

Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en lombricomposta con fertilización orgánica

Production of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) in vermicompost with organic fertilization

Leonel Javier-López¹ ,
Rogelio Enrique Palacios-Torres^{1*} ,
Ana Rosa Ramírez-Seañez¹ ,
Hipólito Hernández-Hernández¹ ,
María del Carmen Antonio-Luis² ,
José Antonio Yam-Tzec¹ ,
Martha Patricia Chaires-Grijalva³ 

¹Instituto de Agroingeniería. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria, CP. 68400. Loma Bonita, Oaxaca, México.

²Maestría en Producción y Procesamiento Agrícola, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan, Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria, CP. 68400. Loma Bonita, Oaxaca, México.

³Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, CP 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

*Autor de correspondencia:
rpalacios@unpa.edu.mx
rogeliopalaci57@hotmail.com

Artículo científico

Recibido: 24 de abril 2022

Aceptado: 11 de octubre 2022

Como citar: Javier-López L, Palacios-Torres RE, Ramírez-Seañez AR, Hernández-Hernández H, Antonio-Luis MC, Yam-Tzec JA, Chaires-Grijalva MP (2022) Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en lombricomposta con fertilización orgánica. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(3): e3348. DOI: 10.19136/era.a9n3.3348

RESUMEN. El uso indiscriminado de la fertilización química en la producción agrícola, ha ocasionado daños de consideración al medio ambiente, por tal motivo se buscan alternativas de producción orgánica, que tenga efectos positivos en el rendimiento y calidad de los cultivos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el uso de diferentes sustratos en el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto del chile habanero híbrido Chichen Itzá en invernadero, estableciendo cuatro tratamientos con los siguientes sustratos y sus mezclas: T1: lombricomposta al 100% con manejo orgánico (ORG-LOM); T2: mezcla de lombricomposta: suelo regional: grava en proporción 1:1:1 (v/v/v) con manejo orgánico (ORG-LSG); T3: mezcla de lombricomposta: arena de río: grava en proporción 1:1:1 (v/v/v) con manejo orgánico (ORG-LAG); y como testigo T4: arena de río con manejo químico (QUIM-AR). El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar. El tratamiento ORG-LOM fue el que mostró los mejores resultados, altura promedio de planta de 192.6 cm, diámetro de tallo de 19.1 mm, número de flores y frutos de 33.84 y 35.8% respectivamente del total obtenido, y rendimiento por planta de 616.41 g, además, el peso de fruto fue de 7.8 g, con longitud de 35.7 mm, diámetro de 25.76 mm, grosor de pericarpio de 2.08 mm y número de lóculos de 3.44. En todas las variables evaluadas el tratamiento con sustrato lombricomposta al 100% y manejo orgánico (ORG-LOM) fue el que mejores resultados obtuvo.

Palabras clave: Abonos orgánicos, crecimiento, Oaxaca, rendimiento, trópico húmedo.

ABSTRACT. The indiscriminate use of chemical fertilization in agricultural production has caused serious damage to the environment, so organic production alternatives are sought, which have positive effects on crop yield and quality. The objective of the present research was to evaluate the use of different substrates in the growth, yield and quality of the Chichen Itzá hybrid habanero pepper in greenhouse, establishing four treatments with the following substrates and mixtures: T1: 100% earthworm humus with organic management (ORG-LOM); T2: earthworm humus mixture: regional soil: gravel in proportion 1:1:1 (v/v/v) with organic management (ORG-LSG); T3: earthworm humus mixture: river sand: gravel in proportion 1:1:1 (v/v/v) with organic management (ORG-BRIFORMPOSTA); and as a control T4: chemically managed river sand (QUIM-AR). The experiment was established under a design of random complete blocks. The ORG-LOM treatment showed the best results, average plant height of 192.6 cm, stem diameter of 19.1 mm, number of flowers and fruits of 33.84 and 35.8% respectively of the total obtained, and yield per plant of 616.41 g, In addition, the fruit weight was 7.8 g, with length of 35.7 mm, diameter of 25.76 mm, pericarp thickness of 2.08 mm and number of lobules of 3.44. In all the variables evaluated, treatment with 100% earthworm humus substrate and organic management (ORG-LOM) was the best.

Key words: Organic fertilizers, growth, Oaxaca, yield, humid tropics.

INTRODUCCIÓN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es una hortaliza de fruto apreciada por su sabor y picor, presenta varios colores del fruto en maduración: amarillo, café, marrón, naranja, rojo y rosado (López-Puc et al. 2020). Para el consumo nacional el color preferido es naranja, para la industria se emplean los colores naranja y amarillo. Aunado a lo anterior, las distintas propiedades que se presentan en los frutos son utilizadas en diferentes rubros como la gastronomía, industria farmacéutica y química, entre otros (FIRCO 2017). El chile habanero es cultivado en los estados de Yucatán (188.24 ha), Tabasco (248.75 ha), Campeche (154.00 ha), Quintana Roo (94.93 ha), Nayarit (68.50 ha) y Sinaloa (296.00 ha) (SIAP 2020).

Sin embargo, la producción del chile habanero no es suficiente para las exigencias del mercado, la cual enfrenta varios retos desde contar con plántulas sanas, vigorosas y de calidad para el trasplante, hasta mejorar la fertilización mineral que podría ser favorecida con el uso de compostas o mejoradores del suelo (Mendoza-Elos et al. 2020). La producción de este cultivo puede ser más eficiente con el empleo de la agricultura protegida, ya que ésta proporciona a los cultivos las condiciones óptimas para su desarrollo. Bajo este sistema de producción, también se pueden mejorar las condiciones ambientales y reducir la incidencia de plagas y enfermedades para el buen desarrollo de los cultivos (Vargas-Canales et al. 2018). Además, los sustratos para la producción de plantas de buena calidad deben contar con buenas características físicas y químicas que les proporcionen a las plantas condiciones adecuadas para su desarrollo (Cabrera 1999).

El uso de los fertilizantes inorgánicos ha ocasionado contaminación al campo y al manto freático debido a que tienden a lixiviarse (González-Reyes et al. 2015). En la fertilización inorgánica se utilizan productos químicos que suelen ser importados (principalmente los nitrogenados), lo que incrementa su precio y eleva los costos de producción, además, el uso constante y excesivo de este tipo de fertilizantes genera efectos negativos que contami-

nan al medio ambiente (Alatorre-Rosas et al. 2015). Una alternativa para obtener alimentos que no dañen a la salud y al medio ambiente, es la producción orgánica en la agricultura, esta actividad no permite el uso de insumos sintéticos y permite solamente insumos naturales en los sistemas productivos (Rizo-Mustelier et al. 2017). Por lo anterior, el objetivo fue conocer el efecto de la lombricomposta y de las mezclas de este sustrato con sustratos regionales en combinación con fertilización orgánica, sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto chile habanero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el área de invernaderos de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Oaxaca (18° 05' 52.8" N, 95° 53' 46.8" O y 38 msnm). Se utilizó el híbrido de chile habanero Chichen Itzá de la empresa Seminis. La siembra se realizó el 06 de septiembre de 2016 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales se desinfectaron previamente con cloro al 5% durante 24 h, se usó como sustrato una mezcla de lombricomposta y peat moss en proporción 1:1 (v/v). Desde la siembra hasta el trasplante se realizaron riegos diarios durante la mañana y la tarde.

El trasplante se realizó a los 45 días después de la siembra. Los sustratos empleados fueron: lombricomposta, suelo de la región, arena de río y grava. Previo al trasplante los sustratos se desinfectaron a baño maría en un tambo de 200 L, al cual se le agregó agua hasta 1/8 de su capacidad. Se dejó a temperatura de 100 °C durante 30 minutos, después se dejó enfriar y proceder a cernir, en una malla de abertura de 11.1 mm, con el fin de obtener un tamaño de partícula más adecuado, cabe mencionar que este último procedimiento no se realizó en la grava. Para realizar las mezclas de los sustratos en proporción 1:1:1, se colocó un plástico en el suelo para poder realizar la mezcla, en una cubeta de volumen conocido (20 L) primero se agregaron 6 cubetas de arena de río, después 6 cubetas de lombricomposta y por último 6 cubetas de grava, posteriormente se realizó la mezcla de los sustratos con una pala hasta

obtener una mezcla homogénea. Después el sustrato se colocó en bolsas negras de polietileno calibre 500, de 30 x 30 cm, a la cual se le aplicó un riego pesado, posteriormente se colocó una plántula por bolsa. Inmediatamente después del trasplante, se aplicó una solución de Captan[®] (2 g L⁻¹) en las plantas con fertilización química y en las plantas con fertilización orgánica se aplicó una solución de *Trichoderma harzianum* (1.2 g L⁻¹) para prevención de hongos en raíces.

La fertilización fue de acuerdo a los tratamientos. El tratamiento QUIM-AR fue fertilizado con la solución nutritiva propuesta por Steiner (1961), suministrada en tres riegos diarios distribuidos a las 7:00 am, 3:00 y 6:00 pm y dos riegos diarios sin solución nutritiva, utilizándose un total de 1 500 L. Desde un día después del trasplante hasta la floración se suministró con una concentración de 50, al 75% desde la floración hasta la fructificación y al 100% desde la fructificación hasta la cosecha.

Para los tratamientos ORG-LOM, ORG-LSG y ORG-LAG, la fertilización consistió en un riego cada 3 días con los bioinsumos Nutripro[®] Forte y Nutripro[®] Xtra Alga a razón de 1 L⁻¹ por producto, en 200 L⁻¹ de agua (Tabla 1), los cuales se alternaron al momento de fertilizar y se apoyó de dos riegos diarios solo con agua.

Tabla 1. Contenido de las soluciones nutritivas empleadas en la fertilización del chile habanero con manejo orgánico.

Elemento	Nutripro [®] Forte (meq L ⁻¹)	Nutripro [®] Xtra Alga (meq L ⁻¹)
N	6.0	4.0
P	0.69	0.57
K	1.23	3.15
Ca	0.10	0.60
Mg	0.08	0.57
S		0.35
Na		2.73
Al	0.05	
Cl	2.10	
Fe	0.38	0.14
Cu	0.16	0.00
Mn	0.01	0.02
Zn	0.24	0.03
B		6.0

A partir de los 80 días después del trasplante, se aplicó cada 5 días en todos los tratamientos fertilización foliar con Aminofit[®] Finishing y Biozyme[®] TF, ambos a dosis de 3 mL L⁻¹. Además, se realizaron aplicaciones preventivas contra plagas en todos los tratamientos con Progranic[®] Nimicide 80 (7.5 mL L⁻¹), CYR[®] Gamma (7.5 mL L⁻¹) y PHC[®] Beatron[®] (2.4 g L⁻¹). Para la prevención de enfermedades fúngicas se realizaron aplicaciones de PHC[®] T-22[®] (1.2 g L⁻¹) con una frecuencia de 7 días.

Se eliminaron todas las hojas que se encontraron por debajo de la primera bifurcación de la planta, con el objetivo de que los nutrientes se concentraran en los botones florales, flores, frutos y hojas aéreas, además de eliminar aquellos brotes laterales improductivos, y así, tener mayor ventilación. El tutoreo consistió en sujetar la base del tallo con un anillo para tutoreo, con rafia agrícola, el cual fue sujeta al sistema de carga del invernadero. Se utilizó el tutoreo de tipo espaldera doble, el cual consistió en la colocación de postes siguiendo la dirección de las hileras de las plantas a una distancia entre estos de 3 metros, después se colocarán 2 rafias agrícola, de tal manera que la primera quede a 1.0 metro de altura y la segunda a 1.40 metros de altura.

La primera cosecha se realizó a los 75 días después del trasplante, recolectándose manualmente aquellos frutos que cumplieran con las características comerciales (tanto verdes como anaranjados). Las posteriores cosechas se realizaron a intervalos de 21 días.

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar. El número de plantas por tratamiento fue de 75 plantas, el tamaño de muestra fue de 15 plantas por tratamiento y cada planta se consideró como una repetición, dentro de un área experimental de 125 m². Se establecieron cuatro tratamientos: T1: lombricomposta al 100% con manejo orgánico (ORG-LOM); T2: mezcla de lombricomposta: suelo regional: grava en proporción 1:1:1 (v/v/v) con manejo orgánico (ORG-LSG); T3: mezcla de lombricomposta: arena de río: grava en proporción 1:1:1 (v/v/v) con manejo orgánico (ORG-LAG); y un

testigo T4: arena de río con manejo químico (QUIM-AR). Las características químicas de los sustratos, se presentan en la Tabla 2, además, se determinó que el suelo regional es franco-arenoso (arena 58.4%, limo 37.3%, arcilla 4.4%).

Variables evaluadas

La altura de planta y diámetro de tallo se midieron cada siete días con un flexómetro y un vernier digital, respectivamente; además se contabilizó el número de flores y frutos por planta. Para las variables de rendimiento y calidad de fruto, la toma de muestras se realizó a 15 plantas por tratamiento, con una frecuencia de 21 días, en un total de seis cortes de frutos. Se determinó el peso de fruto y rendimiento por tratamiento mediante una báscula; en el caso del largo y diámetro de fruto, y grosor de pericarpio, se empleó un vernier digital. También se contó el número de lóculos presentes en cada uno de los frutos.

Análisis estadístico

Todas las variables se evaluaron por medio de un análisis de varianza, para determinar diferencias entre medias de las variables evaluadas se aplicó una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Todos los análisis y la prueba de comparación de medias se realizó con el programa InfoStat (Di-Rienzo *et al.* 2018).

RESULTADOS

Variables morfológicas

Las plantas con los tratamientos ORG-LOM y QUIM-AR presentaron las mayores alturas con 192.6 y 173.4 cm, respectivamente. Se presentaron diferencias entre los tratamientos desde los 66 hasta los 199 ddt ($p \leq 0.001$). El tratamiento menos efectivo fue ORG-LAG, el cual indujo 126.43 cm al final del estudio (Tabla 3). Las plantas que presentaron mayor diámetro de tallo se obtuvieron en los tratamientos ORG-LOM, QUIM-AR y ORG-LSG presentaron 19.1, 16 y 15.7 mm, respectivamente. Se observaron diferencias altamente significativas en todas las edades evaluadas con excepción de los 45 ddt, destacándose ORG-LOM ($p \leq 0.001$). El

tratamiento ORG-LAG promovió las medias más bajas durante todas las edades evaluadas (Tabla 4). La mayor cantidad de flores, se obtuvo en las plantas con el tratamiento de ORG-LOM con 561.53 (33.9% del total obtenido) a lo largo del experimento, le siguieron QUIM-AR con 409.88 (24.7%), ORG-LSG con 387.54 (23.3%), ORG-LAG con 300.01 (18.1%). En ORG-LOM, ORG-LSG, ORG-LAG presentaron su punto máximo entre 87 y 101 días, a diferencia de QUIM-AR que fue de 101 a 108 días (Tabla 5).

Variables de rendimiento y calidad de fruto

La mayor cantidad de frutos se presentó en las plantas con el tratamiento de ORG-LOM con 341.07 (35.8% del total obtenido) a lo largo del experimento, le siguieron QUIM-AR con 306.99 (32.3%), ORG-LSG con 187.75 (19.8%), ORG-LAG con 115.12 (12.1%). La mayor abundancia en el número de frutos se presentó a los 129 y 171 días en ORG-LOM, a diferencia de QUIM-AR en el que se registró entre los 115 y los 122 días (Tabla 5). Para esta variable las plantas evaluadas con el tratamiento de ORG-LOM obtuvo el mayor peso promedio de frutos, con 7.80 g, le siguieron QUIM-AR y ORG-LSG con 5.53 y 5.40 g, respectivamente. El menor peso se registró para ORG-LAG con 4.17 g. En los seis cortes de frutos que se realizaron en el experimento, ORG-LOM siempre fue el que indujo el mayor peso de fruto (Tabla 6). El mayor rendimiento por planta se obtuvo en el tratamiento de ORG-LOM, con 616.41 g, le siguieron QUIM-AR y ORG-LSG con 405.14 y 310.85 g. El menor peso se registró para ORG-LAG con 193.1 g. En los seis cortes de frutos que se realizaron, ORG-LOM siempre presentó el mayor rendimiento (Tabla 6). Los frutos con una mayor longitud se registraron para el tratamiento de ORG-LOM con 35.7 mm, le siguieron QUIM-AR y ORG-LSG con 26.8 y 25.95 mm, respectivamente. La menor longitud se registró para ORG-LAG con 21.22 mm. En los seis cortes que se realizaron en el experimento, ORG-LOM fue el que indujo la mayor longitud de frutos (Tabla 6). El mayor diámetro en frutos se registró en plantas cultivadas con el tratamiento de ORG-LOM con 25.76 mm, le siguieron QUIM-AR y ORG-LSG con 20.35 y 19.09 mm, respectivamente. El diámetro menor se

Tabla 2. Determinación química de los sustratos empleados en la producción de chile habanero híbrido Chichen Itzá bajo condiciones de invernadero.

Determinación	Lombricomposta	Suelo de la región	Arena de río de la región
pH	6.0	4.2	
CE dSm ⁻¹	1.73	0.09	
MO %	42.36	3.03	0.26
CIC cmol (+) kg ⁻¹	38.6		
Da	0.99	1.53	
C:N	22.5		15.1
N %	1.09	9.8	0.01
N inorgánico mgkg ⁻¹			7.4
P %	0.59	36.89	2.07
K %	1.10	40	41
Na %	0.27		36
Ca %	0.55	357	382
Mg %	0.23	88	79.22
Fe %	0.14	49.42	6.94
Cu mgkg ⁻¹	151.20	0.952	0.44
Zn mgkg ⁻¹	162.70	1.61	0.49
Mn mgkg ⁻¹	232.70	4.812	1.65
B mgkg ⁻¹	171.99	1.29	0.88

Tabla 3. Altura de plantas de chile habanero híbrido Chichen Itzá cultivadas con lombricomposta y fertilización orgánica o arena con fertilización convencional en invernadero.

Tratamiento	Altura de planta (cm)									
	Ddt	45 ^{NS}	59*	66***	73***	80***	87***	101***	108***	115***
ORG-LOM	14.03	35.37 ^a	56.40 ^a	80.70 ^a	97.57 ^a	107.90 ^a	118.23 ^b	148.87 ^a	150.85 ^a	155.93 ^a
ORG-LSG	13.53	33.60 ^{ab}	51.23 ^{ab}	69.60 ^b	87.77 ^b	97.34 ^b	106.91 ^c	112.60 ^b	115.60 ^b	114.57 ^b
ORG-LAG	12.30	28.47 ^b	41.00 ^c	55.33 ^c	68.86 ^c	76.91 ^c	84.97 ^d	95.93 ^c	94.87 ^c	97.33 ^c
QUIM-AR	12.13	30.40 ^{ab}	48.67 ^{bc}	73.20 ^{ab}	96.19 ^{ab}	113.78 ^a	131.57 ^a	150.73 ^a	150.80 ^a	153.53 ^a
p-valor	0.1924	0.0117	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	129***	136***	143***	150***	157***	164***	171***	185***	199***	
ORG-LOM	163.07 ^a	162.93 ^a	165.87 ^a	167.90 ^a	175.90 ^a	178.90 ^a	182.47 ^a	186.53 ^a	192.60 ^a	
ORG-LSG	116.97 ^b	127.60 ^b	121.23 ^b	126.43 ^b	128.60 ^b	131.13 ^b	136.93 ^b	140.47 ^b	143.33 ^b	
ORG-LAG	99.53 ^c	99.93 ^c	103.73 ^c	106.37 ^c	112.00 ^b	111.87 ^b	118.73 ^b	119.00 ^c	126.43 ^b	
QUIM-AR	161.27 ^a	157.87 ^a	159.93 ^a	158.33 ^a	164.33 ^a	165.13 ^a	167.87 ^a	170.97 ^a	173.47 ^a	
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	

Ddt = días después del trasplante. ^{NS}, *, **, ***: no significativo a P ≤ 0.05, significativo a P ≤ 0.05, P ≤ 0.01 y P ≤ 0.001, respectivamente. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente (Tukey p ≤ 0.05).

Tabla 4. Diámetro de tallo de chile habanero híbrido Chichen Itzá cultivado con lombricomposta y fertilización orgánica o arena con fertilización convencional en invernadero.

Tratamiento	Diámetro de tallo (mm)									
	Ddt	45 ^{NS}	59*	66***	73***	80***	87***	101***	108***	115***
ORG-LOM	3.02	6.14 ^a	8.30 ^a	9.91 ^a	10.87 ^a	11.45 ^a	12.79 ^a	14.31 ^a	14.21 ^a	15.15 ^a
ORG-LSG	3.16	5.73 ^{ab}	7.63 ^{ab}	8.77 ^{bc}	9.51 ^b	9.83 ^b	11.03 ^b	11.06 ^b	11.16 ^b	12.02 ^b
ORG-LAG	2.87	5.05 ^c	6.67 ^c	7.73 ^c	8.12 ^c	7.93 ^c	9.14 ^c	9.69 ^b	9.68 ^c	10.49 ^c
QUIM-AR	2.68	5.05 ^{bc}	7.37 ^{bc}	9.47 ^{ab}	9.78 ^b	10.26 ^b	12.33 ^a	13.47 ^a	12.89 ^b	13.83 ^a
p-valor	0.0843	0.0006	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	129***	136***	143***	150***	157***	164***	171***	185***	199***	
ORG-LOM	15.15 ^a	15.30 ^a	17.07 ^a	17.00 ^a	16.43 ^a	17.39 ^a	17.93 ^a	19.31 ^a	19.06 ^a	
ORG-LSG	13.43 ^b	13.30 ^a	13.48 ^b	13.38 ^b	13.87 ^{bc}	14.38 ^b	14.84 ^b	15.70 ^b	15.72 ^b	
ORG-LAG	10.82 ^c	10.75 ^b	11.41 ^c	11.41 ^c	12.42 ^c	12.36 ^c	12.52 ^c	13.34 ^c	13.46 ^c	
QUIM-AR	14.30 ^{ab}	14.39 ^a	14.55 ^b	13.95 ^b	14.96 ^{ab}	14.83 ^b	15.39 ^b	16.35 ^b	15.95 ^b	
p-valor	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	

Ddt = días después del trasplante. ^{NS}, *, **, ***: no significativo a P ≤ 0.05, significativo a P ≤ 0.05, P ≤ 0.01 y P ≤ 0.001, respectivamente. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente (Tukey p ≤ 0.05).

Tabla 5. Número de flores y frutos por planta de chile habanero híbrido Chichen Itzá cultivada con lombricomposta y fertilización orgánica o arena con fertilización convencional en invernadero.

Tratamiento	Número de flores/planta									
	45 ^{NS}	59 ^{NS}	66 ^{NS}	73 ^{NS}	80 ^{**}	87 ^{***}	101 ^{***}	108 ^{***}	115 ^{***}	122 ^{**}
ORG-LOM	0.00	0.13	3.67	23.07	51.27 ^a	109.47 ^a	99.13 ^a	44.20 ^{ab}	25.53 ^{ab}	13.47 ^a
ORG-LSG	0.00	0.40	3.27	20.20	41.07 ^{ab}	75.27 ^b	73.53 ^b	10.73 ^b	4.53 ^b	0.93 ^b
ORG-LAG	0.00	0.00	1.53	11.53	26.73 ^b	44.73 ^c	45.93 ^c	14.93 ^b	8.47 ^b	3.80 ^b
QUIM-AR	0.00	0.00	0.27	10.80	26.67 ^b	78.67 ^b	73.33 ^b	82.47 ^a	40.07 ^a	16.80 ^a
p-valor	sd	0.6494	0.0432	0.0235	0.0044	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
Ddt	129 [*]	136 ^{NS}	143 ^{NS}	150 ^{**}	157 ^{***}	164 ^{***}	171 ^{**}	185 [*]	199 ^{**}	
ORG-LOM	8.20 ^{ab}	4.60	13.60	9.13 ^{ab}	29.33 ^a	39.13 ^a	39.33 ^a	25.80 ^a	22.47 ^a	
ORG-LSG	0.67 ^b	0.73	9.27	25.00 ^a	28.80 ^a	27.87 ^a	21.40 ^b	21.87 ^a	22.00 ^a	
ORG-LAG	3.53 ^{ab}	2.60	13.67	26.80 ^a	32.80 ^a	25.80 ^a	17.20 ^b	9.40 ^b	10.60 ^{ab}	
QUIM-AR	15.53 ^a	7.27	6.80 ^a	4.33 ^b	0.87 ^b	1.67 ^b	21.73 ^b	15.33 ^a	7.27 ^b	
p-valor	0.0165	0.1154	0.4851	0.0040	0.0001	0.0001	0.0024	0.0542	0.0001	
	Número de frutos/planta									
Ddt	45 ^{NS}	59 ^{NS}	66 ^{NS}	73 ^{NS}	80 ^{NS}	87 ^{**}	101 [*]	108 ^{***}	115 ^{***}	122 ^{**}
ORG-LOM	0.00	0.00	0.20	3.60	5.60	20.53 ^a	25.87 ^a	22.47 ^a	26.67 ^b	26.73 ^b
ORG-LSG	0.00	0.00	0.20	3.07	5.60	16.20 ^{ab}	27.00 ^a	8.27 ^b	11.47 ^c	12.47 ^c
ORG-LAG	0.00	0.00	0.00	1.27	3.40	9.33 ^b	12.46 ^b	8.20 ^b	9.53 ^c	11.00 ^c
QUIM-AR	0.00	0.00	0.00	0.20	3.73	6.27 ^b	17.13 ^{ab}	26.40 ^a	44.13 ^a	45.27 ^a
p-valor	sd	sd	0.5761	0.0501	0.7157	0.0017	0.0116	0.0001	0.0001	0.0001
Ddt	129 ^{***}	136 ^{***}	143 ^{***}	150 ^{NS}	157 ^{NS}	164 [*]	171 ^{**}	185 ^{***}	199 ^{***}	
ORG-LOM	36.47 ^a	20.27 ^a	20.93 ^a	11.47	14.73	24.40 ^a	43.33 ^a	14.53 ^a	23.27 ^a	
ORG-LSG	13.47 ^b	2.40 ^b	3.00 ^b	10.33	11.27	13.53 ^a	28.80 ^{ab}	6.40 ^b	14.27 ^{ab}	
ORG-LAG	9.67 ^b	3.27 ^b	3.53 ^b	4.80	6.33	7.33 ^a	12.80 ^b	5.40 ^b	6.80 ^b	
QUIM-AR	39.07 ^a	29.00 ^a	29.20 ^a	10.53	11.07	19.13 ^a	7.80 ^b	8.13 ^b	9.93 ^b	
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.4169	0.3064	0.862	0.0083	0.0001	0.0001	

^{NS}, *, **, ***: no significativo a $P \leq 0.05$, significativo a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente (Tukey $p \leq 0.05$).

registró para ORG-LAG con 14.75 mm. En los seis cortes que se realizaron en el experimento, ORG-LOM fue el que promovió el mayor diámetro en frutos (Tabla 6). El mayor grosor de pericarpio se registró para el tratamiento de ORG-LOM con 2.08 mm, le siguieron QUIM-AR y ORG-LSG con 1.82 y 1.56 mm, respectivamente. El menor grosor se registró para ORG-LAG con 1.28 mm. El tratamiento ORG-LSG indujo la producción de frutos con 3.51 lóculos a lo largo del experimento, le siguió ORG-LOM con 3.44, y los tratamientos ORG-LAG y QUIM-AR, ambos con 3.36 lóculos.

DISCUSIÓN

Para las variables morfológicas, el empleo de fertilización orgánica con lombricomposta (ORG-LOM) ocasionó efectos positivos en todas las variables morfológicas y de rendimiento evaluadas, lo cual se puede deber a que la lombricomposta presentó mayor contenido de materia orgánica (42.36%),

capacidad de intercambio catiónico (38.6 $\text{cmol}_{(+)} \text{kg}^{-1}$) y conductividad eléctrica (1.73 dSm^{-1}) que la arena de río y suelo usados como sustratos (Tabla 2). Algunos trabajos previos han demostrado que la aplicación de lombricomposta aumenta la altura de planta, el número de hojas, el área foliar, la biomasa seca de las hojas, el número de frutos y el rendimiento de los cultivos (Lim *et al.* 2015, Jhosi *et al.* 2015). En este estudio, la mayor altura de la planta fue conseguida con los tratamientos ORG-LOM y QUIM-AR, los cuales mostraron igualdad estadística desde los 108 a 199 ddt ($p \leq 0.05$) en comparación con los otros dos tratamientos (Tabla 3). Para chile (*Capsicum annuum*) Anaheim TMR 23, Nieto *et al.* (2002) reportan que con el uso de composta se tuvo mayor altura en las plantas. También se observó que el diámetro de tallo (mm) presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos en todas las edades evaluadas ($p \leq 0.001$), destacando ORG-LOM. Al respecto, Beltrán-Morales *et al.* (2016) afirman que con la aplicación de vermicom-

Tabla 6. Rendimiento y calidad de fruto por planta de chile habanero híbrido Chichen Itzá cultivado con lombricomposta y fertilización orgánica o arena con fertilización convencional en invernadero.

Tratamiento	Peso de fruto (g)						Total
	Corte 1***	Corte 2***	Corte 3***	Corte 4***	Corte 5***	Corte 6***	
ORG-LOM	10.99 ^a	9.04 ^a	8.04 ^a	5.08 ^a	6.57 ^a	7.09 ^a	
ORG-LSG	9.20 ^b	6.98 ^b	2.13 ^b	4.41 ^{ab}	5.36 ^{ab}	4.34 ^b	
ORG-LAG	7.18 ^c	4.90 ^c	1.66 ^b	1.74 ^c	4.95 ^b	4.58 ^b	
QUIM-AR	8.37 ^{bc}	7.70 ^{ab}	7.59 ^a	3.54 ^b	1.49 ^c	4.53 ^b	
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
	Rendimiento por planta (g)						
ORG-LOM	176.91 ^a	147.75 ^a	100.67 ^a	49.54	62.51 ^a	79.03 ^a	616.41 ^a
ORG-LSG	114.75 ^b	71.13 ^b	10.49 ^b	48.69	26.82 ^{bc}	38.97 ^b	310.85 ^b
ORG-LAG	67.25 ^b	39.56 ^b	9.49 ^b	10.56	36.19 ^{ab}	30.05 ^b	193.10 ^b
QUIM-AR	85.92 ^b	133.29 ^a	101.28 ^a	42.61	7.45 ^c	34.59 ^b	405.14 ^{ab}
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0510	0.0001	0.0005	0.0001
	Longitud de fruto (mm)						
ORG-LOM	43.35 ^a	37.20 ^a	36.07 ^a	27.90 ^a	33.70 ^a	36.25 ^a	
ORG-LSG	40.58 ^{ab}	30.68 ^b	10.73 ^b	21.68 ^{ab}	27.39 ^a	24.65 ^b	
ORG-LAG	33.74 ^c	24.08 ^c	8.80 ^b	9.53 ^c	30.53 ^a	20.65 ^b	
QUIM-AR	38.73 ^b	33.18 ^{ab}	35.64 ^a	19.58 ^b	9.40 ^b	24.27 ^b	
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
	Diámetro de fruto (mm)						
ORG-LOM	29.93 ^a	29.44 ^a	26.13 ^a	20.13 ^a	24.82 ^a	24.12 ^a	
ORG-LSG	28.58 ^a	24.15 ^b	7.97 ^b	16.75 ^a	19.99 ^a	17.13 ^b	
ORG-LAG	23.17 ^b	17.78 ^c	6.29 ^b	7.12 ^b	19.95 ^a	14.22 ^b	
QUIM-AR	27.48 ^a	27.47 ^{ab}	27.45 ^a	16.02 ^a	6.62 ^b	17.08 ^b	
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
	Grosor de pericarpio (mm)						
ORG-LOM	2.41 ^a	2.38 ^a	2.10 ^a	1.45 ^a	1.86 ^a	2.31 ^a	
ORG-LSG	2.12 ^b	1.76 ^{bc}	0.72 ^b	1.25 ^a	1.72 ^a	1.82 ^b	
ORG-LAG	1.85 ^b	1.45 ^c	0.56 ^b	0.59 ^b	1.79 ^a	1.47 ^b	
QUIM-AR	2.47 ^a	2.21 ^{ab}	2.25 ^a	1.54 ^a	0.59 ^b	1.85 ^{ab}	
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
	Número de lóculos						
ORG-LOM	3.44	3.52	3.22	3.36	3.67 ^a	3.44	
ORG-LSG	3.49	3.44	3.35	3.62	3.64 ^a	3.52	
ORG-LAG	3.44	3.31	3.21	3.48	3.32 ^b	3.44	
QUIM-AR	3.47	3.44	3.40	3.30	3.19 ^b	3.38	
p-valor	0.2135	0.3216	0.3391	0.3984	0.0001	0.4672	

NS, *, **, ***: no significativo a $P \leq 0.05$, significativo a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.001$, respectivamente. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente (Tukey $p \leq 0.05$).

postas obtuvieron el mayor diámetro de tallo en seis genotipos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cultivados en campo abierto e invernadero. Mientras que López-Arcos *et al.* (2012) también reportan el efecto positivo con la aplicación de lombricomposta sobre el diámetro del tallo, de 0.859 cm (90 ddt) en la planta de chile habanero, aunque menor al 1.145 cm (87 ddt) obtenido en este trabajo, probablemente debido a la aplicación de fertilizantes foliares con contenidos de fitohormonas.

Respecto a las variables de rendimiento y calidad de fruto, las plantas que fueron cultivadas en sustratos con lombricomposta tuvieron mayor carga

de flores y frutos. Esto puede atribuirse a que la lombricomposta proporcionó un suministro equilibrado de nutrientes, lo que pudo haber favorecido una mejor translocación de los fotosintatos de la fuente al sumidero (Naveenkumar *et al.* 2019, Ahmad y Tripathi 2022). Resultado que concuerda con Nieto *et al.* (2002), quienes encontraron que al aplicar composta en el cultivo de chile (*Capsicum annuum*) variedad Anaheim aumentó el número de flores y frutos por planta. El peso de fruto, también se vio influenciado por el uso de lombricomposta, favoreciendo la aportación de nutrientes, obteniendo el mayor peso promedio (7.8 g) con el tratamiento

ORG-LOM. Al respecto, Tucuch-Haas *et al.* (2012) y Mendoza-Elos *et al.* (2020) reportaron un peso de fruto de 6.0 a 4.8 g, respectivamente, los cuales son relativamente menores en comparación con los obtenidos en este trabajo, lo cual se pudo deber a que en este trabajo se utilizó el híbrido Chichen Itzá.

El rendimiento por planta tuvo diferencias significativas ($p \leq 0.001$) entre tratamientos durante los cortes 1 a 3, 5 y 6, destacando ORG-LOM con 616.41 g. Este resultado es menor al obtenido por López-Arcos *et al.* (2012), quienes lograron un rendimiento de 949 g planta⁻¹ al aplicar lombricomposta a las plantas de chile habanero, pero superó en 104% al rendimiento obtenido por Tucuch-Haas *et al.* (2012), de 302.1 g planta⁻¹, lo cual sugiere, que la producción con sustrato lombricomposta puede ser superior que con fertilizantes convencionales. Para las variables de calidad de fruto. De acuerdo con la NOM-189-SCFI-2012 (SE 2012), la mayoría de los frutos cosechados en el experimento alcanzaron la clasificación de tamaño mediano, con 2.12 a 3.57 cm de longitud, acorde con lo que reportaron López-Gómez *et al.* (2017) quienes obtuvieron frutos en el rango de 2.41 a 3.48 cm de longitud, al utilizar varios regímenes nutrimentales con fertilización química. El diámetro de fruto presentó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) entre tratamientos y alcanzó hasta 25.8 mm con el tratamiento ORG-LOM, resultado comparable con los obtenidos por Tucuch-Haas *et al.* (2012) de 25.7 mm, Reyes *et al.* (2014) de 29.1 mm y López-Gómez *et al.* (2017) de 22.9 mm de diámetro.

Para el grosor de pericarpio se presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) entre tratamientos, los valores máximos alcanzados con los tratamientos ORG-LOM y QUIM-AR fueron de 2.08 y 1.82 mm, respectivamente, valores que son superiores a los obtenidos por Mendoza-Elos *et al.* (2020) para chile habanero (Rojo-Campeche-12) quienes reportan un grosor de pericarpio de 1.7

mm. Al respecto Lannes *et al.* (2007) indican que el grosor de pericarpio es un rasgo importante al momento de seleccionar variedades adecuadas para venta en el mercado fresco, frutos con pericarpios más gruesos son más resistentes a las lesiones durante la manipulación postcosecha, además, de tener un aspecto más fresco para el consumidor. En el caso del número de lóculos, los frutos no presentaron diferencias atribuibles al tipo de manejo, sino que parece ser una característica propia del genotipo de chile habanero.

CONCLUSIONES

El cultivo de chile habanero con lombricomposta y fertilizantes orgánicos benefició las variables de crecimiento y rendimiento, en comparación con el uso de fertilización química y sustrato arena de río bajo condiciones de invernadero. El tratamiento ORG-LOM obtuvo un 52.14% más de rendimiento total que el tratamiento QUIM-AR, además, de obtener mejores resultados en altura de planta con un 11 y 19% en el diámetro de tallo, debido a la mayor concentración de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica presente en la Lombricomposta que se ve reflejado en el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, el uso de lombricomposta es una buena alternativa para la producción orgánica de chile habanero bajo invernadero.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto (PRODEP) "Evaluación de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con fertilización orgánica y su rentabilidad económica bajo condiciones de invernadero en Loma Bonita, Oaxaca" por el apoyo económico.

LITERATURA CITADA

Alatorre-Rosas R, Quero-Carrillo AR, Miranda-Jiménez L, Ramírez-Alarcón S, Villanueva-Verduzco C, Jarquín-Nieto IA, Villanueva-Sánchez E (2015) Biofertilizantes: la solución a la productividad en el campo. Universidad Autónoma Chapingo-Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México, México. 147p.

- Ahmad M, Tripathi SK (2022) Effect of integrated use of vermicompost, FYM and chemical fertilizers on soil properties and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Alluvial soil. *The Journal of Phytopharmacology* 11: 101-106.
- Beltrán-Morales FA, García-Hernández JL, Ruiz-Espinoza FH, Valdez-Cepeda RD, Preciado-Rangel P, Fortis-Hernández M, González-Zamora A (2016) Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3: 143-149.
- Cabrera RI (1999) Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 5-11.
- Di-Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW (2018) InfoStat, Statistical Software, 2018. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. www.infostat.com.ar. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2020.
- FIRCO (2017) Chile habanero, con denominación de origen. Fideicomiso de Riesgo Compartido. <https://www.gob.mx/firco/articulos/chile-habanero-con-denominacion-de-origen?idiom=es>. Fecha de consulta: 1 de abril 2021.
- González-Reyes F, González-Cortés JC, Álcala de Jesús M, Ramírez-Mandujano CA (2015) Producción sostenida de maíz, utilizando fertilización mixta en agroecosistemas de temporal. *Ciencia Nicolaita* 65: 139-164.
- Joshi R, Singh J, Vig AP (2015) Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14: 137-159.
- Lannes SD, Finger FL, Schueler AR, Casali VW (2007) Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruit. *Scientia Horticulturae* 112: 266-270.
- Lim SL, Wu TY, Lim PN, Shak KPY (2015) The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95: 1143-1156.
- López-Arcos M, Poot-Matu JE, Mijangos-Cortez MA (2012) Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12: 307-312.
- López-Gómez JD, Villegas-Torres OG, Sotelo-Nava H, Rodríguez-López MA, Martínez-Fernández E (2017) Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutricional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 1747-1758.
- López-Puc G, Rodríguez-Rodríguez JD, Ramírez-Sucre MO, Rodríguez-Buenfil IM (2020) Manejo agronómico y los factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas del cultivo de chile habanero. En: *Metabolómica y cultivo del chile habanero (Capsicum chinense Jacq) de la Península de Yucatán*. CIATEJ. México. pp: 4-23.
- Mendoza-Elos M, Zamudio-Álvarez L, Cervantes-Ortiz F, Chable-Moreno F, Frías-Pizano J, Gámez-Vázquez A (2020) Rendimiento de semilla y calidad de fruto de chile habanero con fertilización química y orgánica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 1749-1761.
- Naveenkumar S, Gobi R, Stalin P, Sathiyamurthi S (2019) Sustainable agronomic approaches for enhancing growth and yield of rice. *Plant Archives* 19: 609-612.
- Nieto-Garibay A, Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, Larrinaga-Mayoral JA, García-Hernández JL (2002) El uso de composta como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27: 417-421.

- Reyes-Ramírez A, López-Arcos M, Ruiz-Sánchez E, Latournerie-Moreno L, Pérez-Gutiérrez A, Lozano-Contreras MG, Zavala-León MJ (2014) Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia* 48: 285-294.
- Rizo-Mustelier M, Vuelta-Lorenzo DR, Lorenzo-García AM (2017) Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC* 2: 106-120.
- SE (2012) Norma Oficial Mexicana NOM-189-SCFI-2012, Chile habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum chinense* Jacq.) Especificaciones y métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación*. Primera sección. México. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5277721&fecha=15/11/2012gsc.tab=0. Fecha de consulta: 30 de noviembre 2016.
- SIAP (2020) Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: 4 de abril de 2021.
- Steiner AA (1961) A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.
- Tucuch-Haas CJ, Alcántar-González G, Ordaz-Chaparro VM Santizo-Rincón JA, Larqué-Saavedra A (2012) Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones NH₄⁺/NO₃⁻ y tamaño de partícula de sustratos. *Terra Latinoamericana* 30: 9-15.
- Vargas-Canales JM, Palacios-Rangel MI, Aguilar-Ávila J, Ocampo-Ledesma J, Medina-Cuellar SE (2018) Efficiency of small enterprises of protected agriculture in the adoption of innovations in México. *Estudios Gerenciales* 34: 52-62.