

Evaluación del Crecimiento y Rendimiento de Pimiento Morrón en dos Sitios de Producción con Fertilizantes Orgánicos Evaluation of Bell Pepper Growth and Yield at two Organic Fertilizer Production Sites

J. Guadalupe Luna-Ortega¹, Jorge Alberto Ramos-Hernández^{1†},
Miguel Ángel Gallegos-Robles², David Antonio Zuñiga-Gracia¹,
J. Isabel Márquez-Mendoza³, Mario García-Carrillo³ y Anselmo Gonzalez-Torres³

¹ Universidad Politécnica de la Región Laguna, Calle Sin Nombre, Sin Número, Ejido Santa Teresa Municipio de San Pedro de las Colonias. 27942 San Pedro, Coahuila, México; (J.G.L.O.), (J.A.R.H.), (D.A.Z.G.).

[†] Autor para correspondencia: jorge.ramos@docentes.uprl.edu.mx

² Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32, Ejido Venecia. 35110 Gómez Palacio, Durango, México; (M.A.G.R.).

³ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Valle Verde. 27059 Torreón, Coahuila, México; (J.I.M.M.), (M.G.C.), (A.G.T.).

RESUMEN

Entre las opciones para mejorar *Capsicum annuum* L., la fertilización aumenta la disponibilidad de nutrientes. El objetivo fue evaluar ocho genotipos de pimiento morrón con dos factores de estudio: 1) invernadero, 2) campo abierto. Las fuentes de fertilización aplicadas como tratamientos fueron: 1) estiércol solarizado, 2) vermicompost, 3) gallinaza, y un testigo con soluciones Steiner. Los resultados presentan diferencia significativa de los genotipos con los fertilizantes, expresado principalmente en el crecimiento. El peso de fruto para el genotipo 1 con estiércol de vacuno o gallinaza, el genotipo 5 con estiércol de vacuno o vermicomposta y el genotipo 6 con estiércol de gallina presentaron las mejores interacciones con 81.5, 118.96, 75.63, 82.7 y 81.49 g. Por lo tanto, se presentó diferencia significativa en la respuesta de los genes implicados en el control de las características a los fertilizantes.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., fertilización, genotipos.

SUMMARY

Among the options for improving *Capsicum annuum* L., fertilization increases nutrient availability. The objective was to evaluate eight bell pepper genotypes with two study factors: 1) greenhouse, 2) open field. The fertilization sources applied as treatments were: 1) solarized manure, 2) vermicompost, 3) poultry manure, and a control with Steiner solutions. The results show a significant difference between genotypes and fertilizers, mainly expressed in growth. Fruit weight for genotype 1 with cow manure or poultry manure, genotype 5 with cow manure or vermicompost and genotype 6 with chicken manure showed the best interactions with 81.5, 118.96, 75.63, 82.7 and 81.49 g. Therefore, there was a significant difference in the response of the genes involved in the control of the characteristics to fertilizers.

Index words: *Capsicum annuum* L., fertilization, genotypes.



Cita recomendada:

Luna-Ortega, J. G., Ramos-Hernández, J. A., Gallegos-Robles, M. A., Zuñiga-Gracia, D. A., Márquez-Mendoza, J. I., García-Carrillo, M., & Gonzalez-Torres, A., (2025). Evaluación del Crecimiento y Rendimiento de Pimiento Morrón en dos Sitios de Producción con Fertilizantes Orgánicos. *Terra Latinoamericana*, 43, 1-10. e2061. <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2061>

Recibido: 13 de agosto de 2024.

Aceptado: 28 de enero de 2025.

Artículo. Volumen 43.

Mayo de 2025.

Editor de Sección:

Dra. Alejandra Nieto Garibay

Editor Técnico:

Dr. David Cristóbal Acevedo



Copyright: © 2025 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

México ocupa el segundo lugar en el mundo como productor de chile (*Capsicum* spp.) por su importancia económica como fruto fresco en el mercado internacional o como materia prima para procesamiento industrial. Alrededor del 90.0% del chile que se consume a nivel mundial es de origen mexicano, otros países productores son China, Indonesia, Turquía, España, Estados Unidos y Nigeria (Rodríguez, Cupul, López y Ortega, 2024)

Sin embargo, en su ciclo vegetativo, al igual que muchos de los vegetales presentan cambios considerables, que están en estrecha relación con el genotipo, el ambiente en que se desarrollan y la interacción entre éstos, resultando en interacciones complejas las cuales pueden ocasionar amplias respuestas en los cultivos y variedades (Mundarain y Cañizares, 2005). Así mismo, el rendimiento del pimiento morrón depende entre otros factores del genotipo y de las condiciones de manejo en el sitio de producción como es el caso de la fertilización (Saha, Hossain, Rahman, Kuo y Abdullah, 2010; Sattar, Islam, Hossain, Bhuiyan y Ho, 2015).

Por lo tanto, la utilización de fertilizantes químicos aumenta el rendimiento de los cultivos sin embargo representa una opción poco amigable con el medio ambiente y con mayor costo económico por lo que se han generado el uso de otras alternativas para recuperar la fertilidad del suelo y sus componentes orgánicos y minerales en los sistemas agrícolas, así como también aumentar la biomasa microbiana etc. Los abonos orgánicos como el vermicompost, gallinaza y algunos estiércoles, resultan efectivos para establecer hortalizas bajo invernadero puesto que generan rendimientos significativos aceptables y de esta forma intentar disminuir la aplicación de los fertilizantes sintéticos (Fortis-Hernández *et al.*, 2012; Bonanomi *et al.*, 2020; Chojnacka *et al.*, 2024).

En la Comarca Lagunera debido a la actividad pecuaria (bovina y avícola), se producen anualmente 1 millón de t de estiércol con el potencial de usarse como abono orgánico en la producción agrícola. Por otro lado, el vermicompost es un producto derivado de la digestión de la lombriz de tierra (*Eisenia fetida*) efectivo para la transformación de estiércoles (Ramírez-Ibarra, Figueroa, Núñez, Reta y García, 2016; Raez-Alcocer, Iannacone y Gómero, 2024). La región tiene un clima desértico con lluvias en verano e invierno fresco, la precipitación pluvial media anual de 250 mm y una temperatura media anual de 21 °C con máximas de 33 °C y mínimas de 7.5 °C por lo que se consideran las condiciones ideales para efectuar los procesos antes mencionados (Pedroza-Sandoval *et al.*, 2024), por lo tanto, su uso se ha extendido a cultivos bajo condiciones controladas, como los invernaderos (Atiyeh, Lee, Edwards, Arancon y Metzger, 2002).

Por todo lo anterior, el objetivo fue evaluar ocho genotipos de pimiento morrón con dos factores de estudio: 1) invernadero, 2) campo abierto. Las fuentes de fertilización aplicadas como tratamientos fueron: 1) estiércol solarizado, 2) vermicompost, 3) gallinaza, y un testigo con soluciones Steiner.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el ciclo primavera- verano del 2023 en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango (25° 46' 56" N; 103° 21' 02" O). El ambiente fue controlado mediante un invernadero tipo túnel con paredes rectas, ventilaciones laterales, tela especial antiáfidos, un sistema de riego por goteo, con 40 m de largo por 10 m de ancho y 4 m de alto.

El clima en la región evaluada según Koppen es árido con lluvias deficientes en todas las estaciones mesotermiales, con una concentración aproximada de temperatura durante el verano de 30 °C, con inviernos benignos. Los meses más calurosos son de mayo a agosto y los más fríos de diciembre a enero. La precipitación promedio anual es de 230 mm de lluvia y una evaporación que se presenta de 6 a 11 veces mayor que la precipitación que se registra año con año. La temperatura promedio anual es de 20.7 °C. La humedad relativa correspondiente a cada estación es la siguiente: Primavera 31.3%; verano 46.2%; otoño 52.9% e invierno 44.3% (García, 2004).

Germinación de las Plantas

La germinación de las semillas se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades colocando una semilla por cavidad. Como sustrato se utilizó una mezcla de turba vegetal con perlita con las condiciones físicas apropiadas (porosidad total de 93%, de la cual 20% es porosidad de aireación y 73% es porosidad de retención de agua con p H. 4.0-4.3 y C.E. < 0.25 mmhos cm⁻¹ S.M.E.) (Cabrera, 1999). La proporción utilizada fue de 1:1 (v:v) y fueron regadas con una solución nutritiva (Steiner) con los siguientes elementos y concentraciones (mg L⁻¹):

Nitrógeno = 215, Fósforo = 60, Potasio = 202, Calcio = 235, Magnesio = 60, Azufre = 217, Hierro = 3.0, Boro = 0.6, Manganeso = 0.5, Cobre = 0.1 y Zinc = 0.1, resultando en una conductividad eléctrica menor a 2.5 dS m⁻¹ y un pH entre 6 a 6.5. El trasplante se efectuó 50 días después de la siembra (dds), la obtención de las plántulas se realizó en charolas de poliestireno 200 cavidades. El trasplante se efectuó a los 55 días después de la siembra (DDS) con la aparición de cuatro hojas verdaderas cuando las plántulas alcanzaron entre los 12 y 15 cm de altura. Se utilizó una cintilla de goteo (con emisores a cada 20 cm) por hilera de planta para proporcionar los riegos.

Establecimiento del Cultivo

Se evaluaron ocho genotipos de pimiento morrón de diferentes casas comerciales: 1: Thames F1, 2: var. California Wonder, 3: Revolution F1, 4: Espectral F1, 5: Misterio F1, 6: Carisma F1, 7: Olympus F1 8: Celta F1. Las semillas de los genotipos pertenecen a las casas comerciales 1: Bejo®, 2: Kristen Seed® 3.5: Harris Moran®, 6: Semillas Fito®, 4: Hydrocultura® 7: Johnny Seeds® 8: Ramiro Arnedo Semillas®, Para la germinación, las semillas de los diferentes genotipos se colocaron en bandejas de espuma de poliestireno de 200 orificios desinfectados con cloro 0.05%. Se utilizaron como sustrato la turba fina con vermiculita de (0-7 mm p H:3.3-4.3. C.E. 0.25mmhos cm⁻¹) en una proporción de 2: 1 (v v-1). La semilla se colocó por cada orificio a 0.5 cm de profundidad. Las bandejas fueron cubiertas con envoltura de plástico durante 72 horas para asegurar una germinación uniforme. El trasplante se realizó en un invernadero y campo agrícola experimental de la FAZ-UJED.

En el invernadero se utilizaron cuatro plantas con desarrollo normal por tratamiento. Cada planta se colocó en una bolsa de color negro de poliestireno con una capacidad de 12 kg, la cual fue llenada previamente con cada uno de los tratamientos; en el campo cada planta fue trasplantada directamente al suelo, las bolsas con las plantas se colocaron en el invernadero. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 tratamientos por bloque, con dos factores de variación: F1 fuentes de fertilización con 3 niveles más un grupo control. Los tratamientos correspondientes a las fuentes de fertilización fueron los siguientes : estiércol solarizado 40 Mg ha⁻¹, vermicompost 3 Mg ha⁻¹, gallinaza 1.5 Mg ha⁻¹, y en el testigo se aplicó la solución Steiner a una dosis de 5 litros m² por día con las siguientes concentraciones (ppm): Nitrógeno = 215, Fósforo = 60, Potasio = 202, Calcio = 235, Magnesio = 60, Azufre = 217, Hierro = 3.0, Boro = 0.6, Manganeso = 0.5, Cobre = 0.1 y Zinc = 0.1 como lo sugieren Sánchez y Escalante (1988). El factor de variación F2 consistió en el sitio de cultivo, invernadero y campo. Como factor de variación F3, se evaluaron ocho genotipos de pimiento morrón de diferentes casas comerciales: 1: Thames F1, 2: var. California Wonder, 3: Revolution F1, 4: Espectral F1, 5: Misterio F1, 6: Karisma F1, 7: Olympus F1 8: Celta F1. ocho genotipos de pimiento morrón de diferentes casas comerciales: 1: Thames F1, 2: var. California Wonder, 3: Revolution F1, 4: Espectral F1, 5: Misterio F1, 6: Karisma F1, 7: Olympus F1 8: Celta F1. Cabe mencionar que la incorporación de los sustratos en campo se realizó mediante la aplicación al suelo 90 días antes del trasplante. En ambos sitios (invernadero y campo), las plantas fueron regadas por goteo a capacidad de campo con doble cintilla de calibre 12 000 con salidas cada 30 cm y con una distancia entre las dos cintillas de 90 centímetros.

La duración del experimento desde la siembra en charolas de germinación hasta la última cosecha fue de 150 días. La temperatura mínima en el campo experimental fue de 33 °C y la máxima de 40 °C. En el invernadero, la temperatura y la humedad no fueron controladas, y las temperaturas mínimas y máximas fueron de 40 y 48 °C, respectivamente. En el campo la distancia entre plantas fue de 25 cm y de 90 cm entre surcos, para una densidad de plantas de 44 400 plantas por hectárea.

Variables de Crecimiento de las Plantas

Las variables de crecimiento consistieron en: Altura de planta (AP) valor promedio en cm. Diámetro de tallo (DT) valor promedio en cm medido a la altura media de la planta. Número de hojas (NH) valor promedio en número. Largo de hoja (LH) y ancho de hoja (AH) valor promedio en cm de nueve hojas (tres del tercio inferior, tres del tercio medio y tres del tercio superior). Número de frutos (NF) valor promedio en número. Peso de fruto (PF) valor promedio en gramos. Largo de fruto (LF) valor promedio en centímetros. Diámetro de fruto (DF) valor promedio en cm. En las variables AP, DT, NH, LH, AH y PF se hicieron 12 mediciones a partir de que la planta tenía dos meses de desarrollo, una por semana. Los promedios de las variables PF, LF y DF se midieron al momento del corte y en los frutos que tenían tamaño comercial. Se realizaron tres cortes con calidad comercial. El peso de frutos (PF) se realizó con una báscula digital OHAUS® Compass™ de 2200 g modelo H8110. La altura de la planta (AP) se midió con flexómetro Crescent Lufkin® escala 0-2000 mm modelo W606pmmx, en las variables diámetro de fruto (DF), diámetro de tallo (DT) largo de fruto (LF), largo de hoja y ancho de hoja (LH, AH) se empleó un vernier digital marca Kroner® escala 0-150 milímetros.

Análisis de Datos

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute Inc., 2002). Se realizaron ANOVA y comparación de medias con DMS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de las Variables en Genotipos de Pimiento Morrón

La evaluación de los genotipos de acuerdo al análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) para todas las nueve variables estudiadas (AP, DT, NH, LH, AH, NF, PF, LF, DF) (Cuadro 1 y 2). Esto significa que los genotipos interactúan de manera diferente con cada uno de los ambientes de evaluación y esta condición es importante porque permite conocer el potencial de la respuesta genotípica en cada ambiente. Aunque el tamaño y la forma de una parte vegetal pueden ser modificados por factores ambientales, el genotipo de un individuo establece los límites dentro de los cuales tal modificación del crecimiento y desarrollo puede ocurrir (Reséndiz-Melgar, Moreno, Sánchez, Rodríguez y Peña, 2010). Por lo tanto, diferentes genotipos condicionarán diferentes tamaños y formas finales cuando se cultiven juntos en una amplia gama de ambientes (Johnson y Lenhard, 2011).

Interacciones

Los valores más altos corresponden a la variable AP para los genotipos 2, 4 y 7 en campo, para DT fue el genotipo 4 en campo, para NH fueron el 4 y 7 en campo, para LH fue el 3 en invernadero, para AH fueron el 2 y 7 en campo, para NF fue el 4 en campo, para PF fueron el 5 y 6 en campo, para LF fue el 7 en campo, y para DF fueron el 2 en invernadero y el 3 en campo. Los genotipos 5 y 6 en campo no fueron de los mejores en ninguna de las variables medidas excepto en PF en la cual fueron los mejores, con 201.8 y 214 g respectivamente, lo cual es importante ya que es la parte de comercialización. Cabe resaltar que el ambiente más afectivo en la evaluación fue en campo ya que en este se observaron los valores más altos en las variables. Esto último señala una mayor plasticidad fenotípica como respuesta de los genotipos a las señales ambientales en campo (Pigliucci, Murren y Schlichting, 2006). En general el 87.5% de los genotipos mostró plasticidad fenotípica positiva a las condiciones de campo.

Cuadro 1. Comparación de medias correspondiente a la evaluación de ocho genotipos de pimiento morrón fertilizado con estiércol, vermicompost y gallinaza.

Table 1. Comparison of means corresponding to the evaluation of eight genotypes of bell pepper fertilized with manure, vermicompost and chicken manure.

Genotipo	AP	DT	NH	LH	AH	NF	PF	LF	DF
	- - - - cm - - - -		núm	- - - - cm - - - -		núm	g	- - - - cm - - - -	
1	45.7 b	1.5 c	55.6 cd	7.5 c	3.8 bc	12.1 c	172.5 a	6.8 b	8.4 cd
2	41.3 c	1.6 bc	45.5 d	9.3 a	4.2 a	12.6 c	154.3 bc	5.0 d	10.2 a
3	37.0 d	1.6 b	107.9 b	9.5 a	4.3 a	12.7 c	163.1 ab	4.4 e	9.8 b
4	41.2 c	1.7 a	157.6 a	7.4 c	4.2 ab	15.0 a	139.5 c	5.3 d	8.4 cd
5	34.1 d	1.4 e	59.8 cd	5.8 e	3.3 d	14.0 b	173.0 a	3.8 f	8.5 cd
6	36.8 d	1.4 d	27.4 e	6.8 d	3.6 cd	12.1 c	167.6 ab	6.1 b	8.2 de
7	52.1 a	1.6 b	163.5 a	8.5 b	4.6 a	14.5 ab	152.5 bc	8.6 a	8.0 e
8	28.3 e	1.4 de	61.1 e	6.2 e	3.3 d	12.5 c	144.7 b	6.7 b	8.5 cd
FV-Genotipo	1695.6**	0.46**	86366.3**	60.3**	7.858**	41.2**	5073.7**	7486.1**	1995.2**
DMS	3.3	0.05	14.6	0.53	0.44	0.70	17.39	0.5	0.3

a-e Valores seguidos de la misma letra en una misma columna, no son significativamente diferentes ($P > 0.05$); DMS = diferencia mínima significativa; AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; NH = número de hojas; LH = largo de hoja; AH = ancho de hoja; NF = número de frutos; PF = peso de frutos; LF = largo de frutos DF = diámetro de frutos; FV: Genotipo = factor de variación-Genotipo.

a-e Values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($P > 0.05$); MSD = minimum significant difference; AP = plant height; DT = stem diameter; NH = number of leaves; LH = leaf length; AH = sheet width; NF = number of fruits; PF = fruit weight; LF = fruit length DF = fruit diameter; FV: Genotype =Variation factor- genotype.

Cuadro 2. Comparación de medias correspondiente a la aplicación de estiércol, vermicompost y gallinaza en ocho genotipos de pimiento morrón.**Table 2. Comparison of means corresponding to the application of manure, vermicompost and chicken manure in eight genotypes of bell pepper.**

FV	AP	DT	NH	LH	AH	NF	PF	LF	DF
	cm		núm	cm		núm	g	cm	
Est.	40.6 a	1.5 a	83.6 ab	7.4 b	3.5 c	13.5 a	156.5 a	5.8 a	8.9 ab
Vc.	39.2 a	1.5 a	88.2 a	7.9 a	3.9 b	12.9 b	155.4 a	6.0 a	8.9 a
Gall.	38.3 a	1.5 a	92.1 a	7.9 a	4.3 a	13.1 ab	165.7 a	5.6 a	8.6 c
Test.	40.1 a	1.5 a	75.2 b	7.3 b	3.9 b	13.3 ab	156.1 a	5.9 a	8.7 bc
DMS	2.3	0.03	10.3	0.3	0.3	0.5	12.3	0.3	0.2

a-c Valores seguidos de la misma letra en una misma columna, no son significativamente diferentes ($P > 0.05$); FV = factor de variación; DMS = diferencia mínima significativa; AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; NH = número de hojas; LH = largo de hoja; AH = ancho de hoja; NF = número de frutos; PF = peso de frutos; LF = largo de frutos DF = diámetro de frutos. Est. = estiércol; Vc. = vermicompost; Gall. = gallinaza; Test = testigo.

a-c Values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($P > 0.05$); FV = variation factor; MSD = minimum significant difference; AP = plant height; DT = stem diameter; NH = number of leaves; LH = leaf length; AH = sheet width; NF = number of fruits; PF = fruit weight; LF = fruit length; DF = fruit diameter. Est. = manure; Vc. = vermicompost; Gall. = chicken manure; Test=witness.

Interacción Genotipo por Fuente de Fertilización: Altura de Planta, Número de Hojas, Largo de Hoja y Ancho de Hoja

Para la interacción genotipo por sustrato hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) (Cuadro 6) únicamente para las variables AP, NH, LH y AH. Se observa también que, en la fuente de fertilización, así como en sus interacciones con genotipos y sitios en la mayoría de las veces no hubo significancia para PF. Por lo anterior en términos de fertilización orgánica existen investigaciones previas como la de Villavicencio, Maridueña, David, Aguayo y Espinoza (2024) en donde encontraron diferencias significativas en la altura de plantas de pimiento morrón con dosis de gallinaza de 150 g planta⁻¹ y 200 g planta⁻¹ observando diferencias a los 45 días con promedio de 67.88 y 68.78 cm. Por otra parte, existen atribuciones a los microorganismos benéficos como *Trichoderma spp.* y *Bacillus subtilis* presentes en abonos orgánicos líquidos o bioestimulantes empleados en vegetales hortícolas intensivos en donde mejoran la altura, diámetro de tallo, biomasa aérea y volumen de raíz en plantas de *Capsicum spp.* así como la formación de hojas, área foliar e índice de clorofila (García et al., 2023). Así mismo se atribuyen efectos positivos en el número de hojas, cantidad de folíolos, ancho de hojas, cantidad de folíolos y rendimientos a los tratamientos foliares aplicados con productos como Genifix, T22* y Mix* en chile habanero reportados por Murillo-Cuevas et al. (2021). Aunque Rodríguez et al. (2024) mencionan la influencia en la concentración de macronutrientes de la solución nutritiva en las variables agronómicas ya que en esta investigación se encontraron diferencias significativas en variables como altura de planta y diámetro de tallo en genotipos de chile habanero.

Número de Frutos

Existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) para NF en las interacciones genotipo por sitio (Genotipo × Sitio) y genotipo por sustrato (Genotipo × Fertilización) como se muestra en los Cuadros 4, 5 y 6, por lo que destaca la distinción varietal de las plantas ya que en otros trabajos (Chan, Del Castillo, Magaña y Sáez, 2005, Cruz, Sanchez, Ortíz y Mendoza, 2009) mencionan que la obtención de número de frutos se obtiene en bajas densidades (33 000 plantas ha⁻¹) ya que se genera más frutos y menor área foliar sin embargo se produce más rendimiento con las altas densidades y despunte temprano. La producción de número de frutos en cada uno de los híbridos podría suceder por a la absorción de botones florales que ocurre en algunos materiales de frutos grandes de acuerdo con Wien y Stützel (2020), los agentes precursores de la caída de las flores son alta temperatura, y la baja intensidad de la radiación, esto es trascendente en la agricultura protegida dado que la humedad relativa interviene en varios procesos como el amortiguamiento de los cambios de temperatura, transpiración, crecimiento de tejidos, viabilidad del polen para la fecundación del ovario de las flores y desarrollo de enfermedades (Moreno-Pérez, Mora, Sánchez y García, 2011; Ayala-Tafoya et al., 2015). De Rodríguez et al., (2023) menciona que los bioreguladores, ácido indolacético (AIA), ácido giberélico (AG) y la 6-bencilaminopurina (6-BAP), juegan un papel importante en los procesos fisiológicos como la inducción de la floración, el crecimiento de raíces, absorción de nutrimentos y a nivel celular provoca la mitigación del estrés en la planta e incrementa el rendimiento.

Interacción Genotipo por Sitio: Peso de Frutos, Longitud de Frutos y Ancho de Frutos

Las variables PF, LF y AF fueron significativas en esta interacción (Cuadro 4). La identificación de genotipos sobresalientes en la evaluación de cualquier tipo de ensayo es un aspecto importante que debe considerarse en las recomendaciones, ya que el rendimiento de los cultivos depende finalmente del genotipo, del medio ambiente y del manejo agronómico. En los genotipos evaluados el peso promedio de los frutos varió de 139.5 a 173.0 g, siendo los genotipos 1 y 5 donde se observó el peso de frutos más alto (Cuadro 1). En general el promedio del PF observado en los genotipos evaluados fueron más altos que los obtenidos por Sharma, Semwal y Uniyal (2010). De acuerdo con un estudio de Rangel *et al.* (2024) el incremento del rendimiento y sus componentes está relacionado con la interacción de las plantas con la conductividad eléctrica (C.E), en dicho experimento sometieron a plantas de chile serrano var. Arista con cuatro niveles de C.E y con cuatro dosis de ácidos húmicos, por lo que los frutos recolectados en plantas sometidas a 2.0 dS m⁻¹ mostraron frutos con una longitud de frutos (LF) de 67.02 mm y diámetro ecuatorial (DE) de 25.83 mm. Otros trabajos previos como el de Cruz-Crespo *et al.* (2015) en chile serrano var. Tampiqueño mencionan que los efectos presentados en estos componentes son atribuidos a un suministro de concentración iónica en la solución nutritiva por lo que reduce la calidad de los frutos. Sin embargo, en otro estudio similar la aplicación de gallinaza en el suelo aceleró el proceso de maduración de los frutos de chile jalapeño ya que se tuvo mayor precocidad y rendimiento en los primeros cortes, esto podría explicarse que la aplicación de la gallinaza incrementa la temperatura del suelo y por lo tanto acelera las reacciones enzimáticas encargadas del proceso de maduración de frutos (Romero, 1997¹; Heil *et al.*, 2012). No obstante, aunque no hubo diferencias significativas en el PF existieron diferencias numéricas siendo el valor más alto el de la gallinaza (165.7 g) aunado a este resultado Moral, Paredes, Bustamante, Marhuenda-Egea y Bernal (2009) explica efectos negativos en el uso excesivo del abono.

Respecto al efecto de los sitios de prueba (Cuadro 3), en general en campo se observaron valores más altos en AP, DT, NH, NF y PF. En el PF el valor promedio en campo fue 31.38% más alto que el valor promedio del PF en invernadero.

Interacción Genotipo × Sitio × Fertilización

Finalmente, respecto a la triple interacción con el genotipo por sitio por fertilización, solo hubo diferencias altamente significativas para AP, DT, NH, LH, AH y NF. Para AP la interacción con la mayor significancia fue el genotipo 1 en invernadero con estiércol solarizado con un valor promedio de 69.43 cm; para DT fue el genotipo 4 en campo con gallinaza con un valor promedio de 1.0 cm; para NH fue el genotipo 4 en campo con gallinaza tratada con un valor promedio de 373.5 hojas; para LH fue el genotipo 3 en invernadero con vermicompost con un valor promedio de 13.66 cm; para AH fue el genotipo 6 en invernadero con tratamiento testigo con un valor promedio de 6.73 cm; para NF fue el genotipo 4 en campo con tratamiento testigo con un valor promedio de 11.0 frutos por lo que Lozada, Pulicherla y Holguin (2023) menciona que estas diferencias morfológicas entre plantas es por condiciones de estrés biótico y abiótico. Aunque no hubo diferencias significativas en PF el mejor valor se observó en el genotipo 1 en invernadero con gallinaza con un valor de 164.8 g (Campos *et al.*, 2024).

Cuadro 3. Comparación de medias correspondiente a la evaluación de los sitios de producción (campo e invernadero) de ocho genotipos de pimiento morrón.

Table 3. Comparison of means corresponding to the evaluation of production sites (field and greenhouse) of eight genotypes of bell pepper.

Sitio	AP	DT	NH	LH	AH	NF	PF	LF	DF
	- - - - cm - - - -		núm	- - - - cm - - - -		núm	g	- - - - cm - - - -	
Inv	38.7 a	1.4 b	40.9 b	8.1 a	4.1 a	12.6 b	137.0 b	6.5 a	8.9 a
Camp	40.4 a	1.6 a	128.7 a	7.1 b	3.7 b	13.9 a	180.0 a	5.2 b	8.5 b
DMS	1.6	0.02	7.3	0.2	0.2	0.3	18.6	0.2	0.1

a-b Valores seguidos de la misma letra en una misma columna, no son significativamente diferentes ($P > 0.05$); DMS = diferencia mínima significativa; AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; NH = número de hojas; LH = largo de hoja; AH = ancho de hoja; NF = número de frutos; PF = peso de frutos; LF = largo de frutos; DF = diámetro de frutos; Inv = invernadero; Camp = campo.

a-b Values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($P > 0.05$); MSD = minimum significant difference; AP = plant height; DT = stem diameter; NH = number of leaves; LH = leaf length; AH = sheet width; NF = number of fruits; PF = fruit weight; LF = fruit length DF = fruit diameter; Inv = greenhouse; Camp = field.

¹ Romero, L.M.R.L. (1997). *Abonos orgánicos y químicos en producción, sanidad y absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo*. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México.

Cuadro 4. Comparación de medias correspondiente a la interacción de ocho genotipos de pimiento morrón por los dos sitios de producción (campo e invernadero) en las variables estudiadas.**Table 4. Comparison of means corresponding to the interaction of eight bell pepper genotypes by the two production sites (field and greenhouse) in the variables studied.**

Genotipo	Sitio	AP	DT	NH	LH	AH	NF	PF	LF	DF
		cm	cm	n	cm	cm	n	g	cm	cm
1	Invernadero	50.7 bc	1.48 efg	66.6 cd	7.8 def	4 bcde	11.75 ef	183.1 bc	6.5 de	9.2 de
1	Campo	40.7 e	1.68 c	44.7 def	7.4 efg	3.7 de	12.6 cde	161.9 cde	7.1 cd	7.6 ijk
2	Invernadero	22.3 g	1.39 gh	26.1 fgh	9.3 bc	3.7 cde	12 def	140 ef	7.9 b	10.6 a
2	Campo	60.5 a	1.85 b	64.9 cd	9.5 b	4.7 ab	13.3 c	168.8 cd	2.1 i	9.8 bc
3	Invernadero	30.5 f	1.52 de	48.2 def	10.9 a	4.5 abcd	12 def	142.5 ef	6.3 ef	9.5 cd
3	Campo	43.5 de	1.77 bc	167.6 b	8.1 def	4.2 abcd	13.4 c	183.8 bc	2.5 i	10.1 ab
4	Invernadero	27.4 fg	1.56 d	28.9 gh	7.1 fg	3.8 de	12.6 cde	110.2 g	7.0 cde	8.2 gh
4	Campo	55.1 ab	1.96 a	294.4 a	7.8 def	4.6 abc	17.6 a	169 cd	3.6 h	8.6 fg
5	Invernadero	46 cde	1.51 ed	47.2 def	7.2 efg	4.5 abcd	13.1 cd	144.1 def	7.1 cd	9.7 bc
5	Campo	22.2 g	1.34 h	72.5 c	4.4 i	2.1 g	15.1 b	201.8 ab	2.5 j	7.3 k
6	Invernadero	50.8 bc	1.49 de	16.4 h	8.2 cde	4.5 abcd	12.9 cd	121.4 fg	4.8 g	7.5 jk
6	Campo	22.8 g	1.47 efg	38.6 efg	5.5 hi	2.8 fg	11.5 f	214 a	7.5 bc	8.8 ef
7	Invernadero	49 bcd	1.48 def	46.6 def	8.3 cde	4.5 abcd	13.1 cd	125.2 fg	5.6 f	7.9 hij
7	Campo	55.3 ab	1.85 b	280.4 a	8.7 bcd	4.8 a	16 b	179.7 bc	11.5 a	8.1 gh
8	Invernadero	33.1 f	1.39 fgh	55.7 cde	6.5 gh	3.4 ef	13.4 c	128.4 fg	6.5 ed	9.1 de
8	Campo	23.6 g	1.47 efg	66.6 cd	6 h	3.3 ef	11.7 ef	161.1 cde	6.8 cde	8.0 hi
Genotipo × Sitio		4513.8*	0.38*	97560.1**	19.2**	10.8**	37.3**	8577.7**	15118.3*	1236.7*
DMS		6.3	1.0	23.9	1.0	0.7	11.1	25.3	0.4	0.7

a-i Valores seguidos de la misma letra en una misma columna, no son significativamente diferentes ($P > 0.05$); DMS = diferencia mínima significativa; AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; NH = número de hojas; LH = largo de hoja; AH = ancho de hoja; NF = número de frutos; PF = peso de frutos; LF = largo de frutos; DF = diámetro de frutos.

a-i Values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($P > 0.05$); MSD = minimum significant difference; AP = plant height; DT = stem diameter; NH = number of leaves; LH = leaf length; AH = sheet width; NF = number of fruits; PF = fruit weight; LF = fruit length; DF = fruit diameter.

Cuadro 5. Comparación de medias correspondiente a la interacción de las fuentes de fertilización (estiércol, vermicompost y gallinaza) por los dos sitios de producción (campo e invernadero) de ocho genotipos de pimiento morrón.**Table 5. Comparison of means corresponding to the interaction of fertilization sources (manure, vermicompost and chicken manure) by the two production sites (field and greenhouse) of eight bell pepper genotypes.**

Fertilización × Sitio	AP	DT	NH	LH	AH	NF	PF	LF	DF	
	cm	cm	núm	cm	cm	núm	g	cm	cm	
Inv-Es	37.3 a	0.41 c	31.66 b	7.02 dc	3.19 c	2.59 d	41.57 cb	66.18 ba	32.92 ba	
Inv-Vc	37.0 a	0.49 c	44.31 b	8.68 ba	3.94 b	2.53 d	32.35 cb	66.95 a	33.17 a	
Inv-Gall	37.7 a	0.51 c	48.97 b	9.15 a	5.14 a	2.59 d	46.76 b	60.21 bac	26.41 c	
Inv-Test	42.8 a	0.48 c	38.84 b	7.82 bc	4.21 b	2.68 dc	26.91 c	67.00 a	27.42 bc	
Camp-Es	43.9 a	0.74 a	135.59 a	7.83 bc	3.97 b	4.59 a	71.54 a	51.55 c	25.4 c	
Camp-Vc	41.4 a	0.67 ba	132.22 a	7.26 dc	3.87 b	3.37 bdc	78.45 a	53.13 bc	25.89 c	
Camp-Gall	38.8 a	0.62 b	135.34 a	6.79 d	3.64 cb	3.71 bac	84.67 a	53.41 bc	25.60 c	
Camp-Test	37.5 a	0.64 b	111.72 a	6.86 dc	3.65 cb	3.93 ba	85.33 a	52.15 c	26.76 c	
Fertilización × Sitio		427.489**	0.136**	2587.806*	28.435**	14.490**	3.899	2363.025	236.126	236.610**
DMS		7.76	0.09	38.95	1.0	0.60	1.05	19.79	13.44	5.63

a-i Valores seguidos de la misma letra en una misma columna, no son significativamente diferentes ($P > 0.05$); DMS = diferencia mínima significativa; AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; NH = número de hojas; LH = largo de hoja; AH = ancho de hoja; NF = número de frutos; PF = peso de frutos; LF = largo de frutos; DF = diámetro de frutos; Inv-Es = invernadero-estiércol; Inv-Vc = invernadero-vermicompost; Inv-gall = invernadero-gallinaza; Inv-testigo; Camp-Est = campo-estiércol; Camp-Vc = campo-vermicompost; Camp-Gall = campo-gallinaza; Camp-Test = campo-testigo.

a-i Values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($P > 0.05$); MSD=minimum significant difference; AP = plant height; DT = stem diameter; NH = number of leaves; LH = leaf length; AH = sheet width; NF = number of fruits; PF = fruit weight; LF = fruit length; DF=fruit diameter; Inv-Es = greenhouse-manure; Inv-Vc = greenhouse-vermicompost; Inv-gall = greenhouse-chicken manure; Inv-witness; Camp-Est = field-manure; Camp-Vc = field-vermicompost; Camp-Gall = field-chicken manure; Field-Test = field-witness.

Cuadro 6. Comparación de medias correspondiente a la interacción de ocho genotipos de pimiento morrón por las fuentes de fertilización (estiércol, vermicompost y gallinaza).
Table 6. Comparison of means corresponding to the interaction of eight bell pepper genotypes by fertilization sources (manure, vermicompost and chicken manure).

Genotipo × Fertilización	AP	DT	NH	LH	AH	NF	PF	LF	DF
	cm	cm	núm	cm	cm	núm	g	cm	cm
1-Es	57.14 a	0.53 edhgc	36.88 ih	6.675 mkjli	3.775 eljkdhigf	2.5 fhcg	81.5 ba	73.81 ebdac	28.866 becd
1-Vc	32.431 hgif	0.58 ebdhgc	53.63 ihg	6.5875 mkjli	3.525 eljkhigf	2.125 hg	46.01 bdc	72.62 ebdacf	25.189 ecd
1-Gall	41.015 ebdgc	0.56 ebdhgc	67.75 eidhgf	8.3838 gfedch	4.315 ebdhigcf	2 h	118.96 a	60.16 edhigf	22.996 ecd
1-Test	52.313 ebdac	0.63625 ebdac	64.38 eihgf	8.6375 gfedc	3.875 eljkdhigcf	2.125 hg	43.66 bdc	67.86 ebdagcf	21.495 ed
2-Es	42.375 ebdgc	0.68438 bdac	49 ihg	9.0563 bedc	4.2938 ebdhigcf	2.75 fhedg	49.96 bdc	50.23 ejhigf	42.236 a
2-Vc	41.875 ebdgc	0.5875 ebdhgc	49.25 ihg	9.8875 bac	4.575 ebdac	2.5 fhcg	52.56 bdc	52.56 ejhigf	43.199 a
2-Gall	39.75 ehdc	0.575 ebdhgc	42.63 ih	9.5875 bc	4.2188 ebdhigcf	2.5 fhcg	59.87 bdc	46.8 jhig	41.079 a
2-Test	41.5 ebdgc	0.63788 ebdac	41.25 ih	9.05 bedc	4.0688 ejkdhigcf	2.875 fhedg	55.18 bdc	50.99 ejhigf	42.828 a
3-Es	36 hgif	0.63675 ebdac	120.75 ebdagcf	8.6625 fedc	3.875 eljkdhigcf	3.25 fhedg	49.04 bdc	44.78 jhig	37.426 ba
3-Vc	37.625 hgif	0.72375 bac	141 ebdac	11.2875 a	4.9438 bdac	2.375 fhg	60.72 bdc	42.65 jhi	37.879 ba
3-Gall	37.5 hgif	0.619 ebdacf	103.75 ebdhgc	10.3563 ba	4.5438 ebdagcf	3.12 fhedg	70.95 bdc	38.56 ji	37.5 ba
3-Test	37 hgif	0.585 ebdhgc	66.13 eidhgf	7.8438 gfedih	3.9688 ejkdhigcf	2.125 hg	71.85 bc	51.24 ejhigf	40.414 a
4-Es	39.75 ehdc	0.7125 bdac	147.5 bac	7.8688 gfedih	3.5563 eljkhigf	5.875 ba	39.89 bdc	48.55 jhigf	27.144 ecd
4-Vc	40.875 ebdgc	0.795 a	149.38 ba	7.781 gfedih	3.6125 eljkhigf	4 fbedcg	27.04 d	58.3 ejhigf	27.156 ecd
4-Gall	44 ebdacf	0.79375 a	196.25 a	7.225 gfkjih	5.5563 a	3.5 fhedg	41.05 bdc	52.37 ejhigf	21.09 ed
4-Test	40.375 ehdc	0.74125 ba	137.38 ebdacf	7 gmkjih	4.1063 ejdhigcf	7 a	50.33 bdc	54.02 ejhigf	21.64 ed
5-Es	38.094 ehgf	0.4625 ehgf	63.75 eihgf	6.1 mkjl	3.2563 ljkh	3.75 fhedg	75.63 bac	39 ji	25.263 ecd
5-Vc	35.125 hgif	0.41288 h	70.5 eidhgc	5.9313 mkjl	3.3813 ljkhigf	4.125 fbedc	82.7 ba	42.66 jhi	31.145 bc
5-Gall	29.094 hgi	0.39688 h	53.13 ihg	5.3625 m	3.2125 ljki	4.625 bdc	70.81 bdc	35.46 j	22.301 ecd
5-Test	34.188 hgif	0.41763 h	52 ihg	5.9688 mkjl	3.3563 ljkhig	3.75 fhedg	62.68 bdc	38.86 ji	22.339 ecd
6-Es	34.338 hgif	0.526 edhgf	30.5 ih	6.8438 mkjih	2.6938 l	2.125 hg	62.52 bdc	62.3 edhigcf	22.143 ecd
6-Vc	40.463 ehdc	0.52388 edhgf	37.13 ih	7.5475 gfejih	2.95 ljk	2 h	73.55 bc	60.25 edhigf	21.859 ed
6-Gall	33.588 hgif	0.44813 ehgf	22.63 i	6.8 mkjih	4.5688 ebdacf	2.375 fhg	81.49 ba	59.62 ejdhigf	22.498 ecd
6-Test	38.838 ehgf	0.42475 hg	19.63 i	6.3125 mkjli	4.4125 ebdhagcf	2.25 fhg	53.11 bdc	64.71 ebdhagcf	22.634 ecd
7-Es	53.625 bdac	0.69388 bdac	170.25 ba	8.5813 gfedc	4.2875 ebdhigcf	5.75 bac	54.39 bdc	86.24 bac	20.579 ed
7-Vc	54.625 bac	0.637 ebdac	143 bdac	9.2188 bdc	5.375 ba	4.125 fbedc	58.61 bdc	88.29 a	20.429 e
7-Gall	55 ba	0.71163 bdac	181.75 a	9.2 bedc	5 bac	4.375 bedc	46.3 bdc	87.05 ba	20.316 e
7-Test	45.25 ebdacf	0.61375 ebdagcf	159 ba	7.0438 gfkjih	3.9313 ejkdhigcf	3.87 fhedcg	50.99 bdc	83.4 bdac	20.989 ed
8-Es	23.7 i	0.39575 h	50.38 ihg	5.6813 mkl	2.9063 lk	2.75 fhedg	39.54 bdc	66.06 ebdhagcf	29.685 bcd
8-Vc	31.238 hgif	0.45288 ehgf	62.25 ihgf	5.5613 ml	2.9188 ljk	2.375 fhg	42.04 bdc	63.05 ebdhigcf	29.415 becd
8-Gall	26.45 hi	0.43575 hg	69.38 eidhgf	6.8825 mkjih	3.7375 eljkhigf	2.75 fhedg	36.34 dc	74.54 ebdac	20.281 e
8-Test	32.063 hgif	0.44825 ehgf	62.5 ihgf	6.9 mkjih	3.7375 eljkhigf	2.5 fhcg	61.16 bdc	65.59 ebdhagcf	24.42 ecd
Genotipo × Fertilización	209.816**	0.016	2244.323**	5.735**	2.274**	3.884*	1907.181	132.066	44.959
DMS	14.254	0.1931	77.937	1.6546	1.1896	1.9509	44.213	24.674	9.1514

a-m Valores seguidos de la misma letra en una misma columna, no son significativamente diferentes ($P > 0.05$); DMS = diferencia mínima significativa; AP = altura de planta; DT = diámetro de tallo; NH = número de hojas; LH = largo de hoja; AH = ancho de hoja; NF = número de frutos; PF = peso de frutos; LF = largo de frutos DF = diámetro de frutos; Est = estiércol; Gall = gallinaza; Vc = vermicompost.

a-m Values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($P > 0.05$); DMS = minimum significant difference AP = plant height; DT = stem diameter; NH = number of leaves; LH = leaf length; AH = sheet width; NF = number of fruits; PF = fruit weight; LF = fruit length DF = fruit diameter; Est = manure; Gall = chicken manure; Vc = vermicompost.

CONCLUSIONES

Se identificó una respuesta diferente en los genotipos y fertilización, expresada principalmente en variables de crecimiento. El peso de fruto para el genotipo 1 con estiércol o gallinaza, el genotipo 5 con estiércol o vermicompost y el genotipo 6 con estiércol de gallina presentaron interacciones con mayores producciones de peso de frutos. Por lo tanto, en términos estadísticos, existe diferencia significativa en las respuestas fenotípicas implicadas en el control de cada una de estas características relacionadas a la fertilización. El uso de fertilizantes orgánicos, así como de sistemas controlados, permiten la mejora de características de pimientos morrones. Finalmente, se propone una alternativa para la mejorar la calidad de cultivos en el sector agroindustrial.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

No aplicable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: A.G.T. y J.A.R.H. Metodología: M.G.C. Validación: M.A.G.R. y J.A.R.H. Análisis formal: J.G.L.O. y J.A.R.H. Escritura, revisión y edición: J.A.R.H. Supervisión del paquete tecnológico: D.A.Z.G. Levantamiento de variables de campo: J. I. M.M.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT, México).

LITERATURA CITADA

- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Metzger, J. D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, *84*(1), 7-14. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2)
- Ayala-Tafoya, F., Sánchez-Madrid, R., Partida-Ruvalcaba, L., Yáñez-Juárez, M. G., Ruiz-Espinosa, F. H., Velázquez Alcaraz, T. D. J., ... & Parra-Delgado, J. M. (2015). Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *38*(1), 93-99.
- Bonanomi, G., Alioto, D., Minutolo, M., Marra, R., Cesarano, G., & Vinale, F. (2020). Organic amendments modulate soil microbiota and reduce virus disease incidence in the TSWV tomato pathosystem. *Pathogens*, *9*(5), 1-15. <https://doi.org/10.3390/pathogens9050379>
- Cabrera, R. I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, *5*(1), 1-7.
- Campos, H., Mancera, A. V., Trejo, C., Quintana, F. U., García, T. C., García-Díaz, S. E., ... & Parada, J. R. B. (2024). Intercambio de gases y su relación con la fluorescencia de clorofila en plantas de chile pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) bajo estrés hídrico. *Acta Agrícola y Pecuaria*, *10*(1), 1-18.
- Chan, I. U., Del Castillo, F. S., Magaña, E. C., & Sáez, T. C. (2005). Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *28*(1), 33-38.
- Chojnacka, K., Mikula, K., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Gorazda, K., Kulczycka, J., ... & Witek-Krowiak, A. (2024). Practical aspects of biowastes conversion to fertilizers. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *14*, 1515-1533.

- Cruz-Crespo, E., Sumaya-Martínez, M. T., Can-Chulim, Á., Pineda-Pineda, J., Bugarín-Montoya, R., & Aguilar-Benítez, G. (2015). Calidad, compuestos bioactivos, y actividad antioxidante de chile serrano, cultivado en tezontle-lombricomposta y soluciones nutritivas. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42(3), 375-384. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202015000300006>
- Cruz, H. N., Sánchez del Castillo, F., Ortiz-Cereceres, J., & Mendoza-Castillo, M. (2009). Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agricultura Técnica En México*, 35(1), 73-80.
- De Rodríguez, D. J., Rocha-Rivera, M. F., Ramírez-Rodríguez, H., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Díaz-Jiménez, L. V., Rodríguez-García, R., & Carrillo-Lomelí, D. A. (2023). Plant extracts as biostimulants of growth, yield and quality of fruit in bell pepper. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 10(2), e3559. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3559>
- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., García-Hernández, J. L., Navarro Bravo, A., Antonio-González, J., & Omaña Silvestre, J. M. (2012). Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1203-1216.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. DF, México: *Instituto de Geografía, UNAM*. ISBN 970-32-1010-4.
- García, J. A., Cuevas, F. D. M., Mireles, H. C., Narváez, J. V., Meza, A. E. R., & Hernández, A. V. (2023). Efecto de bioestimulantes microbianos en el tamaño y peso de frutos de chile morrón y jitomate en condiciones protegidas de macrotúnel. *Biotechnia*, 25(1), 81-87. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v25i1.1772>
- Heil, M., Ibarra-Laclette, E., Adame-Alvarez, R. M., Martínez, O., Ramírez-Chávez, E., Molina-Torres, J., & Herrera-Estrella, L. (2012). Cómo las plantas detectan las heridas: el auto-reconocimiento dañado se basa en elicitores derivados de las plantas e induce la señalización octadecanoide. *Plos One*, 7(2), e30537.
- Johnson, K., & Lenhard, M. (2011). Genetic control of plant organ growth. *New Phytologist*, 191(2), 319-333. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03737.x>
- Lozada, D. N., Pulicherla, S. R., & Holguin, F. O. (2023). Widely targeted metabolomics reveals metabolite diversity in jalapeño and serrano chile peppers (*Capsicum annuum* L.). *Metabolites*, 13(2), 1-15. <https://doi.org/10.3390/metabo13020288>
- Moral, R., Paredes, C., Bustamante, M. A., Marhuenda-Egea, F., & Bernal, M. P. (2009). Utilisation of manure composts by high-value crops: safety and environmental challenges. *Bioresource Technology*, 100(22), 5454-5460. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.007>
- Moreno-Pérez, E., Mora-Aguilar, R., Sánchez-del Castillo, F., & García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(2), 1-14.
- Mundarain, M. C. S., & Cañizares, A. (2005). Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 5(1), 62-67.
- Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Vásquez-Hernández, A., Martínez-García, A. D. J., & Moctezuma, R. L. (2021). Bioestimulantes en la calidad de frutos de chile habanero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1473-1481.
- Pedroza-Sandoval, A., Xolocotzi-Acoltzi, S., Trejo-Calzada, R., de-los-Santos, G. G., Álvarez-Vázquez, P., & Arreola-Ávila, J. G. (2024). Leaf area index and forage productivity indicators of *Lotus corniculatus* L. at different soil moisture contents and seasons of the year. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 15(1), 17-31. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.6472>
- Pigliucci, M., Murren, C. J., & Schlichting, C. D. (2006). Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation. *Journal of Experimental Biology*, 209(12), 2362-2367. <https://doi.org/10.1242/jeb.02070>
- Raez-Alcocer, B. G., Iannacone, J., & Gomero, L. (2024). Efecto ecotoxicológico de un lodo digerido de purín de cerdo sobre la lombriz de tierra (*Eisenia fetida*) y maíz (*Zea mays*). *Revista Veterinaria*, 35(2), 43-52. <https://doi.org/10.30972/vet.3527862>
- Ramírez-Ibarra, J. A., Figueroa-Viramontes, U., Núñez-Hernández, G., Reta-Sánchez, D. G., & García-Hernández, J. L. (2016). Evaluación de métodos de labranza y aplicación de estiércol en la producción de maíz forrajero. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 15(2), 67-76.
- Rangel, P. P., Amador, B. M., Montiel, L. G. H., Palomeque, B. E., Terraza, S. P., & García, T. R. (2024). Interacción conductividad eléctrica y ácidos húmicos en el rendimiento y calidad nutracéutica de frutos de *Capsicum annuum* L. Cv. Arista. *Bioagro*, 36(1), 71-84.
- Reséndiz-Melgar, R. C., Moreno-Pérez, E. D. C., Sánchez-Del Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J. E., & Peña-Lomelí, A. (2010). Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16(3), 223-229.
- Rodríguez, D. D. L., Cupul, W. C., López, F. A. G., & Ortega, H. A. H. (2024). Rendimiento de dos híbridos de *Capsicum chinense* Jacq. en bolsas de cultivo con fibra de coco. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 28(1), 43-54. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.24.28.04>
- Saha, S. R., Hossain, M. M., Rahman, M. M., Kuo, C. G., & Abdullah, S. (2010). Effect of high temperature stress on the performance of twelve sweet pepper genotypes. *Bangladesh Journal Agricultural Research*, 35(3), 525-534.
- Sánchez-del Castillo, F., & Escalante-Rebolledo, E. R. (1988). *Un sistema de producción de plantas: Hidroponía, principios y métodos de cultivo* (3ª ed.). Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- SAS Institute (2002). *Statistical Analysis System. User's Guide. Release 9.0*. Cary, NC, USA: SAS Institute, Inc.
- Sattar, A., Islam, N., Hossain, J., Bhuiyan, S. R., & Ho, I. (2015). Characterization of Sweet Pepper Genotypes by Using Morphological Traits. *Science Research*, 3(6), 304-313. <https://doi.org/10.11648/j.sr.20150306.17>
- Sharma, V. K., Semwal, C. S., & Uniyal, S. P. (2010). Genetic variability and character association analysis in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Horticulture and Forestry*, 2(3), 58-65.
- Villavicencio, W. J. R., Maridueña, D. M. C., David, W. O. P., Aguayo, A. A. A., & Espinoza, P. E. C. (2024). Evaluación de la pollinaza como abono orgánico bajo dos tipos de riego en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 8(52), 155-166. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol8iss52.2024pp146-154>
- Wien, H. C., & Stützel, H. (Eds.). (2020). *The physiology of vegetable crops*. Boston, MA, USA: CAB International.