


# Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento

## Application of humic acids, chitosan and mycorrhizal fungus influence pepper growth and development

Juan José Reyes-Pérez<sup>1</sup> , Marisol Rivero-Herrada<sup>1</sup> , Arturo Eneidicto Solórzano-Cedeño<sup>1</sup> ,  
Fernando de Jesús Carballo-Méndez<sup>2</sup> , Gregorio Lucero-Vega<sup>3</sup>  y  
Francisco Higinio Ruiz-Espinoza<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Vía Quevedo-Santo Domingo km 1½. Casilla postal: 73. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Av. Francisco Villa s/n, Ex Hacienda el Canadá. 66450. General Escobedo, Nuevo León, México.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5., Apartado Postal 19-B. 23080 La Paz, Baja California Sur, México.

\* Autor para correspondencia (fruiiz@uabcs.mx)

### RESUMEN

La aplicación de biofertilizantes y bioestimulantes influyen en varias respuestas fisiológicas de los cultivos, con ello se puede potencializar la calidad de las cosechas. Por lo cual la utilización de dichos productos puede minimizar la fertilización sintética, al mismo tiempo de incrementar la tolerancia al estrés biótico en el agroecosistema. Este estudio fue desarrollado con el propósito de valorar el impacto del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos en el crecimiento de variedades de pimiento en condiciones protegidas. El método de prueba utilizado fue aleatorio en un factorial  $2 \times 4$  con 3 réplicas, donde el primer factor fueron las variedades (Magaly y Lycal), y el segundo los bioestimulantes: ácidos húmicos (1:30 v/v), quitosano (3 g L<sup>-1</sup> de agua) y hongos micorrízicos (20 g de esporas ml<sup>-1</sup>), y un testigo (control) por cada variedad (sin aplicación de bioactivos). Los resultados demostraron que los tres bioactivos estudiados incrementaron entre 11.66 y 16.67% la germinación de las semillas, mientras que la emergencia fue potenciada por los ácidos húmicos y quitosano. Por su parte los ácidos húmicos produjeron plantas de mayor altura a los 25 y 45 días después de la siembra (ddt), y tallos de mayor diámetro. Esto a su vez incrementó la biomasa

fresca y seca de las plántulas (339.38 y 106.72 g), de la misma manera influyeron en el incremento de frutos por planta (15.33 frutos), longitud, diámetro y peso (12.22 cm, 43.33 mm y 92.22 g). Se generaron valores mayores en el rendimiento de la variedad Magaly con 29.16 Mg ha<sup>-1</sup>. La variedad Magaly superó significativamente a la variedad Lycal en cuanto a germinación (96.67%), emergencia (95%), altura de plantas y diámetro del tallo (25 y 45 ddt).

**Palabras clave:** bioactivos, biofertilizantes, producción hortícola.

### SUMMARY

The application of biofertilizers and biostimulants influence numerous physiological crop responses, with which potentiated production can be achieved and crop quality improved. The use of these products can reduce synthetic fertilization besides improving plant tolerance to stress. Therefore, research was performed with the objective of evaluating the effect of chitosan, mycorrhizal fungi and humic acids on growth and development of pepper varieties under protected conditions. A completely randomized design with a  $2 \times 4$  factorial arrangement was used with

#### Cita recomendada:

Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. J., Lucero-Vega, G. y Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-13. e833. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.833>

Recibido: 13 de julio de 2020. Aceptado: 21 de enero de 2021.  
Artículo. Volumen 39, abril de 2021.

three replications, where the first factor was varieties (Magaly and Lycal) and the second one biostimulants: humic acids (1:30 v/v), chitosan (3 g L<sup>-1</sup> of water) and mycorrhizal fungi (20 g of spores ml<sup>-1</sup>), and one control (control) for each variety (without bioactive application). The results showed that the three bioactive agents studied increased seed germination from 11.66 to 16.67% while emergence was enhanced by humic acids and chitosan. On the other hand, humic acids produced plants of higher height at 25 and 45 days after sowing (dap), and stems of higher diameter, which in turn increased seedling fresh and dry biomass (339.38 and 106.72 g). In the same way, they influenced fruit increase per plant (15.33 fruit), length, diameter and weight (12.22 cm, 43.33 mm and 92.22 g), which is why higher values were generated in the Magaly variety yield with 29.16 Mg ha<sup>-1</sup>. The Magaly variety significantly outperformed Lycal variety in terms of germination (96.67%), emergence (95%), plant height, and stem diameter (25 and 45 dap).

**Index words:** *bioactives, fertilizers, horticultural production.*

## INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum* L.), ocupa una parte destacada en la industria hortícola por su prioridad en la población, debido a su selecto sabor y elevada calidad nutricional (Sánchez *et al.*, 2017). Este cultivo es utilizado, tanto de forma directa como indirecta, ya que además constituye una fuente importante para la elaboración de conservas y demás subproductos que son aprovechados para el consumo humano (Velázquez *et al.*, 2018). Por lo que el consumo de las diferentes formas se ha incrementado, principalmente en Europa al ser consumido en pimientos frescos, por eso la producción ha tenido un sorprendente crecimiento y como consecuencia el desarrollo del cultivo en nuestro país, de esta manera inicio la exportación desde 1996, principalmente a España y Holanda como los mercados más importantes, los productores de este cultivo, buscan incrementar el rendimiento por hectárea, mediante el uso de nuevas técnicas de fertilización sin ocasionar daño al ambiente y por ende la salud del ser humano (Buñay, 2017<sup>1</sup>).

En Ecuador es un cultivo de mucha importancia por su alto consumo y generación de fuentes de empleo, por lo que se ha convertido en uno de los cultivos con mayor demanda de producción por su gran contenido de vitaminas que posee, así como por su amplio rango de adaptabilidad a los suelos del país (Luna *et al.*, 2015). Cañarte-Bello, Fuentes, Vera y Ayón (2018) mencionan que la producción del pimiento en Ecuador fue de 891 hectáreas sembradas en monocultivos en pequeñas parcelas de producción, pero también el uso de cultivos asociados es una manera de aportar a la producción con 79 ha. Mayormente la producción se localiza en superficies de las provincias de Manabí y Guayas, en los meses de verano.

Generalmente la mayor producción se logra mediante una agricultura intensiva, con el uso de fertilizantes sintéticos, que a nivel mundial se incrementan sin pensar en el perjuicio a la salud y al entorno. Por lo que, la práctica de técnicas enfocadas a la disminución de los fertilizantes sintéticos, se ha convertido en una significativa herramienta para mejorar los suelos degradados con el uso intensivo de productos sintéticos (Castellanos *et al.*, 2017).

Por lo que la utilización de agentes biológicos como bioinsecticidas o fertilizantes biológicos, forman parte integral de la agricultura sustentable, especialmente en el cultivo de hortalizas (Seguel-Fuentealba, 2014).

Por lo que, se ha visto la necesidad de la búsqueda de fuentes alternas para el uso en la agricultura orgánica, uno de ellos es la aplicación de bioestimulantes como una alternativa de producción que puede dar respuesta a la mitigación total o parcial de los efectos secundarios que produce el sistema de producción convencional, basado en mayor parte en la aplicación de fertilizantes de origen químico. De ahí que surge la necesidad de buscar otras formas de fertilizaciones, mediante la utilización de biofertilizantes y bioestimulantes que puedan cambiar la productividad y atributo de las cosechas. Estos bioactivos pueden reducir el uso de fertilizantes sintéticos y lograr la tolerancia de los cultivos al estrés (Quintero, Calero, Pérez y Enríquez, 2018).

En este sentido Quintana *et al.* (2013), mencionan que a estas sustancias también se les conoce como bioestimuladores de crecimiento. Por lo que, se han utilizado en los procesos controlados por la hormona

<sup>1</sup> Buñay-Vallejo, C. J. (2017). *Etapas fenológicas del cultivo del pimiento (Capsicum annuum L.) var. Verde, bajo las condiciones climáticas del cantón General Antonio Elizalde (Bucay) provincia del Guayas*. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 61 p.

causante del crecimiento que pueden proporcionar a los productores instrumentos con que puedan controlar algunas etapas fenológicas de la planta (Alcantará, Acero, Alcántara y Sánchez, 2019). Al ser considerados con una composición orgánica natural químicamente activos, que se pueden suministrar foliarmente o a través de la fertilización edáfica.

Du Jardin (2015) establece que los bioestimulantes son compuestos derivados de extractos de plantas que pueden contener fitohormonas o microorganismos. Suelen utilizarse para aumentar el rendimiento. Cuando dos o más reguladores vegetales se combinan con otras sustancias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas, entre otros), estos compuestos aumentan la actividad enzimática y la energía de la planta, generalmente haciéndola más resistente al uso moderno de fertilizantes y al estrés térmico y escasez de agua (Pino-Soto, 2014<sup>2</sup>).

Existen diferentes formulaciones de bioestimulantes, algunos de los más obvios son los aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos, otros de sistemas químicos complejos como los elaborados con base de algas, el quitosano, los hongos micorrízicos y ácidos húmicos, los cuales tienen dentro los recursos ya mencionados, sin embargo, en combinaciones diferentes y en algunas ocasiones con sus concentraciones reportadas en rangos y no con valores precisos (Veobides, Guridi y Vázquez, 2018).

Como lo plantean Ramírez, Rodríguez, Alfonso y Peniche (2010) donde mencionan, que el quitosano es un producto que se obtiene principalmente de subproductos de la industria pesquera, en especial del exosqueleto de los crustáceos, siendo un copolímero lineal formado por unidades de glucosamina y en menor medida de N-acetil D-glucosamina unidos por enlaces  $\beta$  1-4, el cual tiene una actividad bioestimulante en el crecimiento y rendimiento de las hortalizas.

Según Bittelli, Lury, Campbell y Nichols (2001) y Pichyangkura y Chadchawan (2015), indican que al aplicar quitosano hay presencia del cierre estomático en plantas, por lo cual muestra un impacto estimulante del aumento, señalando que administrar quitosano foliarmente al cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) reduce los efectos del estrés, lo que puede deberse a su efecto antitranspirante en la planta.

Del mismo modo, Rodríguez *et al.* (2017) afirmaron que el ácido húmico es una molécula

compleja formada por la degradación de la materia orgánica. Esto no solo tiene un impacto directo en el mejoramiento de la fertilidad del suelo, sino que también contribuye significativamente a su resistencia, incide en la absorción de nutrientes y, como resultado directo, afecta positivamente el crecimiento de plantas no saludables.

En el sentido de la utilización de los hongos micorrízicos García *et al.* (2010) indican que el mejor efecto de los hongos micorrízicos en las plantas es absorber agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y calcio del suelo, además de potenciar la actividad fisiológica de las raíces, así mismo de la resistencia de las plantas a las temperaturas y acidez del suelo resultante de la presencia de micronutrientes como aluminio, magnesio y azufre.

Por todo lo antes mencionado este estudio fue desarrollado con el propósito de valorar el impacto del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos en el crecimiento de variedades de pimiento en condiciones protegidas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

El estudio se desarrolló en el campus “La María” en el sector del cantón Mocache, provincia de Los Ríos, localizada en el kilómetro 7.5 de la vía Quevedo-El Empalme. La ubicación geográfica del sitio experimental es de 01° 06' 24" S y 79° 29' 70" O, a una altitud de 75 m. La caracterización climática es considerada tropical húmeda, su clima promedio anual, con temperatura de 24.8 °C, precipitación de 2252 mm; humedad relativa 84%, y 894 horas luz por año. El suelo presenta una topografía plana, textura franco-limoso con un pH promedio de 5.5.

### Método Experimental

El método de prueba utilizado fue aleatorio en un factorial  $2 \times 4$  con tres réplicas (Cuadro 1), siendo la primer variable las dos variedades, y la segunda los tres bioestimulantes, dando como resultado siete tratamientos y un testigo (control), dando 24 unidades experimentales, con 10 plantas por unidad experimental y 30 plantas por tratamiento.

<sup>2</sup> Pino-Soto, A. J. (2014). *Efecto de las aplicaciones hormonales exógenas en el rendimiento de arvejas (Pisum sativum L.) para cosecha en verde en condiciones de Yuracmayo – Tarma*. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Mantaro-Perú. 69 p.

**Cuadro 1. Factores de estudio y combinaciones evaluados.**  
**Table 1. Study factors and combinations evaluated.**

Factor A (variedades)	Factor B (bioestimulantes)	Combinaciones
V1: Magaly	B1: Ácidos húmicos (1:30 v/v)	V1 B1: Magaly + Ácidos húmicos (1:30 v/v)
	B2: Quitosano (3 g L <sup>-1</sup> de agua)	V1 B2: Magaly + Quitosano (3 g L <sup>-1</sup> de agua)
	B3: Hongos micorrízicos (20 g de esporas ml <sup>-1</sup> )	V1 B3: Magaly + Hongos micorrízicos (20 g de esporas ml <sup>-1</sup> )
	B4: Control	V1 B4: Magaly + Control
V2: Lycal	B1: Ácidos húmicos (1:30 v/v)	V2 B1: Lycal + Ácidos húmicos (1:30 v/v)
	B2: Quitosano (3 g L <sup>-1</sup> de agua)	V2 B2: Lycal + Quitosano (3 g L <sup>-1</sup> de agua)
	B3: Hongos micorrízicos (20 g de esporas ml <sup>-1</sup> )	V2 B3: Lycal + Hongos micorrízicos (20 g de esporas ml <sup>-1</sup> )
	B4: Control	V2 B4: Lycal + Control

## Desarrollo Experimental

El experimento se estableció en un invernadero, controlando las condiciones para el cultivo implementado. El manejo se realizó en función de las dos etapas estudiadas, es decir, tanto la producción de plántula, como el desarrollo del cultivo de pimiento. La mezcla para el sustrato de los semilleros fue a razón de cuatro partes de tierra, dos de materia orgánica y una de arena, los componentes del sustrato se homogenizaron, se adicionó agua hasta que éste alcanzó su capacidad de campo. Las semillas de ambas variedades (Lycal y Magaly) se desinfectaron por medio de inmersión por 5 minutos en Ca(ClO)<sub>2</sub> al 5%. Posteriormente se dejaron secar a la sombra por un período de tres horas antes de la siembra. La siembra se realizó en bandejas germinadoras, con el sustrato previamente preparado.

La siembra definitiva del pimiento, se realizó a los 25 días de iniciado el experimento, para esto se dispuso de macetas de 60 × 60 cm, en donde se establecieron de manera definitiva las plántulas obtenidas. Las malezas se controlaron manualmente, a fin de causar la mínima interferencia posible en el desarrollo del cultivo. El tutorado se realizó a los 20 días después del trasplante, utilizando estacas o cañas en los extremos de cada hilera de pimiento, a favor de obtener una línea de alambre aérea para la fijación de hilos que fueron amarrados a la base de cada planta.

Se realizaron dos aplicaciones de los bioactivos en estudio. La primera inmediatamente después de la siembra, y la segunda al momento de la floración, siguiendo las dosificaciones de cada tratamiento (Cuadro 1). Se efectuaron riegos cada semana,

evitando de esta manera estrés hídrico en las plantas, la aplicación del agua se realizó mediante regaderas manuales, mojando el sustrato en su totalidad. La recolección de los frutos se efectuó a los 60 ddt con una tijera de podar previamente desinfectada con alcohol al 90%. Los frutos se cosecharon cuando se observó la madurez fisiológica, evidenciándose su aptitud para la comercialización y consumo.

## Variables Evaluadas

A los 10 días del experimento se midió el porcentaje de emergencia, la altura de la planta, diámetro del tallo, biomasa (fresca y seca), además calidad y rendimiento de la fruta. Para la evaluación de esta variable se utilizó la siguiente Ecuación 1:

$$PE = \frac{NPE}{NSS} * 100 \quad (1)$$

donde: PE = porcentaje de emergencia; NPE = número de plantas emergidas; NSS = número de semillas sembradas.

La evaluación se realizó tomando en consideración plántulas normales emergidas, que fueron las que presentaron el epicótilo a simple vista por encima del suelo.

La altura se midió, desde la parte inferior del primer entrenudo hasta la última yema apical. El tallo se midió antes de bifurcación primaria de la planta y se llevó a cabo con un calibrador vernier digital (General Tools & Instruments Steel 147 6-Inch, Lenfech). Por otra parte, la biomasa incluyó (tallos, hojas y radícula)



de una planta por tratamiento, y se determinó con una balanza analítica (modelo Pioneer marca Ohaus). Una vez obtenido el peso fresco, este se puso en bolsas de papel para posteriormente colocarla a secar (estufa Tecnal, TE-393/80L) durante 72 h a 70 °C. Pesándose en una balanza analítica (modelo Pioneer marca Ohaus).

La producción de fruta del cultivo se considero de tres cosechas realizadas y expresándolas como toneladas por hectárea. Adicionalmente se consideró los frutos por planta, longitud, diámetro y peso de la fruta. Para la longitud del fruto se utilizaron los frutos totales de cada cosecha, midiendo con una cinta regla y posteriormente promediándolos. El diámetro del fruto se registró mediante un vernier electrónico digital (General Tools & Instruments Steel 147 6-Inch, Lenfech). Por último, se pesaron los frutos totales por planta en una balanza digital, (modelo Pioneer marca Ohaus), y se promediaron.

### Análisis Estadístico

Una vez ordenados los datos en Excel, se analizaron estadísticamente con el programa Infostat (2013). Las variables de respuesta se sometieron a una ANOVA, y cuando se presentaron diferencias estadísticas se le realizó la prueba de Tukey ( $P < 0.5$ ) para comparar las medias. Las variables germinación y emergencia expresadas con porcentaje fueron transformadas con  $\sqrt{X}$  y después se realizaron los análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Germinación y Emergencia

En las semillas, la germinación inicia desde la oxidación de la misma, en el cual pueden influir factores como, temperatura, luz, oxígeno entre otros. La germinación y emergencia de las dos variedades de pimiento y los bioestimulantes en estudio se presentan en el Cuadro 2. Se identificaron diferencias estadísticas de las variedades y bioestimulantes, mientras que para las interacciones no reflejó diferencias. La variedad Magaly mostró el mayor porcentaje de germinación, superando en un 18.34% a la variedad Lycal. Entre ácidos húmicos, quitosano y micorrizas no se presentaron diferencias estadísticas, pero si en relación al control. En la variedad Magaly los tres bioestimulantes produjeron un 100% de germinación de la semilla, superando a la variedad Lycal con sus

interacciones con un valor mayor de 33.33% para ácidos húmicos y quitosano, y un 13.33% a las micorrizas.

Estos resultados pudieran deberse a los ácidos húmicos en la germinación. Esta influencia se da principalmente en la velocidad de germinación, resultando más rápida y homogénea, y por lo tanto incrementándose el porcentaje de germinación. Por otra parte, puede ocasionar un beneficio al lograr una mejor absorción de agua, elevar la actividad de las enzimas causales de la germinación, estimular la respiración e influir en varios procesos bioquímicos y fisiológicos.

**Cuadro 2. Germinación y emergencia de dos variedades de *Capsicum annuum* L. en condiciones protegidas con aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos.**

**Table 2. Germination and emergence of two varieties of *Capsicum annuum* L. in protected conditions with application of chitosan, mycorrhizal fungi and humic acids.**

Tratamientos	Germinación	Emergencia
	- - - - - % - - - - -	
Variedades		
V2: Magaly	96.67 a <sup>†</sup>	95.00 a
V1: Lycal	78.33 b	70.00 b
Bioestimulantes		
B1: Ácidos húmicos	93.33 a	90.00 a
B2: Quitosano	91.67 a	86.67 a
B3: Hongos micorrízicos	88.33 a	83.33 b
B4: Control	76.67 b	70.00 c
Combinaciones		
Magaly + Ácidos húmicos	100.00 a	100.00 a
Magaly + Quitosano	100.00 a	100.00 a
Magaly + Hongos micorrízicos	100.00 a	100.00 a
Magaly + Control	86.67 b	80.00 b
Lycal + Ácidos húmicos	86.67 b	80.00 b
Lycal + Quitosano	83.33 b	73.33 bc
Lycal + Hongos micorrízicos	76.67 bc	66.67 cd
Lycal + Control	66.67 c	60.0 d
Promedio	87.50	82.50
CV (%)	5.22	3.50

<sup>†</sup> Letras similares en la misma columna no tienen diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

<sup>†</sup> Similar letters in the same column have no statistical differences ( $P < 0.05$ ).

Por otra parte, los resultados muestran que en la interacción con las variedades los valores mayores fueron con la aplicación de ácidos húmicos seguido por el quitosano. Esto puede deberse a la acción del grupo ácido húmico, que actúa directamente sobre la proliferación de células y la aceleración enzimática de las reservas de las semillas (Lulakis y Petsas, 1995).

En lo correspondiente al porcentaje de emergencia de plántulas, se demostró que los factores en estudio e interacciones presentaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ). La variedad Magaly logró una germinación mayor en 25% más que la variedad Lycal. En cuanto a los bioestimulantes la aplicación de ácidos húmicos registró el mayor porcentaje de emergencia de plántulas, aunque estadísticamente similar con el uso de quitosano, por lo que fueron superiores a las micorrizas y al testigo control. En lo que respecta a la interacción de los bioestimulantes con las variedades en estudio los resultados mostraron una emergencia mayor en la variedad Magaly respecto a la variedad Lycal con sus interacciones y a los tratamientos Magaly + Control y Lycal + Control en un 20 y 40% respectivamente.

Al respecto, Chen y Aviad (1990) asociaron los efectos positivos sobre la germinación debido a la acción de sustancias húmicas que logran mejorar la actividad enzimática de las semillas. A su vez, Csicsor, Gerse y Titkos (1994) han argumentado que las sustancias húmicas también afectan la respiración celular al abordar las vías de cambio de electrones, debido a la presencia de partículas de radicales libres en las sustancias húmicas. Según Jursik (1984), el sistema fisiológico se basa en la absorción de oxígeno por peróxido de hidrógeno de baja intensidad rico en oxígeno o radicales superóxido, que pueden generar electrones en las vías respiratorias y aumentar la producción de energía a las células. Los electrones perdidos son reemplazados por moléculas de  $H_2O$  o microorganismos del suelo (Lovley *et al.*, 1996).

Los resultados demuestran que los tres bioactivos estudiados incrementaron entre un 11.66 y 16.67% la germinación, comparativamente con el control, sin ningún tratamiento bioestimulante, esto demuestra que la inoculación de dichos bioactivos, genera un efecto positivo en la germinación de la semilla. Adicionalmente, la emergencia fue potenciada significativamente por los ácidos húmicos y quitosano, logrando valores mayores en plántulas emergidas. Con esto es posible puntualizar que además de promover la germinación, la bioestimulación con estos bioactivos

incrementa la emergencia de plántulas, evidenciándose una mejor respuesta de las semillas, al ser inoculadas con ácidos húmicos. En este sentido García *et al.* (2010), reportan resultados similares, donde consiguieron incrementar por encima del 80% la germinación en ají piquín (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) al tratarlas con Cyto-Gibb (3% de ácidos húmicos y 10% ácido giberélico).

### Altura de Planta

La aplicación de los bioestimulantes a las plantas de pimiento afectó significativamente la altura de las plantas a los 25 y 45 días ddt ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 3). El estudio de varianza mostró que, para la altura de plantas entre variedades, donde Magaly superó a Lycal. Por otro lado, a los 25 ddt los bioestimulantes superaron al control mientras que a los 45 ddt los ácidos húmicos tuvieron plantas de mayor altura, seguidos por el quitosano y hongos micorrízicos y finalmente el control. Por su parte la interacción formada por la variedad Magaly + ácidos húmicos registró las plantas de mayor altura en ambas fechas superando estadísticamente a las demás interacciones que presentaron plantas.

Quizás el resultado anterior se debió a que el ácido húmico tiene un efecto positivo en las raíces y el área foliar de las plantas (Canellas y Façanha, 2004), debido a que los procesos químicos y fisiológicos mejoran la producción de ATP, además mejora la función positiva de la respiración y una rápida función enzimática y flexible del ciclo de Krebs. Por otra parte, los factores de selección sobre la síntesis de proteínas aumentan o inhiben la actividad de muchas enzimas (Nardi, Pizzeghello, Muscolo y Vianello, 2002a).

### Diámetro del Tallo

La variedad Magaly registró tallos de mayor grosor, sin diferir estadísticamente de la variedad Lycal a los 25 días después de la siembra ( $P < 0.05$ ). Cuando se aplicó ácidos húmicos, se presentó mayor diámetro del tallo en igualdad estadística con los demás bioestimulantes y control, cuyos valores oscilaron entre 7.10 y 8.28 mm a los 25 días después de la siembra. La combinación de la variedad Magaly con ácidos húmicos, produjo plantas con tallos de mayor diámetro, pero estadísticamente igual a las demás interacciones a los 25 días después de la siembra.

**Cuadro 3. Altura de planta y diámetro del tallo a los 25 y 45 ddt (días después del trasplante) de dos variedades de *Capsicum annuum* L. en condiciones protegidas con aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos.**  
**Table 3. Plant height and stem diameter at 25 and 45 ddt (days after planting) of two varieties of *Capsicum annuum* L. in protected conditions with application of chitosan, mycorrhizal fungi and humic acids.**

Tratamientos	Altura de planta		Diámetro del tallo	
	25 ddt <sup>†</sup>	45 ddt	25 ddt	45 ddt
	----- cm -----		----- mm -----	
Variedades				
V1: Magaly	18.67 a <sup>†</sup>	44.87 a	8.34 a	14.68 a
V2: Lycal	16.96 b	40.71 b	7.62 a	13.60 a
Bioestimulantes				
B1: Ácidos húmicos	19.38 a	46.38 a	8.87 a	16.05 a
B2: Quitosano	18.45 a	43.90 b	8.28 a	14.12 ab
B3: Hongos micorrízicos	17.72 a	41.97 b	7.67 a	13.48 b
B4: Control	15.70 b	38.90 c	7.10 a	12.92 b
Interacciones				
Magaly + Ácidos húmicos	20.83 a	49.53 a	9.23 a	16.23 a
Magaly + Quitosano	19.57 ab	45.87 b	8.60 a	15.00 a
Magaly + Hongos micorrízicos	18.43 abc	43.53 bc	8.13 a	14.13 a
Magaly + Control	15.83 c	40.53 cd	7.40 a	13.37 a
Lycal + Ácidos húmicos	17.93 abc	43.23 bc	8.50 a	15.87 a
Lycal + Quitosano	17.33 bc	41.93 c	7.97 a	13.23 a
Lycal + Hongos micorrízicos	17.00 bc	40.40 cd	7.20 a	12.83 a
Lycal + Control	15.57 c	37.27 d	6.80 a	12.47 a
Promedio	17.81	42.79	7.98	14.14
Coeficiente de variación (%)	6.82	2.84	14.05	9.44

<sup>†</sup> Letras similares en la misma columna no tienen diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

<sup>†</sup> Similar letters in the same column have no statistical differences ( $P < 0.05$ ).

Por su parte a los 45 días después de la siembra, los bioestimulantes alcanzaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ). Los ácidos húmicos superaron al quitosano y micorrizas, pero entre quitosano y micorrizas no se presentó diferencias. En cuanto a las variedades e interacciones no registraron significancia estadística. Esto se puede atribuir a la adaptabilidad de la variedad Magaly que es apta para las condiciones agroclimáticas de la provincia de Los Ríos, mientras que la variedad Lycal por ser de origen cubano, ha tenido problemas y restricción en su adaptabilidad y desarrollo en dichas condiciones. Según lo sostenido por Hernández, Oyama y Vázquez (2001), esta respuesta se podría atribuir a la variabilidad entre los materiales de siembra, así

como de las condiciones de suelo y clima que pueden alterar negativamente los patrones de respuesta de las plantas.

Mientras tanto, Nardi *et al.* (2002b), Pasqualoto, Lopes, Okorokova y Rocha (2009) mencionan que el ácido húmico puede actuar como una fitohormona porque exhibe un activador celular que estimulan su crecimiento y su efecto está asociado con concentraciones más altas de nitrógeno en el compuesto de unión, así como con una actividad promotora del aumento de ácido indolacético, por lo que pueden incrementar la altura y diámetro de los cultivos. Como señalan Varanini y Pinton (2001) que los estimulantes no solo reducen la producción

de fertilizantes sintéticos, sino que también tienen un impacto positivo en las propiedades y sobretodo en la calidad del recurso suelo, además un impacto en el desarrollo de la planta, tal, como sucedió en el presente trabajo.

### Biomasa Fresca y Seca

En el Cuadro 4 se muestran los tratamientos e indican que la mejor respuesta de biomasa fresca y seca de pimiento en condiciones protegidas, fueron para las variedades y bioestimulantes ( $P < 0.05$ ), mientras que para las interacciones no se presentó significancia. La variedad Magaly presentó diferencia estadística respecto a la variedad Lycal. Por su parte la aplicación de ácidos húmicos ( $V_1 B_1$ ) registró 67.28 g más que el quitosano ( $V_1 B_2$ ) y 103.9 g de diferencia con las micorrizas ( $V_1 B_3$ ), y altamente superior al control ( $V_1 B_4$ ). A su vez el tratamiento  $V_2 B_1$ ,  $V_2 B_2$  y  $V_2 B_3$  no presentaron diferencias estadísticas entre ellos, pero si con valores mayores a los tratamientos  $V_1 B_3$ ,  $V_2 B_2$ ,  $V_2 B_3$  y los dos testigos control de ambas variedades  $V_1 B_4$  y  $V_2 B_4$ .

En cuanto a la variable biomasa seca el análisis de varianza arrojó significancia para las variedades y bioestimulantes ( $P < 0.05$ ), sin embargo, para las interacciones no se presentó diferencias. En lo que se refiere a las variedades, la variedad Magaly fue 24.39% superior a la Lycal, mientras que con la aplicación de los bioestimulantes, el tratamiento  $V_1 B_1$  (Magaly + Ácidos húmicos) resultó superior a las demás interacciones, siendo el tratamiento control (Lycal + Control) el de menor promedio.

Esto se debe principalmente a que las sustancias húmicas parecen mostrar una actividad similar a las hormonas, esto no es claro si esta actividad está vinculada estrictamente a la estructura química de las sustancias húmicas o si depende de las hormonas de origen microbiano atrapado en ellas. En cualquier caso, muestran efectos estimulantes sobre el crecimiento celular de los vegetales. Aunque se llegue a absorber solo una parte de estos, esto es suficiente para modificar la forma activa del metabolismo vegetal (Zanin *et al.*, 2019).

Nuevamente se puede apreciar que mediante la aplicación de ácidos húmicos la biomasa fresca y seca resultó superior, y con ello se corrobora lo mencionado por Aganga y Tshwenyane (2003) informan que

las sustancias húmicas predominación en el desarrollo de plantas, tienen resultados reales en la biomasa fresca y seca en plantas. Asimismo, los resultados obtenidos son consistentes con los logrados por Arteaga *et al.* (2006), en *Lycopersicon esculentum*, ellos indican que la utilización de ácidos húmicos provenientes de vermicomposta de estiércol de vaca, a concentraciones similares a las suministradas en este estudio, se presentaron influencias positivas en biomasa seca de raíces y hojas, incrementándose la cantidad de proteínas, aminoácidos y pigmentos fotosintéticos.

**Cuadro 4. Biomasa fresca y seca de dos variedades de *Capsicum annum* L. en condiciones protegidas con aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos.**

**Table 4. Fresh and dry biomass of two varieties of *Capsicum annum* L. in protected conditions with the application of chitosan, mycorrhizal fungi and humic acids.**

Tratamientos	Biomasa (planta g <sup>-1</sup> )	
	Fresca	Seca
Variedades		
V1: Magaly	290.60 a <sup>†</sup>	89.64 a
V2: Lycal	228.12 b	67.77 b
Bioestimulantes		
B1: Ácidos húmicos	339.38 a	106.72 a
B2: Quitosano	272.10 b	83.17 b
B3: Hongos micorrízicos	235.48 bc	70.35 bc
B4: Control	190.47 c	54.60 c
Interacciones		
Magaly + Ácidos húmicos	379.47 a	120.75 a
Magaly + Quitosano	310.33 ab	96.55 ab
Magaly + Hongos micorrízicos	267.43 bcd	81.54 bc
Magaly + Control	205.17 cd	59.74 cd
Lycal + Ácidos húmicos	299.30 abc	92.69 abc
Lycal + Quitosano	233.87 bcd	69.79 bcd
Lycal + Hongos micorrízicos	203.53 cd	59.17 d
Lycal + Control	175.77 d	49.45 d
Promedio	259.36	78.71
Coefficiente de variación (%)	13.66	16.16

<sup>†</sup> Letras similares en la misma columna no tienen diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

<sup>†</sup> Similar letters in the same column have no statistical differences ( $P < 0.05$ ).



## Número de Frutos

Al evaluar frutos por planta se aprecia diferencias estadísticas de variedades y bioestimulantes (Cuadro 5), mientras que las interacciones no registraron significancia. La producción de frutos por planta fue mayor en la variedad Magaly que en la variedad Lycal. Por su parte al aplicarse ácidos húmicos se obtuvo mayor frutos por planta, pero sin diferencias con aplicación de quitosano, superando estadísticamente a los hongos micorrízicos y al control. En cuanto a las interacciones, los mejores tratamientos fueron  $V_1 B_1$ ,  $V_1 B_2$ , pero estadísticamente igual a los tratamientos  $V_2 B_1$  y  $V_2 B_2$ . La aplicación de hongos micorrízicos ( $V_1 B_3$  y  $V_2 B_3$ ) fueron los que presentaron los menores

valores en conjunto con los tratamientos control ( $V_1 B_4$  y  $V_2 B_4$ ) en ambas variedades.

Lo anterior pudo haber sido a que los efectos de los ácidos húmicos suelen ser ejercidos sobre las funciones de la membrana celular, promueve la nutrición o el crecimiento de las plantas, actuando como sustancias tipo hormonal (Varanini y Pinton, 2001). De manera similar, durante la maduración y cosecha de la fruta, el ácido húmico provoca sin número de pigmentos, proporcionando más follaje verde con más calidad fotosintética, fruta mejorada y resistente a daños por pudrición de la fruta. Estudios hechos en *Capsicum annuum* producido de forma orgánica se ha encontrado que el uso de ácidos húmicos en el suelo o vía foliar consigue crecimiento del rendimiento del fruto,

**Cuadro 5. Número de frutos por planta, longitud, diámetro y peso del fruto de dos variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) en condiciones protegidas con aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos.**

**Table 5. Number of fruit per plant; fruit length, diameter and weight of two peppers varieties (*Capsicum annuum* L.) under protected conditions with application of chitosan, mycorrhizal fungi and humic acids.**

Tratamientos	Número de frutos por planta	Longitud del fruto	Diámetro del fruto	Peso del fruto
		cm	mm	g
Variedades				
V1: Magaly	13.42 a <sup>†</sup>	11.18 a	40.67 a	81.07 a
V2: Lycal	10.50 b	9.065 b	36.00 b	63.81 b
Bioestimulantes				
B1: Ácidos húmicos	15.33 a	12.22 a	43.33 a	92.22 a
B2: Quitosano	13.17 ab	10.67 ab	38.50 b	73.62 b
B3: Hongos micorrízicos	11.33 bc	10.01 b	38.33 b	69.32 b
B4: Control	8.00 c	80.77 b	33.17 c	54.60 c
Interacciones				
Magaly + Ácidos húmicos	18.33 a	13.13 a	47.00 a	105.27 a
Magaly + Quitosano	14.00 ab	11.70 ab	41.00 ab	83.70 a
Magaly + Hongos micorrízicos	12.67 bcd	10.80 ab	41.00 ab	78.27 bc
Magaly + Control	8.67 cd	90.07 b	33.67 bc	57.03 cd
Lycal + Ácidos húmicos	12.33 abc	11.30 ab	39.67 ab	79.17 bc
Lycal + Quitosano	12.33 abc	90.63 b	36.00 bc	63.53 bcd
Lycal + Hongos micorrízicos	10.00 cd	90.20 b	35.67 bc	60.37 cd
Lycal + Control	7.33 d	80.47 b	32.67 c	52.17 d
Promedio	11.96	10.41	38.33	72.44
Coefficiente de variación (%)	20.05	11.63	0.51	10.86

<sup>†</sup> Letras similares en la misma columna no tienen diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

<sup>†</sup> Similar letters in the same column have no statistical differences ( $P < 0.05$ ).

así como la mejora de manera significativa de la calidad de fruto (Karakurt, Unlu, Unlu y Padem, 2009).

Así mismo, el número de frutos se vio favorecido cuando se aplicaron ambos bioestimulantes, ya que se estimuló la fisiología en las plantas, similar a lo reportado por González *et al.* (2018). Ellos cultivaron pepino organóponico (*Cucumis sativus*) con dosis altas de quitosano y encontraron incrementos en frutos por planta. En este mismo sentido Reyes *et al.* (2020) mencionan que el total de frutos por planta en tomate, con tratamientos con 200 y 300 mg L<sup>-1</sup> con quitosano mostraron valores más altos de fruta. De la misma manera Arteaga *et al.* (2006), mencionan el incremento de número de frutos en tomate con la aplicación de ácidos húmicos.

En el mismo Cuadro 5 se observan los promedios de la longitud, diámetro y peso del fruto. Se evidencia la significancia entre variedades y bioestimulantes ( $P < 0.05$ ). Por su parte, las interacciones no registraron diferencias a la aplicación de los tratamientos ( $P < 0.05$ ). Los frutos de mayor longitud los presentó la Magaly, superando en 2.11 cm por fruto a la variedad Lycal. Por su parte cuando se aplicaron los bioestimulantes, los tratamientos ácidos húmicos y quitosano no presentaron diferencias entre ellos, sin embargo, superaron a los tratamientos hongos micorrízicos y al control. En cuanto a las combinaciones los mejores fueron V<sub>1</sub>B<sub>1</sub>, V<sub>1</sub>B<sub>2</sub>, V<sub>1</sub>B<sub>3</sub> y V<sub>2</sub>B<sub>1</sub>, mientras que el que produjo menor longitud de frutos fue el control en ambas variedades en estudio.

Cuando se aplicaron los bioestimulantes las variables de diámetro y peso del fruto, la variedad Magaly presentó frutos de mayor diámetro y peso que Lycal. Los ácidos húmicos produjeron frutos de mayor diámetro y peso, superando a los tratamientos quitosano y hongos micorrízicos, los cuales a su vez superaron al control. En las interacciones el tratamiento V<sub>1</sub>B<sub>1</sub> produjo frutos de mayor diámetro, sin embargo, estadísticamente no presentó diferencias con los tratamientos V<sub>1</sub>B<sub>2</sub>, V<sub>1</sub>B<sub>3</sub> y V<sub>2</sub>B<sub>1</sub>. Sin embargo, en lo que se refiere al peso del fruto la aplicación de ácidos húmicos (V<sub>1</sub>B<sub>1</sub>) y quitosano (V<sub>1</sub>B<sub>2</sub>), en la variedad Magaly fueron diferentes y con valores mayores. El tratamiento control presentó valores más bajos de diámetro y peso del fruto en ambas variedades en estudio.

Estos resultados pudieran deberse a que los bioestimulantes complementaron mejor las necesidades nutrimentales del cultivo, y podría ser al uso de las sustancias húmicas que logran una mejor absorción de nutrimentos por parte de las plantas, también se puede atribuir a que la variedad Magaly es la que mejor se adaptó a las condiciones agroclimáticas de este estudio. En este estudio los resultados se asemejan a los mencionados por Arteaga *et al.* (2006), donde plantea el aumento del diámetro y biomasa de los frutos de tomate con aplicación de humus a 1/30. De la misma manera Reyes *et al.* (2017b), informan valores significativos en diámetro y biomasa del fruto con aplicación de humus de compostas de lombriz y Jacinto de agua. Así mismo Reyes *et al.* (2017a) en su evaluación, evidenciaron que las sustancias húmicas aplicados incrementaron las variables morfométricas en zanahoria, superiores al tratamiento control.

## Rendimiento

La variedad Magaly superó estadísticamente a la variedad Lycal ( $P < 0.05$ ), mientras que la aplicación de ácidos húmicos generó el mayor rendimiento con 29.16 Mg ha<sup>-1</sup>, superando a los demás bioestimulantes (B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>), donde el control (B<sub>4</sub>) fue el de menor rendimiento (Cuadro 6). Lo anterior pudiera explicarse por los resultados mencionados anteriormente, mayor número, tamaño y biomasa de frutos encontrados en plantas con aplicación de ácidos húmicos (B<sub>1</sub>), seguido por los demás tratamientos. En la interacción entre variedades y bioestimulante el tratamiento mejor fue el V<sub>1</sub>B<sub>1</sub> con un rendimiento de 38.66 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras el tratamiento de menor producción fue el V<sub>2</sub>B<sub>4</sub>.

Las plantas lograron beneficios a consecuencia de la aplicación de los ácidos húmicos, principalmente en el incremento radicular, por lo que se considera una mejor absorción de nutrimentos, así como el incremento en el crecimiento foliar, por lo que se favorece la fisiología y el rendimiento de los cultivos. En este sentido Karakurt *et al.* (2009), determinó que, con sustancias húmicas, se obtiene un incremento del rendimiento al utilizarlos en la producción de chile pimienta, cultivado orgánicamente, a la vez que mejoraron la calidad del fruto.

**Cuadro 6. Rendimiento por hectárea de dos variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) en condiciones protegidas con aplicación de quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos. Table 6. Yield per hectare of two pepper varieties (*Capsicum annuum* L.) in protected conditions with the application of chitosan, mycorrhizal fungi and humic acids.**

Tratamientos	Rendimiento
	Mg ha <sup>-1</sup>
Variedades	
V1: Magaly	22.91 a <sup>†</sup>
V2: Lycal	13.75 b
Bioestimulantes	
B1: Ácidos húmicos	29.16 a
B2: Quitosano	19.50 b
B3: Hongos micorrízicos	15.93 b
B4: Control	87.33 c
Interacciones	
Magaly + Ácidos húmicos	38.66 a
Magaly + Quitosano	23.40 b
Magaly + Hongos micorrízicos	19.73 bc
Magaly + Control	9.86 cd
Lycal + Ácidos húmicos	19.66 bc
Lycal + Quitosano	15.60 bcd
Lycal + Hongos micorrízicos	12.13 bcd
Lycal + Control	7.60 d
Promedio	18.33
Coefficiente de variación (%)	22.59

<sup>†</sup> Letras similares en la misma columna no tienen diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

<sup>†</sup> Similar letters in the same column have no statistical differences ( $P < 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

La variedad Magaly, superó significativamente a la variedad Lycal en germinación, emergencia, altura de plantas y diámetro del tallo, biomasa fresca y seca, así como en el rendimiento en frutos por planta, mayor longitud, diámetro y peso, componentes que reflejaron además el mayor rendimiento. Los tres bioestimulantes estudiados incrementaron la germinación entre 11.66 y 16.67%, mientras que la emergencia fue potenciada por el humus y quitosano. Los ácidos húmicos produjeron plantas de mayor altura y tallos de mayor diámetro, en las dos evaluaciones realizadas. Al aplicar ácidos húmicos,

se generó incremento en longitud, diámetro, peso y frutos por planta, por lo tanto, como consecuencia mayor rendimiento.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por el apoyo otorgado a través del proyecto PFOC6-20-2018, del Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) 6<sup>ta</sup> Convocatoria, a través del proyecto “Evaluación de derivados de Quitosano en la producción sostenible de hortalizas en sistema de cultivo orgánico”.

## DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable en esta sección.

## CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable en esta sección.

## DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización y administración del proyecto, adquisición de fondo, validación: J.J.R.P. Conceptualización, análisis formal, validación: M.R.H. Investigación, metodología: A.E.S.C. Software, revisión y edición: G.V.L. Curación de datos, revisión y edición: F.J.C.M. Conceptualización, preparación del borrador original, revisión y edición: F.H.R.E.

## LITERATURA CITADA

Alcantará C., J. S., Acero G., J., Alcántara C., J. D., & Sánchez M., R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129. <https://doi.org/10.22490/24629448.3639>

- Aganga, A. A., & Tshwenyane, S. O. (2003). Lucerne, lablab and *leucaena leucocephala* forages: production and utilization for livestock production. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2, 46-53. <https://doi.org/10.3923/pjn.2003.46.53>
- Arteaga, M., Garcés, N., Guridi, F., Pino, J. A., López, A., Menéndez, J. L., & Cartaya, O. (2006). Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Var. Amalia en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 95-101.
- Bittelli, M., Lury, M., Campbell, G. S., & Nichols, E. J. (2001). Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107(3), 167-175. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00242-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00242-2)
- Canellas, L. P., & Façanha, A. (2004). Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(3), 233-240. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000300005>
- Castellanos R., J. Z., Cano, P., García, E., Olalde, P., Preciado, P., Ríos, J., & García, J. (2017). Hot pepper (*Capsicum annuum* L.) growth, fruit yield, and quality using organic sources of nutrients. *Compost Science & Utilization*, 25(S1), 70-77. <https://doi.org/10.1080/1065657x.2017.1362673>
- Cañarte-Bello, C., Fuentes, T., Vera, B., & Ayón, N. F. (2018). Producción y comercialización del pimiento e incidencia socioeconómica. *Polo del Conocimiento*, 3, 238-252. <https://doi.org/10.23857/pc.v3i7.545>
- Csicsor, J., Gerse, J., & Titkos, A. (1994). The biostimulant effect of different humic substance fraction on seed germination. In N. Senesi, & T. M. Miano (Eds.) *Humic substances in the global environment and implications on human health* (pp. 557-562). Proceedings of the 6th International Meeting of the International Humic Substances Society, September 20-25, Bari, Italy, Elsevier. ISBN: 0-444-89593-0.
- Chen, Y., & Aviad, T. (1990). Effects of humic substances on plant growth. In P. MacCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, & P. R. Bloom (Eds.). *Humic substances in soil and crop science: Selected readings* (pp. 161-186). Madison, WI, USA: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2136/1990.humicsubstances.c7>
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- García, A., Montes, S., Rangel, J., García, M., & Mendoza, M. (2010). Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín [*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ácido giberélico e hidrotermia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(2), 203-216.
- González, L., Jiménez, M., Castillo, D., Martínez, I., Cambara, A., & Falcón, A. (2018). Respuesta agronómica del pepino a la aplicación de QuitoMax en condiciones de organoponía. *Revista Centro Agrícola*, 45(3), 27-31.
- Hernández-Verdigo, S., Oyama, K., & Vázquez, C. (2001). Differentiation in seed germination among populations of *Capsicum annuum* along a latitudinal gradient in Mexico. *Plant Ecology*, 155, 245-257. <https://doi.org/10.1023/A:1013234100003>
- InfoStat. (2013). Software para análisis estadístico versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Accedido el 25 de abril, 2020, desde <http://www.infostat.com.ar>
- Jurcsik, I. 1984. The growth of barley grains during germination on the effect of natural and synthetic humic acids. *Botanikae Közlemények*, 71, 3-4.
- Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., & Padem, H. 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculture-Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 59(3), 233-237. <https://doi.org/10.1080/09064710802022952>
- Lovley, D. R., Coates, J. D., Blunt-Harris, E. L., Phillips, J. P., & Woodward, J. C. (1996). Humic substances as electron acceptors for microbial respiration. *Nature*, 382, 445-448. <https://doi.org/10.1038/382445a0>
- Lulakis, M. D., & Petsas, S. I. (1995). Effect of humic substances from vine-canes mature compost on tomato seedling growth. *Bioresource Technology*, 54(2), 179-182. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(95\)00129-8](https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00129-8)
- Luna, R., Reyes, J. J., López, R., Reyes, M., Alava, A., Velasco, A.,... Macías, R. (2015). Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Centro Agrícola*, 42(4), 11-18.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002a). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology Biochemistry*, 34(11), 1527-1536. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Gessa, C., Ferrarese, L., Trainotti, L., & Casadoro, G. (2002b). A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(3), 415-419. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00168-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00168-6)
- Quintana, M., Capote, A., Nápoles, J. A., Álvarez, O., Ramos, Y., Bécquer, C., & Galdo, Y. (2013). Efecto de dos reguladores de crecimiento y condiciones de iluminación en la germinación de semillas conservadas de *Clitoria ternatea*. *Bioteología Vegetal*, 13(2), 113-119.
- Quintero, E., Calero, A., Pérez, Y., & Enriquez, L. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola*, 45(3), 73-80.
- Pasqualoto, L., Lopes, F., Okorokova, A., & Rocha, A. (2009). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*, 130(4), 1951-1957. <https://doi.org/10.1104/pp.007088>
- Pichyangkura, R., & Chadchawan, S. (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 49-65. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.031>
- Ramírez, Á., Rodríguez, A., Alfonso, L., & Peniche, C. (2010). Chitin and its derivatives as biopolymers with potential agricultural applications. *Bioteología Aplicada*, 27(4), 270-276.
- Rodríguez, A., Ramírez, Á., 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.
- Reyes-Pérez, J. J., Abasolo-Pacheco, F., Yépez-Rosado, Á. J., Luna-Murillo, R. A., Zambrano-Burgos, D., Vázquez-Morán, ... Rodríguez Mendoza, W. O. (2017a). Ácidos húmicos y su efecto sobre variables morfológicas en plantas de zanahoria (*Daucus carota* L.). *Biotecnia*, 19(2), 25-29. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v19i2.381>

- Reyes-Pérez, J. J., Luna Murillo, R. A., Reyes Bermeo, M. del R., Vázquez Morán, V. F., Zambrano Burgos, D., & Torres Rodríguez, J. A. (2017b). Efecto de abonos orgánicos sobre la respuesta productiva en el tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 35(1), 26-39.
- Reyes-Pérez, J. J., Enríquez-Acosta, E. A., Ramírez-Arrebato, M., Zúñiga-Valenzuela, E., Lara-Capistrán, L., & Hernández-Montiel, L. G. (2020). Efecto del quitosano sobre variables del crecimiento, rendimiento y contenido nutricional del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 457-65. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2392>
- Sánchez C., F., Moreno, E., Reséndiz, R., Colinas, M. T., & Rodríguez, J. E. (2017). Producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en ciclos cortos. *Agrociencia*, 51(4), 437-446.
- Seguel-Fuentealba, A. (2014). El potencial de las micorrizas arbusculares en la agricultura desarrollada en zonas áridas y semiáridas. *Idesia*, 32(1), 3-8. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100001>
- Varanini, Z., & Pinton, R. (2001). Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In R. Pinton, Z. Varanini, & P. Nannipieri (Eds.). *The Rhizosphere. Biochemistry and organic substances at the soil-plant interface* (pp. 141-158). New York, NY, USA: Marcel Dekker.
- Veobides, H., Guridi, F., & Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39, 102-109.
- Velázquez V., J. C., Márquez Q., C. De la Cruz, E., Osorio, R., & Preciado, P. (2018). Morphological variation of wild peppers (*Capsicum* spp.) from the state of Tabasco, Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(2), 115-121. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1603>
- Zanin, L., Tomasi, N., Cesco, S., Varanini, Z., & Pinton, R. (2019). Humic substances contribute to plant iron nutrition acting as chelators and biostimulants. *Frontiers in Plant Science*, 10, 675. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00675>