado hídrico y nutricional más favorable en comparación con las plantas que no recibieron estos bioestimulantes. Por su parte, las quitosanas al ejercer un efecto antitranspirante le permite a la planta mantener un mejor estatus hídrico y hasta térmico que le ayuda a enfrentar la condición estresante de manera menos drástica.

El efecto de los tratamientos utilizados se apreció al evaluar la acumulación de masa fresca de los frutos al encontrarse diferencias significativas respecto a los resultados mostrados por el tratamiento control (Figura 8).



## CONCLUSIONES

Como conclusión se puede plantear que los resultados de este trabajo demuestran la factibilidad de realizar plantaciones de tomate en etapas más tempranas, posibilitando de esa forma obtener más de una cosecha en el mismo espacio, aun cuando en la primera se obtengan rendimientos inferiores a los de la época óptima. Por otra parte, se puede señalar que, tanto la mezcla de oligogalacturónidos, las quitosanas o la peletización de las semillas con micorrizas, son alternativas que se pueden utilizar para atenuar los efectos de las altas temperaturas, cuando se siembra el tomate en condiciones de temperaturas que superan las óptimas para el cultivo.



Medias con letras diferentes difieren significativamente según Tukey para  $p \leq 0,05$

**Figura 8. Masa promedio de los frutos de plantas de tomate cultivadas en canaletas en el período de máximas temperaturas y pretratadas con diferentes productos bioactivos y biofertilizante**

Los resultados obtenidos en las plantas tratadas con el biofertilizante micorrízico, aun cuando presentaron resultados superiores a los de las plantas controles, fueron inferiores de manera general a los obtenidos con los otros bioestimulantes, lo que pudiera ser motivado porque a los sustratos se les aplicó abono orgánico con lo que mejora su fertilidad y limita la acción benéfica de estos hongos.

Si bien no se cuentan con evidencias de resultados donde se hayan utilizado estos bioestimulantes en condiciones de temperaturas no óptimas para el desarrollo del tomate, si se refieren resultados (15) con el uso de micorrizas aplicadas a plantas de este cultivo en condiciones de temperaturas más elevadas en la etapa final del ciclo de la planta, en el que se alcanzaron resultados superiores al control en cuanto al número de frutos por planta y la masa fresca de los frutos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. IPCC Climate change. Summary of policymakers. Fifth Assessment Report (AR5). Washington DC: Intergovernmental Panel on Climate Change; 2014. 1435 p.
2. Sreyashi P, Monoj D, Baishya P, Ramteke A, Farooq M, Baroowa B, et al. Effect of high temperature on yield associated parameters and vascular bundle development in five potato cultivars. *Scientia Horticulturae*. 2017;225:134–40. doi:10.1016/j.scienta.2017.06.061
3. Geoffrey O, Kerstin W, Birger K, Dmytro C, Yakouba S, Andreas V T. High temperature effects on Pi54 conferred resistance to *Magnaporthe oryzae* in two genetic backgrounds of *Oryza sativa*. *Journal of Plant Physiology*. 2017;212:80–93. doi:10.1016/j.jplph.2017.02.004

4. Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad M. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*. 2007;61(3):199–223. doi:10.1016/j.envexpbot.2007.05.011
5. Farooq M, Bramley H, Palta J A, Siddique K HM. Heat Stress in Wheat during Reproductive and Grain-Filling Phases. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2011;30(6):491–507. doi:10.1080/07352689.2011.615687
6. Kaur R, Bains TS, Bindumadhava H, Nayyar H. Responses of mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes to heat stress: effects on reproductive biology, leaf function and yield traits. *Scientia Horticulturae*. 2015;197:527–41. doi:10.1016/j.scienta.2015.10.015
7. Pichyangkura R, Chadchawan S. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Biostimulants in Horticulture*. 2015;196:49–65. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.031
8. Morales G D, Torres LI, Jerez M E, Falcón RA, Dell'Amico J. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*. 2015;36(3):133–43.
9. Morales G D, Dell'Amico R J, Jerez Mompie E, Rodríguez H P, Álvarez B I, Díaz Hernández Y, et al. Efecto del QuitoMax® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. I. Crecimiento y rendimiento. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(2):119–28.
10. Petriccione M, Pasquariello M S, Mastrobuoni F, Zampella L, Di Patre D, Scortichini M. Influence of a chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of loquat fruit during postharvest life. *Scientia Horticulturae*. 2015;197:287–96. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.051
11. Álvarez B I, Reynaldo I M. Efecto del Pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*. 2015;36(3):82–7.
12. Vallarino J G, Osorio S. Signaling role of oligogalacturonides derived during cell wall degradation. *Plant Signaling & Behavior*. 2012;7(11):1447–9. doi:10.4161/psb.21779
13. Meddicha A, Jaitib F, Bourzic W, El Aslid A, Hafidie M. Use of mycorrhizal fungi as a strategy for improving the drought tolerance in date palm (*Phoenix dactylifera*). *Scientia Horticulturae*. 2015;192:468–74. doi:10.1016/j.scienta.2015.06.024
14. Armada E, Probanza A, Roldán A, Azcón R. Native plant growth promoting bacteria *Bacillus thuringiensis* and mixed or individual mycorrhizal species improved drought tolerance and oxidative metabolism in *Lavandula dentata* plants. *Journal of Plant Physiology*. 2016;192:1–12. doi:10.1016/j.jplph.2015.11.007
15. Gómez B M J, Nortes P A, Ortuño M F, Romero C, Fernández G N, Sánchez B MJ. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and treated wastewater on water relations and leaf structure alterations of *Viburnum tinus* L. plants during both saline and recovery periods. *Journal of Plant Physiology*. 2015;188:96–105. doi:10.1016/j.jplph.2015.09.007
16. Mujica P Y, Martínez F AG. Efecto a la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo del tomate en condiciones de estrés abiótico. *Cultivos Tropicales*. 2012;33(4):40–6.
17. Hernández J A, Pérez JM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
18. Bittelli M, Flury M, Campbell G S, Nichols E J. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2001;107(3):167–75. doi:10.1016/S0168-1923(00)00242-2
19. Jiao Z, Li Y, Li J, Xu X, Li H, Lu D, et al. Effects of Exogenous Chitosan on Physiological Characteristics of Potato Seedlings Under Drought Stress and Rehydration. *Potato Research*. 2012;55(3–4):293–301. doi:10.1007/s11540-012-9223-8
20. Sinsawat V, Lepner J, Stamp P, Fracheboud Y. Effect of heat stress on the photosynthetic apparatus in maize (*Zea mays* L.) grown at control or high temperature. *Environmental and Experimental Botany*. 2004;52(2):123–9. doi:10.1016/j.envexpbot.2004.01.010
21. Sam O, Núñez M, Ruiz Sánchez MC, Dell'Amico J, Falcón V, Rosa MC de la, et al. Effect of a Brassinosteroid Analogue and High Temperature Stress on Leaf Ultrastructure of *Lycopersicon Esculentum*. *Biologia Plantarum*. 2001;44(2):213–8. doi:10.1023/A:1010291124178
22. Morales D, Rodríguez P, Dell'Amico J, Nicolás E, Torrecillas A, Sánchez Blanco M.J. High-Temperature Preconditioning and Thermal Shock Imposition Affects Water Relations, Gas Exchange and Root Hydraulic Conductivity in Tomato. *Biologia Plantarum*. 2004;47(2):203–8. doi:10.1023/B:BIOP.0000022252.70836.fc
23. Fornés F, Abad M, Carrión C, Belda R, Herrero VF. Estudio preliminar sobre los efectos del quitosano en el crecimiento inicial y en la productividad de plantas de melón sensibles al colapso en condiciones propicias de la enfermedad. In: X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Pontevedra. 26-05-2003. Córdoba: Sociedad Española de Ciencias Hortícolas; 2003.
24. Ryo M, Ozawa N, Fujiwara K. Leaf photosynthesis, plant growth, and carbohydrate accumulation of tomato under different photoperiods and diurnal temperature differences. *Scientia Horticulturae*. 2014;170:150–8. doi:10.1016/j.scienta.2014.03.014

Recibido: 17 de noviembre de 2017

Aceptado: 13 de junio de 2018