

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y ABCISIÓN DE CULTIVARES DE PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L) CULTIVADOS EN HIDROPONÍA CON DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS

EVALUATION OF THE GROWTH AND ABCISION OF BELL PEPPER CULTIVARS (*Capsicum annuum* L) CULTIVATED IN HYDROPONICS WITH DIFFERENT NUTRITIONAL SOLUTIONS.

Viridiana Guerrero Mosqueda¹, Anahí Romero Jaimes¹, Diego Campos Canchola², Rodrigo Bustos Hernández², Dra. María Elena Sosa Morales³, Dr. Héctor Gordon Núñez Palenius⁴

¹Estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Guanajuato Campus Irapuato-Salamanca.

²Estudiantes de la Licenciatura en Agronomía de la Universidad de Guanajuato Campus Irapuato-Salamanca.

³Profesora del Departamento de Alimentos, Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca.

⁴Profesor del Departamento de Agronomía, Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca.
palenius@ugto.mx1

Resumen

El cultivo hidropónico de pimiento morrón es crucial para maximizar el rendimiento y la calidad en entornos controlados. Sin embargo, se necesita identificar las combinaciones óptimas de variedades de pimiento y soluciones nutritivas. Para ello se evaluó el efecto de tres soluciones nutritivas (Vegetativa, Generativa, Balance) sobre el crecimiento de cuatro variedades de pimiento morrón (Viper EZ, Ocelot, Presley, Triple 5) en un sistema hidropónico, empleando un diseño experimental completamente al azar con tres réplicas. El experimento se realizó en invernaderos de la Universidad de Guanajuato, utilizando sistemas hidropónicos. Las mediciones incluyeron el diámetro del tallo, la altura y el número de hojas. Se midieron altura, diámetro del tallo y número de hojas a los 5, 12 y 19 días después del trasplante. Los resultados obtenidos durante los 19 días después de la trasplantación, fueron que el tratamiento "Viper EZ+Vegetativa" tuvo la mayor altura superando significativamente a otras combinaciones. En cuanto el diámetro del tallo y el número de hojas no hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

Palabras clave: Pimiento morrón, soluciones nutritivas, crecimiento de plantas.

Introducción

El chile o pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es un fruto de la planta del pimiento, herbácea de la familia de las *Solanáceas*. Es una variedad gruesa, carnosa y de gran tamaño. Su piel brillante es lisa y sin manchas, su carne firme y de sabor suave, su tallo verde y rígido. Su principal componente es el agua, seguido de las proteínas y los hidratos de carbono, es una buena fuente fibra que mejora el tránsito intestinal, además de poseer un efecto saciante, contienen vitamina C y β -carotenos (Moreiras, et. al. 2013).

El pimiento morrón tiene su origen en el continente americano, principalmente en las zonas centro y norte de Sudamérica. Se cultiva y consume en diversas culturas precolombinas y luego se extendió a otras partes del mundo por la colonización y el comercio (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

En México, el pimiento es una de las principales hortalizas frescas de mayor rendimiento, tiene una superficie registrada de cultivo de pimiento morrón de 7,131.54 hectáreas. En este sector, México produjo 562,075 toneladas (SIAP, 2022).

La hidroponía es un sistema de cultivo sin suelo en el que las plantas reciben una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales para su crecimiento y desarrollo. La formulación adecuada de esta solución es crucial para maximizar la eficiencia del cultivo. Varias investigaciones han evaluado el impacto de soluciones nutritivas sobre el crecimiento y la absorción de nutrientes en pimiento morrón (SIAP, 2016).

Objetivos

General:

Evaluar el efecto de aplicar tres soluciones nutritivas en las características morfológicas y fisiológicas de cuatro variedades de pimiento morrón.

Específicos:

- Determinar el efecto de diversas formulaciones de soluciones nutritivas en la tasa de crecimiento y desarrollo vegetativo del pimiento morrón en condiciones hidropónicas.
- Analizar la absorción y concentración de macronutrientes y micronutrientes en las plantas de pimiento morrón bajo diferentes tratamientos de soluciones nutritivas.
- Evaluar el rendimiento y la calidad de los frutos de pimiento morrón cultivados en hidroponía con distintas soluciones nutritivas, comparando los resultados obtenidos en términos de peso, tamaño, y contenido de nutrientes del fruto.

Materiales y Métodos

Localización

El presente proyecto se llevó a cabo en los invernaderos del departamento de Agronomía ubicados en la División de Ciencias de la Vida, del Campus Irapuato-Salamanca en la Universidad de Guanajuato, en Irapuato, Gto.

Sustrato utilizado

El sustrato donde se realizó la trasplantación de la planta fue fibra de coco, contenida en bolsas de 18 L (Figura 1).



Figura 1. Bolsa de sustrato de fibra de coco con un aforo de 18 L.

Material vegetal

Las variedades de plantas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*), usadas durante el proyecto de investigación fueron:

- **Pimiento morrón “Viper”**. Se caracteriza por ser de tipo Blocky, con un color rojo brillante que consta de 4 lóbulos de tamaño XL y L. además que es de crecimiento fuerte, buena tolerancia a la pudrición apical, Stip y con una madurez de cosecha temprana-intermedia durante todo el ciclo, Enza Zaden, (2022).



Figura 2. Pimiento morrón "Viper"

- **Pimiento morrón "Ocelot"**. Se caracteriza por tener un porte semi abierto, tiene una gran fuerza y vitalidad en su sistema radicular. Este pimiento morrón es de tipo Blocky, con un color rojo intenso que tiene 4 lóbulos de tamaño XL. Esta planta suele ser generativa y de precocidad temprana, Enza Zaden, (2022).



Figura 3. Pimiento morrón "Ocelot"

- **Pimiento morrón "Triple 5"**. Se caracteriza por ser de tipo blocky la cual mantiene la forma durante todo el ciclo, tiene un color rojo intenso con una pared fuerte. Crece bien en condiciones de calor ya que en condiciones de climas fríos no hace puntas, además es de tipo más generativo y fácil de amarrar sus sets, Enza Zaden, (2022).



Figura 4. Pimiento morrón "Triple 5"

- **Pimiento morrón “Presley”**. Se caracteriza por tener forma de blocky, con un color rojo brillante en sus frutos con un tamaño XL, su ciclo de cosecha es intermedio-temprano, además de tener un porte alto y fuerte lo que permite tener sets de amarre continuos, Enza Zaden, (2022).



Figura 5. Pimiento morrón "Presley"

Sistema de riego

Se utilizó un sistema de riego por goteo localizado en cada bolsa de sustrato (Figura 6) con su respectiva variedad de pimiento, usando tres tinacos con una capacidad de 1200 L (Figura 7), y empleando tres soluciones nutritivas (Vegetativa, Generativa y Balance). Se realizó la estandarización de microelementos para cada tinaco, con ayuda de una bomba de $\frac{1}{2}$ hp y un temporizador se desplazaron las soluciones nutritivas a cada bolsa de sustrato por tiempos determinados.



Figura 6. Sistema de riego por goteo, conectados a 3 tubos de PVC que a su vez son los que transportan las soluciones nutritivas correspondientes a cada sustrato.



Figura 7. Tinacos donde se preparan las soluciones nutritivas, con capacidad de 1200 L.

Fertilizantes

Para cada variedad de pimiento morrón se dispuso de tres soluciones nutritivas: macro (Tabla 1) y microelementos (Tabla 2) esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta, que se vertieron en 3 tinacos con 1200 L de agua en estas cantidades.

Tabla 1 Soluciones nutritivas con macroelementos

Macroelemento	Soluciones nutritivas		
	Balance	Vegetativa	Generativa
Ácido nítrico (ml)	---	411	3.36
Ácido fosfórico (ml)	---	---	56.22
Ácido sulfúrico (ml)	95.291	---	52.6
Nitrato de calcio (g)	909.07	909.072	909.072
Nitrato de potasio (g)	628.524	786	254.59
Sulfato de amonio (g)	---	---	---
Fosfato monopotásico (g)	136	136	187.02
Sulfato de magnesio(g)	183.6	183.6	183.6
Sulfato de potasio (g)	124.81	---	369.6

Tabla 2 soluciones nutritivas con una estandarización de microelementos

Microelemento	Soluciones nutritivas		
	Balance	Vegetativa	Generativa
Hierro (g)	64.4	64.4	64.4
Manganeso (g)	6.4	6.4	6.4
Cobre (g)	0.57	0.57	0.57
Zinc (g)	3.82	3.82	3.82
Boro (g)	2.16	2.16	2.16
Molibdeno (g)	0.144	0.144	0.144

Sistema de cultivo

El sistema que se implementó para llevar a cabo la experimentación fue el sistema hidropónico en sustrato (Figura 8), en términos prácticos es la agricultura "sin suelo", utilizando disoluciones minerales (SIAP, 2016)).



Figura 8. Sistema de cultivo hidropónico con sustrato.

Trasplatación

La experimentación se llevó a cabo desde la trasplatación de la planta de las charolas de germinación al sustrato (Figura 9). Las variables morfológicas establecidas para el trasplante fueron la altura, el diámetro del tallo, número de hojas, desarrollo de la flor y el fruto, para que finalmente se suministre las soluciones nutritivas correspondientes (Tabla 1 y Tabla 2).



Figura 9. Trasplatación del pimiento morrón al sustrato.

Poda

Se aplicó la poda de formación, la cual consistió en dejar solo dos tallos productivos en la planta dándole forma de "Y" (Figura 10), en las cuales solo se dejó un brote por cada ramificación. Con la poda se reducen el número de frutos que produce la planta, dejando como consecuencia que los frutos que se producirán aumenten su tamaño y peso.



Figura 10. Poda del pimiento morrón eliminando flor, fruto y hojas secas, además de darle forma de "Y".

Mediciones

Cada semana después de la trasplantación se tomaron las medidas morfológicas de crecimiento como lo fue el diámetro del tallo (utilizando un vernier midiendo de la parte baja del tallo), la altura (utilizando una regla midiendo desde la base del tallo hasta el ápice), finalmente se contabiliza el número de hojas manualmente.

Diseño experimental

El experimento realizado evaluó el efecto de tres soluciones nutritivas (vegetativa, generativa y balance) en cuatro variedades de pimiento (Viper, Ocelot, Presley y Triple). Se midieron tres aspectos del crecimiento de las plantas: altura, diámetro del tallo y número de hojas.

Cada combinación de variedad de pimiento-solución nutritiva se replicó tres veces por semana, desde el día 5 hasta 19 días después del trasplante. Se utilizó un diseño factorial completamente al azar, los promedios obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar los efectos significativos y no significativos, usando un análisis de media Tukey con una confiabilidad del y con un error del 5%, usando el programa estadístico MINITAB.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos a los 5 días después del trasplante (DDT) indican diferencias significativas en la altura de las plantas entre las diferentes variedades y soluciones nutritivas aplicadas, la variedad "Viper EZ+Vegetativa" mostró la mayor altura con 21.04 cm, significativamente mayor que las variedades "Presley+Vegetativa" y "Triple 5+Vegetativa". Esto sugiere que la solución vegetativa tiene un efecto positivo en el crecimiento inicial de la altura para la variedad "Viper EZ".

Por otro lado, entre el diámetro y el número de hojas no hubo diferencias significativas entre estas variables y tratamientos, lo que podría indicar que la variación en la altura no está asociada a cambios en el diámetro del tallo o el número de hojas en esta etapa temprana del crecimiento (tabla 3).

Tabla 3 Efecto de tres diferentes soluciones nutritivas aplicadas a cuatro diferentes variedades de pimiento morrón en las características morfológicas a los 5 días después del trasplante.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Viper EZ+Vegetativa	21.04±3.60 a	4.94±0.33 a	13.22±2.11 a
Presley+Vegetativa	15.12±2.83 b	4.73±0.54 a	11.33±0.87 a
Ocelot+Vegetativa	16.72±2.97 ab	4.61±0.28 a	12.33±1.73 a
Triple 5+Vegetativa	14.40±1.64 b	4.97±0.35 a	12.89±1.27 a

Viper EZ+Generativa	17.09±4.95 ab	4.97±0.56 a	12.00±2.12 a
Presley+Generativa	14.98±2.64 b	4.82±0.34 a	11.89±2.93 a
Ocelot+Generativa	16.72±2.93 ab	4.98±0.33 a	12.56±1.33 a
Triple 5+Generativa	14.22±1.97 b	4.71±0.43 a	12.11±1.36 a
Viper EZ+Balance	17.62±2.12 ab	4.71±0.29 a	13.00±2.12 a
Presley+Balance	14.54±2.67 b	4.98±0.48 a	13.11±1.27 a
Ocelot+Balance	15.72±2.58 b	5.01±0.46 a	12.44±2.46 a
Triple 5+Balance	13.94±3.32 b	4.91±0.48 a	11.78±1.64 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

Tabla 3.1 Valores promedio de las características morfológicas con la aplicación de tres diferentes soluciones nutritivas en cuatro variedades de pimiento morrón a los 5 días después del trasplante.

Solución Nutritiva	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Vegetativa	16.8±3.78 a	4.81±0.40 a	12.44±1.66 a
Generativa	15.7±3.79 a	4.87±0.42 a	12.14±1.97 a
Balance	15.4±2.96 a	4.90±0.43 a	12.58±1.92 a
Variedad			
Viper EZ	18.5±4.01 a	4.87±0.41 a	12.74±2.10 a
Ocelot	16.3±2.76 b	4.84±0.40 a	12.44±1.83 a
Presley	14.8±2.62 bc	4.87±0.46 a	12.11±1.99 a
Triple 5	14.1±2.33 c	4.86±0.42 a	12.26±1.46 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

A los 12 días después del trasplante, se observaron diferencias significativas en la altura con el tratamiento "Viper EZ+Balance" ($p < 0.05$), el cual alcanzó la mayor altura con 29.00 cm, lo que indica un efecto positivo de la solución balance en esta variedad. Los tratamientos "Ocelot+Generativa" y "Viper EZ+Generativa" también mostraron alturas relativamente altas. Por otro lado, se observaron diferencias significativas en el diámetro del tallo con la solución "generativa" y la variedad "Ocelot" ($p < 0.05$), la cual resultó en el mayor diámetro (5.97 mm), sugiriendo que esta solución promueve un crecimiento del tallo en esta variedad.

En cuestión del número de hojas, aunque no todas las diferencias fueron estadísticamente significativas, la solución "vegetativa" aplicada a la variedad "Viper EZ" resultó en el mayor número de hojas (20.78).

Tabla 4 Efecto de tres diferentes soluciones nutritivas aplicadas a cuatro diferentes variedades de pimiento morrón en las características morfológicas a los 12 días después del trasplante.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Viper EZ+Vegetativa	27.39±4.30 a	5.31±0.45 ab	20.78±4.55 a
Presley+Vegetativa	20.50±4.04 cde	5.37±0.74 ab	18.44±4.16 ab
Ocelot+Vegetativa	20.06±3.06 de	5.63±0.46 ab	16.33±3.57 ab
Triple 5+Vegetativa	20.11±4.65 de	5.47±0.52 ab	15.22±3.03 b

Viper EZ+Generativa	26.22±3.23 ab	5.47±0.39 ab	16.89±1.90ab
Presley+Generativa	19.78±3.71 de	5.00±0.65 b	16.67±3.50 ab
Ocelot+Generativa	23.00±3.72 bcd	5.97±0.38 a	19.22±2.77 ab
Triple 5+Generativa	17.78±2.33 de	5.62±0.64 ab	15.22±2.22 b
Viper EZ+Balance	29.00±3.28 abc	5.60±0.30 ab	18.44±3.82 ab
Presley+Balance	22.50±4.73 bcde	5.62±0.49 ab	16.33±3.24 ab
Ocelot+Balance	21.50±2.68 cde	5.76±0.50 ab	17.78±3.63 ab
Triple 5+Balance	17.06±3.05 e	5.59±0.20 ab	19.22±2.54 ab

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

Tabla 4.1 Características morfológicas con la aplicación de tres diferentes soluciones nutritivas en cuatro variedades de pimiento morrón a los 12 días después del trasplante.

Solución Nutritiva	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Vegetativa	22.01±5.00 a	5.44±0.55 a	17.69±4.28 a
Generativa	21.69±4.53 a	5.51±0.62 a	17.00±2.94 a
Balance	22.51±5.48 a	5.64±0.38 a	17.94±3.37 a
Variedad			
Viper EZ	27.54±3.68 a	5.46±0.39 ab	18.70±3.82 a
Ocelot	21.52±3.29 b	5.79±0.46 a	17.78±3.43 a
Presley	20.93±4.18 bc	5.33±0.66 b	17.15±3.63 a
Triple 5	18.31±3.60 c	5.56±0.48 ab	16.56±3.17 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

Los resultados encontrados 19 días después del trasplante indicaron efecto del tratamiento Viper EZ+Balance sobre la altura ($p < 0.05$), mostrando una tendencia a crecer más alto. Este resultado demostró que la solución balance favorece el crecimiento en altura en esta variedad.

En cuanto al diámetro del tallo no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere una estabilidad en esta característica morfológica a lo largo de los tratamientos. Por otro lado, el número de hojas fue afectado por el tratamiento ($p < 0.05$), "Triple 5+Generativa" mostró el mayor número de hojas (19.22).

Tabla 5 Efecto de tres diferentes soluciones nutritivas aplicadas a cuatro diferentes variedades de pimiento morrón en las características morfológicas a los 19 días después del trasplante.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Viper EZ+Vegetativa	29.28±3.65	7.07±0.66	13.89±3.26
Presley+Vegetativa	22.22±4.21	6.30±0.69	14.44±2.13
Ocelot+Vegetativa	25.67±3.46	6.52±0.43	19.00±2.18
Triple 5+Vegetativa	22.00±4.24	6.42±0.52	16.00±2.24
Viper EZ+Generativa	30.56±3.97	6.49±0.95	15.56±3.00
Presley+Generativa	24.61±3.72	6.62±0.90	16.67±2.24

Ocelot+Generativa	25.22±3.79	7.04±0.79	15.67±1.66
Triple 5+Generativa	21.00±3.90	5.88±0.72	19.22±2.68
Viper EZ+Balance	31.06±4.30	6.63±0.78	15.78±2.86
Presley+Balance	23.94±4.34	7.11±0.68	15.33±2.50
Ocelot+Balance	24.22±4.24	6.33±0.66	15.44±2.13
Triple 5+Balance	19.06±2.77	6.27±0.59	16.56±2.24

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

Tabla 5.1 Características morfológicas con la aplicación de tres diferentes soluciones nutritivas en cuatro variedades de pimiento morrón a los 19 días después del trasplante.

Solución Nutritiva	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Número de hojas
Vegetativa	24.79±4.8 a	6.58±0.63 a	15.83±3.12 a
Generativa	25.35±5.05 a	6.51±0.91 a	16.78±2.78 a
Balance	24.57±5.76 a	6.59±0.73 a	15.78±2.39 a
Variedad			
Viper EZ	30.30±3.90 a	6.73±0.81 a	15.07±3.05 b
Ocelot	25.04±3.74 b	6.63±0.69 ab	16.70±2.54 ab
Presley	23.59±4.07 b	6.68±0.81 ab	15.48±2.39 ab
Triple 5	20.69±3.75 c	6.19±0.64 b	17.26±2.71 a

Medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p = 0.05$).

Discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con lo reportado por Sánchez del Castillo et al. (2017), quienes encontraron variaciones significativas de cada factor en la mayoría de las variables, y solo en algunos casos la interacción fue significativa, lo cual fue relacionado a los niveles de despuntada.

De acuerdo con Lycoskoufis et al. (2005), entre los 55 y 90 días se obtuvieron mejores resultados entre las variedades y las soluciones nutritivas, por lo cual la experimentación en un periodo más corto resulta en pocas variaciones porque las plantas aún no están completamente desarrolladas.

La solución vegetativa fue la más efectiva para aumentar la altura inicial de las plantas de pimiento morrón, especialmente en la variedad "Viper EZ", lo cual coincide con estudios previos que muestran mejoras en el rendimiento y la calidad del pimiento morrón bajo condiciones hidropónicas optimizadas, publicados por Orosco-Alcalá et al. (2021) y Flores-Velazquez et al. (2022)

Conclusión

Después de 19 días del trasplante, la altura fue afectada por el tipo de variedad y no por las soluciones nutritivas aplicadas. El diámetro del tallo no fue afectado por las variedades de pimiento morrón ni por las soluciones. Las soluciones nutritivas tuvieron efecto en el número de hojas en la medición intermedia, pero no en el final del estudio. La variedad Viper mostró los mayores valores en las variables medidas, aunque las diferencias no siempre fueron estadísticamente significativas. Las distintas soluciones nutritivas no mostraron un efecto consistente o significativo en la mayoría de las mediciones. Los resultados sugieren que la elección de la variedad puede tener un mayor impacto en el crecimiento inicial del pimiento morrón que la composición específica de la solución nutritiva en cultivos hidropónicos.

Referencias

- Enza Zaden. (2022). Semillas de hortalizas (Pimientos). Enza Zaden. Disponible en <https://www.enzazaden.com/mx/>.
- Flores-Velazquez, Jorge, Cándido Mendoza-Pérez, Juan Enrique Rubiños-Panta y Jesús del Rosario Ruelas-Islas, . *et al.* 2022. "Calidad y rendimiento de pimiento morrón cultivado con dos y tres tallos en un sistema agrícola moderno" *Horticulturae* 8, no. 12: 1187. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121187>.
- Lycoskoufis, I. H., Savvas, D., & Mavrogianopoulos, G. (2005). Growth, gas exchange, and nutrient status in pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in recirculating nutrient solution as affected by salinity imposed to half of the root system. *Scientia Horticulturae*, 106(2), 147-161.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). Tablas de Composición de Alimentos.
- Orosco-Alcalá, BE, Núñez-Paleniús, HG, Díaz-Serrano, F. *et al.* El injerto mejora la tolerancia a la salinidad de las plantas de pimiento morrón durante la producción en invernadero. *Hortic. Environ. Biotechnol.* **62** , 831–844 (2021).
- Sánchez del Castillo, F., Moreno-Pérez, E. C., Reséndiz-Melgar, R. C., Colinas-León, M. T., & Rodríguez Pérez, J. E. (2017). Producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en ciclos cortos.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (s.f.). (2019). Cinco cosas que hay que saber del pimiento morrón. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP,2016). Recuperado 13 de julio de 2024, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/hidroponia-sabes-que-es-y-comofunciona#:~:text=Para%20t%C3%A9rminos%20pr%C3%A1cticos%2C%20llamaremos%20hidropon%C3%ADa,manera%20sencilla%20de%20obtener%20alimentos>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera (SIAP, 2023).