



INFLUENCIA DE SUSTRATO E IMBIBICIÓN DE SEMILLAS EN ÁCIDO GIBERÉLICO, EN EL DESARROLLO DE MUDAS Y PRODUCTIVIDAD DEL PIMIENTO

*INFLUENCE OF SUBSTRATE AND SEED IMBIBITION IN GIBBERELLIC ACID ON SEEDLING
DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF BELL PEPPER*

William Eduardo Domínguez Cabrera^{1*} , Oscar Luis Caballero Casuriaga²  y Florencio David Valdez Ocampo² 

¹ Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

² Profesor, Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción Paraguay.

*Autor por correspondencia: wiliamdominguez014@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el desarrollo de mudas y productividad del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum L.*), influenciados por la utilización de diferentes sustratos e imbibición de semillas en dosis de ácido giberélico (AG_3). El experimento se realizó en el área de Horticultura de la FCA – UNC, ubicada sobre la ruta V, Gral. Bernardino Caballero Km 2, ciudad de Concepción, entre los meses julio a diciembre de 2019. Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar, con 9 tratamientos y 3 repeticiones, en un arreglo factorial 3×3 (Imbibición de semillas en 3 dosis de ácido giberélico \times 3 sustratos). Se determinaron: longitud y diámetro del tallo, masa fresca de mudas, además peso individual de frutos y rendimiento. Los datos fueron sometidos a ANAVA, mediante el Test F y las medias comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5%. Los resultados indican que para las determinaciones diámetro del tallo y longitud, se destacó el sustrato tierra roja + humus. En la masa fresca de mudas, se destacó el sustrato tierra roja + estiércol. Para peso individual de frutos y el rendimiento, el sustrato comercial obtuvo los mayores resultados. Solamente para la determinación longitud de mudas, pudieron ser observados efectos estadísticos entre las dosis de ácido giberélico empleadas para imbibición de semillas, resaltando la concentración de 50 ppm. Para las determinaciones diámetro del tallo y longitud de mudas, fueron observados efectos de interacción (dosis de ácido giberélico \times sustratos). Se concluye que los sustratos y dosis de ácido giberélico tuvieron efecto significativo sobre las determinaciones realizadas.

Palabras clave: *Capsicum annuum L.*, imbibición, ácido giberélico, sustratos, mudas.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate seedling development and crop productivity of bell pepper (*Capsicum annuum L.*), influenced by the use of different substrates and seed imbibition in varying doses of gibberellic acid (GA_3). The experiment was conducted in the Horticulture area of the Faculty of Agricultural Sciences (FCA) – National University of Concepción (UNC), located along Route V, Gral. Bernardino Caballero, Km 2, Concepción, from July to December 2019. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was used, with nine treatments and three replications, arranged in a 3×3 factorial scheme (three gibberellic acid concentrations \times three substrates). The evaluated parameters included stem diameter and length, seedling fresh mass, individual fruit weight, and yield. The data were subjected to Analysis of Variance (ANOVA) using the F-test, and treatment means were compared using Tukey's test at 5% probability. The results indicated that, for stem diameter and length, the red soil + humus substrate showed the highest values. For seedling fresh mass, the red soil + manure substrate performed best. The commercial substrate achieved the highest values for both individual fruit weight and yield. Statistical effects among gibberellic acid concentrations were observed only for seedling length, with 50 ppm showing the most significant response. Interaction effects (GA_3 dose \times substrate) were observed for stem diameter and seedling length. The study concludes that both substrates and gibberellic acid concentrations had a significant impact on the evaluated parameters.

Keywords: *Capsicum annuum L.*, imbibition, gibberellic acid, substrates, seedlings.

INTRODUCCIÓN

La producción de solanáceas de frutos como el pimiento, destinados a la comercialización con aceptable nivel tecnológico requiere que la fase de producción de mudas sea eficiente, de modo a llevar al campo mudas bien formadas con óptimo desarrollo (Romero et al., 2022). La muda tiene directa influencia en la productividad final. Así plántulas sanas y bien desarrolladas pueden llegar a máximos niveles de productividad (Shukla et al., 2013); en tanto mudas que no alcancen un desarrollo óptimo pueden acarrear innumerables problemas al productor: alargamiento del ciclo, baja productividad, pérdidas económicas, pérdida total de la producción. La alta calidad de mudas al trasplante, en solanáceas de frutos, augura altos niveles de cuajado, precocidad productiva, alta productividad y adecuado tamaño de frutos (Ibrahim et al., 2013).

El término sustrato se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezcla, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno (Stewart-Wade, 2020). En la actualidad existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos.

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio. La imbibición es un fenómeno físico que consiste en la absorción inicial, que implica la retención de agua por coloides, lo que suaviza las cubiertas de la semilla e hidrata al protoplasma, provoca el hinchamiento y el posible rompimiento de las cubiertas (Liliana y Constanza, 2013).

De acuerdo a Araiza et al. (2011), las giberelinas favorecen el crecimiento del tallo de las plantas mediante la estimulación de la división y elongación celular, regulan la transición de la fase juvenil a la fase adulta, influyen en la iniciación floral, y en la formación de flores; promueven el establecimiento y crecimiento del fruto, promueven la germinación de las semillas y la producción de enzimas hidrolíticas durante la germinación.

Este trabajo presenta como objetivo general: Evaluar el desarrollo de mudas y productividad del cultivo del pimiento, influenciados por la

utilización de diferentes sustratos e imbibición de semillas en dosis de ácido giberélico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue de tipo mixto, cuantitativo y cualitativo. Las instalaciones para el experimento fueron realizadas en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias situada en la ciudad de Concepción, ruta V Gral. Bernardino Caballero. Cuyas coordenadas son, latitud sur $23^{\circ}24'38''$, y longitud $57^{\circ}24'49.9''$

Las condiciones generales del clima en el departamento de Concepción son las siguientes: la región de ubicación es mediterránea; el relieve general es plano a ondulado; el clima se define como tropical con una precipitación media anual oscila entre 1300 mm a 1900 mm, la temperatura promedio es de 26°C con máximas que pueden llegar hasta los 45°C en verano y mínimas de hasta 4°C en invierno con leves incidencias de heladas (DINAC, 2020).

El suelo de la región posee las siguientes características: taxonómicamente pertenece al orden Alfisol del Sub Mollic Paleudalf, que se caracteriza por presentar una textura arenosa franca fina y débilmente estructurado en bloques subangulares pequeños (López et al., 1995).

El análisis del suelo fue llevado a cabo en el laboratorio la Escuela Agrícola Concepción-Paraguay, donde señala las siguientes características químicas y físicas, con una profundidad de 0 – 0,20 cm; pH (H_2O) 5,67; materia orgánica (Walkley Black): 1,67 %; Ca^{+2} y K^{+} : 5,06, 1,27 y 0,19 cmol/LS, respectivamente; Al^{+3} : 0,05; CIC: 9,71 cmol/LS; V: 67,21% y la textura del suelo extraído del campo experimental: franco - arenosa.

El diseño empleado fue el de Bloques Completos al Azar, con 9 tratamientos y 3 repeticiones, en un arreglo factorial 3 x 3 (Imbibición de semillas en 3 dosis de ácido giberélico x 3 sustratos). Las dosis de ácido giberélico empleadas para imbibición de semillas (híbrida Nathalie), fueron: 0, 25 y 50 ppm; y los sustratos empleados fueron: comercial (Carolina soil), tierra roja (TR) + estiércol bovino, tierra roja (TR) + humus de lombriz.

En la tabla 1, se detalla la combinación de los diferentes factores y concentraciones empleadas en el experimento.

El trabajo fue llevado a cabo en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias. Las semillas fueron

previamente colocadas en bolsitas de tela nylon amarrado con piola y posterior embebidas en concentraciones de 0, 25, 50 ppm de ácido giberélico en vasos de precipitación de 900 ml, enrasadas con agua destilada a una temperatura de 22°C.

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el experimento. Concepción-Paraguay, 2020.

Factor A. Sustratos	Factor B. Concentración de Ác. giberélico	Combinaciones
Sustrato comercial	0 ppm	S1 + C1
	25 ppm	S1 + C2
	50 ppm	S1 + C3
Tierra roja + Estiércol bovino	0 ppm	E1 + C1
	25 ppm	E2 + C2
	50 ppm	E3 + C3
Tierra roja + Humus de lombriz	0 ppm	H1 + C1
	25 ppm	H2 + C2
	50 ppm	H3 + C3

Las semillas fueron colocadas cada 2 horas en la centrífuga por 3 minutos a 3000 rpm para eliminar el exceso de agua, y posteriormente pesadas para determinar el incremento del peso. Este proceso fue realizado durante 24 horas; siendo uno de los factores en estudio. Luego de este procedimiento, se realizó la siembra en bandejas de poliestireno expandido de 128 celdas, depositando una semilla por alveolo. Los sustratos con los cuales fueron rellenadas las bandejas de germinación [Sustrato comercial; Tierra roja + Estiércol bovino (1:1); Tierra roja + Humus de lombriz (1:1)], constituyeron el segundo factor en estudio. Para esta fase del experimento, 30 mudas, con los tratamientos correspondientes fueron consideradas una UE.

La germinación ocurrió a los 15 días después de la siembra (DDS); y a los 40 DDS, donde se realizaron las evaluaciones correspondientes al desarrollo de plántulas; utilizando para ello 5 mudas seleccionadas al azar. Estas evaluaciones fueron realizadas en el Laboratorio de Fitopatología de la FCA/UNC, utilizando instrumentos disponibles en esa dependencia. Posteriormente, se llevó a cabo el trasplante, considerando un distanciamiento de 0,5 m entre plantas y 1 m entre hileras; de acuerdo a cada tratamiento en sus bloques respectivos.

La preparación de los sustratos fue realizada en el invernadero y el llenado de bandejas en el mismo sitio, mientras que el sustrato comercial fue adquirido de una agroveterinaria.

Teniendo en cuenta que el componente tierra roja no sirve como retenedor de agua, que permita que el agua sea absorbida o se adhiera a

su superficie, se complementa con humus de lombriz por un lado y por otro lado con estiércol bovino, completando de esta manera los preparativos de los diferentes sustratos a utilizar en el experimento.

La preparación del suelo consistió en elevar camellones de 0,2 m de altura, sobre los cuales irán las hileras de cultivo. A diferencia del suelo, que mantiene más o menos estables sus características en el tiempo, los sustratos no se comportan de igual forma, al momento de la preparación de los camellones, se realizará la incorporación de estiércol vacuno, humus de lombriz con tierra roja en dosis de 2 kg m², en forma uniforme para todas las UE.

Las parcelas serán irrigadas mediante sistema por goteo, correspondiendo un lateral de riego para cada hilera de cultivo. Se tuvo en cuenta los niveles de humedad del suelo y las necesidades hídricas del cultivo para la aplicación del riego.

Las parcelas se mantendrán libres de malezas realizando escardas diarias, con azada en las melgas y manualmente entre plantas. A los 15 DDT, las plantas serán tutoradas, para un mejor manejo.

Se realizó un monitoreo de plagas y enfermedades, según la incidencia de las mismas se aplicó productos químicos, de acuerdo a la presencia de las mismas. Preventivamente, en forma semanal, se aplicó Oxicloruro de Cu (3 g L⁻¹ de agua), para prevenir enfermedades fúngicas; y Cipermetrina, en dosis de 1 ml L⁻¹ de agua; para el control de insectos.

Está previsto iniciar la cosecha a partir de los 60 DDT; siendo cosechados todos los frutos comerciales, de 5 plantas seleccionadas al azar, de cada Unidad Experimental; semanalmente durante un periodo de 60 días aproximadamente.

Las evaluaciones referentes a masa fresca de frutos, se llevaron a cabo en la misma parcela, mediante balanza electrónica de precisión, y se registraron los datos en planillas impresas, en forma acumulativa, de modo a realizar luego las sumatorias y promedios correspondientes a los diferentes tratamientos.

La colecta de datos y mediciones del experimento se realizaron durante los meses octubre hasta diciembre del 2019.

Se evaluaron los siguientes parámetros:

Longitud y diámetro de tallo de mudas al trasplante (mm). Se realizaron las mediciones y los promedios respectivos, de longitud (regla centimetrada) y diámetro (calibrador Vernier).

Masa fresca de mudas al trasplante (g). Las plántulas seleccionadas de cada UE fueron pesadas en una balanza de precisión y promediadas.

Peso individual de frutos (g). De la cosecha de cada UE fueron seleccionados 5 frutos; los cuales fueron pesados y promediados.

Rendimiento ($t\ ha^{-1}$). Se determinó con balanza de precisión pesando todos los frutos comerciales, de las plantas seleccionadas de cada UE, luego, los resultados fueron extrapolados a toneladas por hectárea mediante regla de tres simple, teniendo en cuenta la densidad del cultivo y la superficie cultivada.

Los valores obtenidos fueron sometidos a Análisis de Varianza a través del test F para cada determinación y donde fueron hallados efectos de significancia, posteriormente comparados por el test de Tukey, al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Diámetro de tallo de mudas

La comparación de medias del diámetro de tallo de mudas de pimiento en milímetro (mm), tal como puede ser observado en la tabla 2, verifica que se obtuvieron diferencias significativas a nivel estadístico para sustratos, no así para las dosis de ácido giberélico.

Teniendo en cuenta los sustratos evaluados, se obtuvieron diferencias significativas. Los mejores resultados fueron alcanzados con el sustrato compuesto por tierra roja + humus, con medias de 2,94 mm; que resulta estadísticamente superior al sustrato comercial (2,16 mm), el cual, a su vez, supera estadísticamente al sustrato compuesto por tierra roja + estiércol (1,96 mm), que para la presente determinación fue el de menor rendimiento. La influencia benéfica del humus de lombriz se ve respaldada por lo mencionado por Alonso (2014), que aporta: El vermicompost es un tipo de compost resultado de la actividad de lombrices de tierra, que proporcionan un magnífico abono; además de crear canales de aireación, que favorecen la porosidad del suelo.

A diferencia del presente trabajo, Díaz-Eliseche y Brassel (2008), investigando sobre diferentes sustratos y mezcla de sustratos, no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para el diámetro de tallo, en plántulas de tomate y maíz.

Por otro lado, en relación a las dosis de ácido giberélico, no se obtuvieron diferencias significativas. La dosis que mejor resultado agronómico arrojó fue la de 50 ppm, con

diámetro de mudas de 2,37 mm, seguido por las dosis de 25 ppm (2,36 mm) y la dosis de 0 ppm (2,34 mm), respectivamente.

López (2018), investigando el efecto de diferentes concentraciones de ácido giberélico en el crecimiento de plántulas de papaya, halló diferencias de significancia estadística entre las concentraciones evaluadas, además de las concentraciones en relación al testigo, sin aplicación; difiriendo de los resultados obtenidos en la presente investigación en el cual no pudieron ser detectadas diferencias a este nivel.

Tabla 2. Efecto de sustrato y dosis de AG₃ sobre el diámetro de tallo de mudas de pimiento.

Factor	Descripción	Diámetro de mudas (mm)
Sustratos	TR + humus	2,94 a
	Comercial	2,16 b
	TR + estiércol	1,96 c
Dosis de AG ₃	0 ppm	2,34 a
	25 ppm	2,36 a
	50 ppm	2,37 a
Media General:		2,35
Coeficiente de variación (5%):		2,81
DMS:		0,08

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. DMS: Diferencia mínima significativa.

En las interacciones encontradas de A (Sustratos), dentro de las dosis de ácido giberélico (B), se observa (tabla 3) que para los tres niveles (0 ppm, 25 ppm y 50 ppm), existe un comportamiento similar de los sustratos evaluados, observándose diferencias significativas entre los mismos; y sobresaliendo el sustrato preparado en base a TR + humus, que resulta estadísticamente superior a los sustratos comercial, y TR + estiércol, respectivamente. De igual manera, para las concentraciones de 0 ppm y 50 ppm, el sustrato comercial, supera a nivel estadístico al sustrato compuesto por TR + estiércol, mientras que, para la concentración de 50 ppm, los sustratos comercial y TR + estiércol, no demuestran diferencias estadísticas entre sí.

En relación a las dosis de ácido giberélico, dentro de los sustratos, se verifica que, para el sustrato comercial, no se dan diferencias estadísticas, sobresaliendo levemente a nivel agronómico la concentración de 25 ppm de ácido giberélico. Para el sustrato preparado en base a TR + estiércol, la concentración de 50 ppm de ácido giberélico, resulta superior a nivel

estadístico en relación a los demás sustratos, no habiendo diferencias a este nivel entre las concentraciones de 0 y 25 ppm de ácido giberélico, respectivamente. En cuanto al sustrato de TR + humus, la dosis de 25 ppm de ácido giberélico, demuestra superioridad

estadística con respecto a la dosis de 50 ppm, no difiriendo a este nivel con respecto a la dosis de 0 ppm; la cual a su vez resulta igual estadísticamente en relación a la dosis de 50 ppm.

Tabla 3. Desdoblamiento de la interacción A x B sobre el diámetro de mudas de pimiento (mm).

Sustratos	Dosis de Ácido giberélico		
	0 ppm	25 ppm	50 ppm
TR + humus	2,94AB a	3,03A a	2,86B a
Comercial	2,15A b	2,18B a	2,15A b
TR + estiércol	1,92C b	1,86C b	2,09A b

Media General: 2,35

Coeficiente Variación (5%): 2,81

Diferencia Mínima Significativa: 0,14

Letras minúsculas en columnas y mayúsculas en filas iguales, no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%.

Considerando las interacciones observadas, se verifica que los mejores resultados para esta determinación se logran con la combinación de sustrato preparado en base a TR + humus, con la dosis de 25 ppm de ácido giberélico, con medias de diámetro de mudas de 3.03 mm.

Longitud de mudas

La comparación de medias para la determinación de longitud de mudas de pimiento, visualizado en la tabla 4, revela que se dan diferencias significativas para sustratos, así como para las concentraciones de ácido giberélico evaluadas.

Tabla 4. Efecto de sustrato y dosis de AG₃ sobre la longitud de mudas de pimiento.

Factor	Descripción	Longitud de mudas (mm)
Sustratos	TR + humus	96,57 a
	Comercial	74,41 b
	TR+estiércol	65,15 c
Dosis de AG ₃	50 ppm	79,41 a
	25 ppm	79,09 b
	0 ppm	77,63 c
Media General:		78,71
Coeficiente de Variación:		0,18
DMS:		0,17

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. DMS: Diferencia mínima significativa.

Considerando los sustratos sometidos a evaluación, se observan diferencias de significancia a nivel estadístico. Los resultados más auspiciosos fueron logrados con el sustrato de tierra roja + humus, con medias de 96,57 mm; estadísticamente superior al sustrato

comercial (74,41 mm), que, a la vez, demuestra superioridad estadística en relación al sustrato compuesto por tierra roja + estiércol (65,15 mm), que, para longitud de mudas, fue el de menor desempeño. Según investigaciones de Salinas et al. (2014), el incremento de materia orgánica en un suelo, debido a la acción de *Eisenia foetida*, puede llegar al 114%, lo que explicaría la prevalencia del sustrato compuesto por tierra roja + humus de lombriz, para los resultados de la presente determinación.

De manera similar al presente trabajo, Monge (2007), investigando el desarrollo de mudas de pimiento y tomate con diferentes sustratos, halló diferencias significativas para la longitud de mudas.

En cuanto a las concentraciones de ácido giberélico, también fueron alcanzadas diferencias significativas, la de mejores resultados para esta determinación fue la de 50 ppm, con medias de longitudes de mudas de 79,41 mm, y superando estadísticamente a las dosis de 25 ppm (79,09 mm) y 0 ppm (77,63 mm), respectivamente. La dosis de 25 ppm, además resultó superior estadísticamente, con respecto a la de 0 ppm. Mishra et al., (2022), menciona que la aplicación de giberelina a los tallos produce un incremento pronunciado de la división celular en el meristemo subapical, lo cual podría explicar los resultados alcanzados en la presente investigación con las concentraciones más elevadas de ácido giberélico.

Según Pichardo et al. (2018), investigando con dosis de giberelina (GA3) en la germinación y crecimiento de plántulas de pimiento, hallaron diferencias estadísticamente significativas para altura de plántulas, observando que, con el

aumento de las dosis de giberelina, se incrementaron las alturas de plántulas, de igual manera a lo acontecido en el presente trabajo de investigación.

En las interacciones entre sustratos, dentro de las dosis de ácido giberélico, se puede visualizar (tabla 5) que para los tres niveles (0 ppm, 25 ppm y 50 ppm), se dan diferencias de significancia estadística entre los mismos, sobresaliendo para las tres dosis, el sustrato compuesto por TR + humus, que estadísticamente se muestra superior a los sustratos comercial, y TR + estiércol. De igual manera el sustrato comercial, prevalece desde el punto de vista estadístico en relación al sustrato preparado en base a TR + estiércol.

Con respecto a las dosis de ácido giberélico, dentro de los sustratos se observa que, para el

sustrato comercial, la concentración de 25 ppm de ácido giberélico (77,00 mm) es superior estadísticamente a las concentraciones de 50 ppm y 0 ppm. Además, la dosis de 50 ppm (76,09 mm) es estadísticamente superior en relación a la dosis de 0 ppm (70,15 mm), para el sustrato compuesto por TR + estiércol, la dosis de ácido giberélico de 0 ppm (65,48 mm), resulta superior a nivel estadístico en relación a las demás, que no difieren entre sí a nivel de significancia estadística. En relación al sustrato TR + humus, las dosis de 0 y 50 ppm de ácido giberélico, respectivamente, demuestran ser iguales estadísticamente entre sí, y superiores en relación a la dosis de 25 ppm; la cual obtiene las medias más exigidas para esta determinación.

Tabla 5. Desdoblamiento de la interacción A x B en la longitud de mudas de pimiento (mm).

Sustratos	Dosis de Ácido giberelico		
	0 ppm	25 ppm	50 ppm
TR + humus	97,26A a	95,37A b	97,09A a
Comercial	70,15B c	77,00B a	76,09B b
TR + estiércol	65,48C a	64,90C b	65,06C b

Media General: 78,71

Coeficiente de Variación: 0,18

Diferencia Mínima Significativa: 0,29

Letras minúsculas en columnas y mayúsculas en filas iguales, no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%.

Según las interacciones observadas, los mejores resultados para esta determinación se logran combinando el sustrato compuesto por TR + humus y la dosis de 0 ppm de ácido giberélico, logrando medias de 97,26 mm.

Masa fresca de mudas

La comparación de medias realizada (Tukey 5%), en relación a la masa fresca de mudas de pimiento, como puede verse en la tabla 6, revela diferencias significativas a nivel estadístico para los sustratos considerados en el trabajo, no así para las dosis de ácido giberélico aplicadas. En la presente determinación el análisis estadístico llevado a cabo, no detecta interacción entre los factores considerados: Sustratos × Dosis de Ácido giberélico.

En cuanto a los sustratos, TR + estiércol y Comercial, logran los mejores resultados con medias de 1,29 g y 1,32 g, respectivamente, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre sí; aunque denotando diferencias a este nivel con respecto a TR + humus, que para la masa fresca de mudas alcanzó las medias de menor valor.

En ese sentido, podemos destacar que la preparación de sustratos comerciales con adecuadas mezclas de productos orgánicos y sintéticos, potencian las propiedades físicas y químicas del mismo, propiciando una mejor asimilación de nutrientes y mayor producción de fotoasimilados, lo que repercute en una mayor ganancia en masa fresca de las mudas.

Tabla 6. Efecto de sustrato y dosis de AG₃ sobre la masa fresca de mudas de pimiento.

Factor	Descripción	Masa fresca de
		mudas (g)
Sustratos	TR + estiércol	1,32 a
	Comercial	1,29 a
	TR + humus	0,81 b
Dosis de AG ₃	0 ppm	1,14 a
	25 ppm	1,15 a
	50 ppm	1,13 a

Media General: 1,14

Coeficiente de Variación: 2,31

DMS: 0,03

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. DMS: Diferencia mínima significativa.

Además, De Macedo et al. (2016), señalan que la gran ventaja de suministrar estiércol de vaca, radica en una mayor rapidez en liberación de nutrientes en la solución del suelo, administrado con un volumen adecuado de riego, maximizando la relación suelo-agua-planta, y propiciando con esto una mejor respuesta en acumulación de fitomasa por parte de la planta, lo cual es una plausible explicación a lo acontecido en la presente determinación.

En relación a las concentraciones de ácido giberélico aplicadas, la variación entre cada una de ellas fue casi imperceptible, con valores de 1,15 g, para la dosis de 25 ppm de ácido giberélico, 1,14 g para la concentración de 0 ppm, y 1,13 g por planta, para la concentración de 50 ppm.

A diferencia de la presente investigación, Fraile-Robayo et al. (2012), evaluando el efecto de imbibición de semillas en diferentes concentraciones de giberelina en la propagación del tomate, hallaron efectos significativos de los tratamientos para masa fresca total de mudas.

Peso individual de frutos

El análisis de varianza realizado para el peso individual de frutos de pimiento, señala que existen diferencias estadísticas para los sustratos evaluados en el presente trabajo, y no así para las dosis de ácido giberélico utilizadas. Así también, no se verifica interacción entre factores (sustratos × dosis de ácido giberélico).

Tabla 7. Efecto de sustrato y dosis de AG₃ sobre peso individual de frutos.

Factor	Descripción	Peso individual de frutos (g)
Sustratos	Comercial	94,43 a
	TR + estiércol	82,79 b
	TR + humus	80,75 b
Dosis de AG ₃	0 ppm	87,78 a
	25 ppm	85,76 a
	50 ppm	84,43 a
Media General:		85,99
Coeficiente de Variación:		5,80
DMS:		6,06

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. DMS: Diferencia mínima significativa.

Teniendo en cuenta los sustratos, se observan diferencias significativas; resultando superior a este nivel el Comercial con medias de 94,43 g por fruto. Mientras que los sustratos TR + estiércol y TR + humus, con medias de 82,79 g y 80,75 g por fruto, respectivamente, no

difieren entre sí a nivel estadístico. Los sustratos comerciales, dadas sus características químicas y físicas, permiten un crecimiento más vigoroso y un mejor desarrollo de las mudas, lo cual probablemente sería la causa de los mejores resultados para esta determinación.

De manera coincidente al presente trabajo experimental, Jara (2016), evaluando híbridos de pimiento cultivados en hidroponía con diferentes sustratos, halló efectos significativos de los tratamientos empleados el peso de frutos individuales.

En relación a las dosis de ácido giberélico, para esta determinación, no son detectados efectos significativos de las concentraciones empleadas. Agronómicamente resulta levemente superior la concentración de 0 ppm de ácido giberélico, con medias de 87,78 g por fruto. Mientras que las concentraciones de 25 y 50 ppm, obtuvieron valores medios de Peso individual de frutos de 85,76 g y 84,43 g, respectivamente.

Rendimiento

La evaluación estadística realizada para el rendimiento de pimiento, influenciado por sustratos y concentraciones de ácido giberélico, según se observa en la tabla 8, detecta diferencias significativas para sustratos, aunque no, para la imbibición de semillas en dosis de ácido giberélico. Por otro lado, no fueron detectados efectos de interacción, Sustratos × Dosis de imbibición de semillas en ácido giberélico.

Tabla 8. Efecto de sustrato y dosis de AG₃ sobre el rendimiento de pimiento.

Factor	Descripción	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Sustratos	Comercial	50,67 a
	TR + estiércol	47,40 a
	TR + humus	38,89 b
Dosis de AG ₃	0 ppm	46,14 a
	25 ppm	45,98 a
	50 ppm	44,83 a
Media General:		45,65
Coeficiente de Variación:		10,86
DMS:		6,03

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. DMS: Diferencia mínima significativa.

En relación a los sustratos evaluados, son detectadas diferencias significativas. Los mejores resultados se lograron con el sustrato Comercial con 50,67 t ha⁻¹, sin diferir estadísticamente con respecto al sustrato

preparado en base a TR + estiércol, que llegó a medias de 47,40 t ha⁻¹. Resultando netamente inferior a los sustratos mencionados, el que estuvo compuesto por TR + humus, obtuvo valores medios de rendimiento de 38,89 t ha⁻¹.

Según Pascual et al. (2018), las propiedades del medio de cultivo influyen directamente en la calidad de las mudas y en la productividad final. En este contexto, el sustrato comercial, por sus características físico-químicas, y el estiércol bovino, al favorecer una adecuada relación suelo-agua-planta, se destacan como medios óptimos para el desarrollo de plántulas de pimiento.

Considerando el factor imbibición de semillas en dosis de ácido giberélico, el test de Tukey (5%) realizado, no permite constatar diferencias de significancia estadística en las evaluaciones, hallándose las medias logradas por las dosis de 0 ppm (46,14 t ha⁻¹) y la de 25 ppm (45,98 t ha⁻¹), bastante próximas entre sí; siendo agronómicamente superiores a la dosis de imbibición de 50 ppm de ácido giberélico, que por su parte, llegó a medias de rendimiento de 44,83 t ha⁻¹.

Coinciendo con el presente trabajo de investigación, Martínez (2011), realizando evaluaciones de biorreguladores en la fisiología del chile en invernadero, no halló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, logrando los mejores resultados agronómicos con la concentración de 15 ppm de ácido giberélico con 19,02 t ha⁻¹, netamente inferiores a los 46,14 t ha⁻¹, que fue el mejor resultado obtenido en esta investigación, correspondiente a plantas procedentes de semillas, embebidas solamente en agua, sin concentración de ácido giberélico.

CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en este experimento, en las condiciones en que fue llevado a cabo, permiten concluir:

En todas las determinaciones, los sustratos evaluados influyeron significativamente en los resultados. Las concentraciones de ácido giberélico empleadas, tuvieron efectos significativos, para: longitud de mudas, resultando con las medias más elevadas, la de 50 ppm; no observándose influencia de las mismas para las demás determinaciones realizadas.

Se observaron efectos de interacción, sustratos × dosis de ácido giberélico, para las determinaciones diámetro y longitud de mudas, resultando las mejores combinaciones la de tierra roja + humus × 25 ppm de ácido giberélico

y la de tierra roja + humus × 0 ppm de ácido giberélico, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, P. J. R. (2014). *Compost de lombrices*. Ediciones Mundi-Prensa. <https://books.google.es/books?hl=es&lر=&id=rgMoDwAAQBAJ&oi=fnd&p=g=PA6&dq=El+vermicompost+es+un+tipo+de+compost+resultado+de+la+actividad+de+lombrices+de+tierra,+que+proporcionan+un+magn%C3%ADfico+abono&ots=9pBOPkHH6s&sig=2E mQ68HFt3KXzvD5GsQafG9hDC0>
- Araiza, L. N., Araiza Lizardo, E., & Martínez Martínez, J. G. (2011). Evaluación de la germinación y crecimiento de Plántula de Chiltepín (*Capsicum annuum* L variedad glabriuscum) en invernadero. *Revista colombiana de biotecnología*, 13(2), 170-175. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752011000200016&script=sci_arttext
- De Macedo, S. I. C., da Silva, J. G., Santos, B. G. F. L., Dantas, M. V., & Lima, T. S. (2016). Influência da adubação orgânica no desenvolvimento do feijão-vagem em diferentes níveis de água de irrigação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(5), 1-7. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i5.4601>
- DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil). 2020. (En línea). <http://www.dinac.gov.py/v3/>.
- Eliseche, C. D., & Brassel, R. O. (2008). Diferentes proporciones de mezcla de un sustrato comercial con un sustrato casero sobre la germinación de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) híbrido «KOMBAT» y maíz (*Zea mays*) tipo chipa. *Investigación agraria*, 10(1), 65-69. <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/66>
- Fraile-Robayo, A. L., Álvarez-Herrera, J. G., & Deaquiz-Oyola, Y. A. (2012). Efecto de las giberelinas en la propagación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes sustratos enriquecidos con fertilizante. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 6(1), 41-54. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011->

- 21732012000100005&script=sci_arttext
- García, L. B. A. (2011). *Biorreguladores de crecimiento, fertilizantes químicos y orgánicos en tomate (Lycopersicon esculentum mill.) de invernadero* (Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- <http://eprints.uanl.mx/2417/1/1080211208.pdf>
- Ibrahim, H. M., Olasantan, F. O., & Oyewale, R. O. (2013). Age of seedling at transplanting influenced growth and fruit yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Rodo). *Net J. Agric. Sci.* 1, 107–110. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=98b1c4732dda3d895642e41fc8497ddaeaa144c9>
- Jara, D. (2016). Evaluación de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía con tres mezclas de sustrato (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil). <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11586>
- Liliana, M. M. B., & Constanza, J. S. S. (2013). Efecto del acondicionamiento osmótico en semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Santa Clara. *Conexión Agropecuaria JDC*, 3(2), 11-17. <https://revista.jdc.edu.co/conexagro/article/view/309>
- Lopez, C. Z. M. (2018). Efecto de concentración de ácido giberelico en la germinación y crecimiento de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.), bajo condiciones de vivero (Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura, Facultad De Agronomía). Repositorio UNP - Institucional. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1290>
- López, O. E.; Gonzalez, E.; De Llamas, P. A.; Molinas, A. S.; Franco, E. S.; Garcia, S.; Rios, E. (1995). Reconocimientos de Suelos y Capacidad de Uso de las Tierras; Región Oriental. Paraguay. MAG/Dirección de Ordenamiento Ambiental. Proyecto de Racionalización de Uso de la Tierra. Convenio 3445. P. A-Banco Mundial. 28 Pág.
- Mishra, B. S., Sharma, M., & Laxmi, A. (2022). Role of sugar and auxin crosstalk in plant growth and development. *Physiologia Plantarum*, 174(1), e13546. <http://dx.doi.org/10.1111/ppl.13546>
- Monge, C. A. S. (2007). Evaluación del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) Mill y Chile dulce (*Capsicum annuum*) Linn, mediante la utilización de seis sustratos y tres métodos de fertilización en el Cantón de San Carlos, Costa Rica (Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica). <https://hdl.handle.net/2238/5871>
- Pascual, J. A., Ceglie, F., Tuzel, Y., Koller, M., Koren, A., Hitchings, R., & Tittarelli, F. (2018). Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.001>
- Pichardo, G. J. M., Guevara-Olvera, L., Couoh-Uicab, Y. L., González-Cruz, L., Bernardino-Nicanor, A., Medina, H. R., & Acosta-García, G. (2018). Efecto de las giberelinas en el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(5), 925-934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1502>
- Romero, P. I. Á., Pilco, K. F. I., Pontón, R. G. Z., & Ferreira, A. F. T. A. (2022). Fenotipado y evaluación de la calidad de plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) En semilleros con diferente intensidad de luz artificial y sustratos. *Polo del Conocimiento*, 7(8), 767-793. DOI:10.23857/pc.v7i8
- Salinas, V. F., Sepúlveda-Morales, L., & Sepúlveda-Chavera, G. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. *Idesia (Arica)*, 32(2), 95-99. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000200013>
- Shukla, Y. R., Chhopal, T., & Sharma, R. (2013). Effect of age of transplants on fruit and seed yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Horticultural Sciences*, 8(1), 99-102. <https://doi.org/10.24154/jhs.v8i1.347>
- Stewart-Wade, S. M. (2020). Efficacy of organic amendments used in containerized plant production: Part 1-

Compost-based amendments. *Scientia Horticulturae*, 266, 108856.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108856>