

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Postharvest of *Coriandrum sativum* grown on substrates with vermicompost and different season of the year

Poscosecha de *Coriandrum sativum* cultivado en sustratos con lombricomposta en diferente estación del año

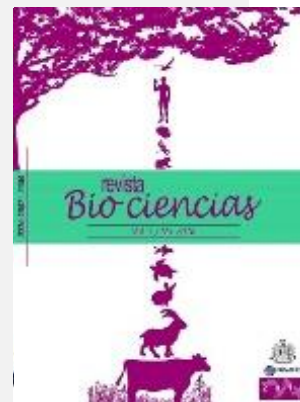
Authors/Autores: Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Alcaraz-Osona, G.
ID: e398

DOI: <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.05.01.22>

Received/Fecha de recepción: November 8th 2017.

Accepted /Fecha de aceptación: March 14th 2018.

Available online/Fecha de publicación: November 21st 2018.



Please cite this article as/Citar como: Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Alcaraz-Osona, G. (2018) Postharvest of *Coriandrum sativum* grown on substrates with vermicompost and different season of the year. *Revista Bio Ciencias* 5(1), e398. doi: 10.15741/revbio.05.01.22

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Poscosecha de *Coriandrum sativum* cultivado en sustratos con lombricomposta en diferente estación del año

Postharvest of *Coriandrum sativum* grown on substrates with vermicompost and different season of the year

Elia Cruz Crespo*, Álvaro Can Chulim, Gustavo, Alcaraz Osuna

Posgrado en Maestría en Ciencias Biológicas Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Nayarit, México.

*Autor corresponsal: Elia Cruz Crespo. km 9 Carretera Tepic-Compostela, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México. email: ccruzc2006@yahoo.com.mx

RESUMEN

La lombricomposta en mezcla con otros materiales se puede usar como sustrato; no obstante, el efecto sobre el contenido de compuestos fenólicos, actividad antioxidante y características de calidad del cilantro, que tiene consumo importante en México, se tienen pocos estudios, además reportes en otros productos difieren en los resultados. También, no se cuenta con información sobre el efecto de la estación del año sobre estos compuestos y en la calidad, lo cual puede contribuir a mejoras en el manejo en cierta época. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la lombricomposta en mezcla con tezontle, pumita o cascarilla de arroz y en sustratos sin mezclar, más solución nutritiva, en la estación de otoño e invierno, sobre el contenido de compuestos fenólicos, actividad antioxidante y características de calidad poscosecha de cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Los tratamientos se formaron por un arreglo factorial entre 11 sustratos y dos estaciones del año, con un diseño experimental completamente al azar y 10 repeticiones. Se concluyó que la lombricomposta más riego con agua, y las mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz, más solución nutritiva al 50 % incrementaron el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante, en relación a los sustratos sin mezclar, donde la proporción 65:35 registró el valor mayor de flavonoides y actividad antioxidante; mas las características de calidad poscosecha tal

como pérdida de peso y vida de anaquel, no se favorecieron. En la estación de invierno incrementó sólo el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante.

PALABRAS CLAVE

Sustratos, cascarilla de arroz, pumita, fenoles, antioxidantes.

ABSTRACT

The vermicompost in mixture with other materials can be used as a substrate; however, there exist few studies about the effect on the content of phenolic compounds, antioxidant activity and quality characteristics of coriander, which has a high consumption in Mexico. Furthermore, reports on other products differ in the results. There is also no information on the effect of the season of the year on these compounds and on the quality, which could contribute to improvements in management at a certain season. The objective of the present work was to evaluate the effect of vermicompost in mixture with volcanic sand, pumice or rice husk, and in unmixed substrates, plus nutrient solution, in the autumn and winter season, on the content of phenolic compounds, antioxidant activity and postharvest quality characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). The treatments were formed by a factorial arrangement between 11 substrates and two seasons of the year, with a completely randomized experimental design and 10 repetitions. It was concluded that the vermicompost plus water, and the mixtures of vermicompost with volcanic sand, pumice or rice husk, plus Steiner nutrient solution at 50 % of original strength, increased the content of total phenols, flavonoids and antioxidant activity in relation to the unmixed substrates, where the proportion 65:35 recorded the highest value of flavonoids and antioxidant activity; besides, post-harvest quality characteristics such as weight loss and shelf life were not favored. In the winter season only the content of total phenols, flavonoids and antioxidant activity increased.

KEYWORDS

Substrates, rice husk, pumice, phenols, antioxidants.

INTRODUCCIÓN

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta aromática, y de sus frutos se obtiene aceite esencial; tiene consumo importante en México y a nivel mundial por su contenido de fenoles y actividad antioxidante, que previenen diversas enfermedades (Barros *et al.*, 2012). Su cultivo se puede realizar en sustratos, donde la lombricomposta es un componente importante en las mezclas de sustratos, debido a que favorece el crecimiento y rendimiento de cultivos como hortalizas, gramíneas, ornamentales (Morales-Corts *et al.*, 2014; Sarangthem *et al.*, 2015; OO *et al.*, 2015; Acosta-Durán *et al.*, 2017) por el aporte de macro y micronutrientes, hormonas del crecimiento y microflora fijadora (Barik *et al.*, 2011; Joshi *et al.*, 2015). Además, la presencia de ácidos húmicos en la lombricomposta promueve la síntesis de compuestos fenólicos (Theunissen *et al.*, 2010). No obstante, en algunos estudios se incluyó solución nutritiva complementaria (Cruz-Crespo *et al.*, 2012). Otros autores reportan que la lombricomposta en diferentes proporciones (20 y 40 % v/v) en el medio de crecimiento incrementó el contenido de compuestos fenólicos, y se observó correlación positiva con la actividad antioxidante, tal como ocurrió en *Capsicum annum* (Cruz-Crespo *et al.*, 2015). No obstante, Luján-Hidalgo *et al.* (2015) encontraron en *Annona purpurea* disminución de los compuestos fenólicos y de la actividad antioxidante con la adición de lombricomposta.

Para la selección de sustratos uno de los criterios a considerar es que se encuentren disponibles en la región o zona (Cruz-Crespo *et al.*, 2013). En Tepic, Nayarit se encuentran en abundancia lombricompostas, materiales minerales volcánicos tal como la pumita y el tezontle, y la cascarilla de arroz derivada de la industria arrocera en el estado, los cuales poco se han estudiado como sustratos para el crecimiento de plantas. Estos materiales son inertes, pero difieren en sus propiedades físicas lo que pudiera afectar la calidad de los cultivos, que aunque no se reporta información suficiente al respecto, si se ha observado efecto de las propiedades físicas sobre el rendimiento (Cruz-Crespo *et al.*, 2014).

En relación a las características de calidad del cilantro la apariencia de fresca, color, vida de anaquel, ausencia de pudriciones o amarillamiento es determinante (Waghmare y Annapure, 2015; Msaada *et al.* 2017). No obstante, se señala que los factores precosecha tal como la nutrición influyen en las características de la calidad poscosecha

de productos agrícolas diversos, y en el contenido de compuestos tal como los fenoles y consecuente efecto en la actividad antioxidante (Rebogile *et al.*, 2014; Kojo-Arah *et al.*, 2015; Das *et al.*, 2017). Es importante señalar que estudios en relación a los abonos orgánicos, tal como la lombricomposta, en contenedor sobre la vida poscosecha, contenido de fenoles y actividad la actividad antioxidante de diversos productos agrícolas se han estudiado poco, y más aun en plantas aromáticas, tal como en cilantro el cual es de consumo importe en México. También, poco se señala del efecto de la estación del año sobre estas variables, lo cual puede indicar cambios en las prácticas de cultivo de acuerdo a ésta (Raffo *et al.*, 2006). Por lo anterior, el objetivo fue comparar el contenido de fenoles totales, flavonoides, actividad antioxidante, y características de calidad como color, pérdidas de peso y vida de anaquel de cilantro cultivado en mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz, y en los sustratos sin mezclar, más solución nutritiva complementaria, en las estaciones de otoño e invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en un invernadero ubicado en Xalisco, Nayarit, México, a 21° 25' 31.6" latitud, 104° 53' 30.5" longitud y 974 m de altitud. Esto en dos estaciones del año, otoño e invierno. En otoño, la siembra se llevó a cabo el 5 de septiembre y el trasplante 30 días después (1 de octubre de 2013); en este periodo la intensidad de luz promedio fue de 390 $\mu\text{mol fotón m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con desviación estándar de 10.22, temperatura máxima y mínima de 40 y 19 °C, y humedad relativa máxima y mínima de 94 y 39 %. En invierno se sembró el 12 de enero y se trasplantó el 5 de febrero de 2014, donde la intensidad de luz fue de 355 $\mu\text{mol fotón m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con desviación estándar de 6.05, temperatura máxima y mínima de 34 °C y 7.8 °C, y humedad relativa máxima y mínima de 85 y 10 %.

En la siembra se colocaron cinco semillas de cilantro 'Pakistan', de tamaño homogéneo, en cada cavidad de charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, con dimensiones 66.4 cm de largo x 33.5 cm de ancho x 7.0 cm de alto; se utilizó semilla certificada y se obtuvieron a través de la casa comercial Hidroenvironment. Se sembraron en total 11 charolas; estas rellenas del sustrato Sunshine 3[®], el cual es una mezcla de turba canadiense más vermiculita 1:1 v/v. Cada charola se regó diario con solución de

Steiner (1984) al 25 % de concentración iónica, con un volumen de 200 a 650 mL por charola, esto de acuerdo con el crecimiento de la plántula y la condición de clima. El pH de esta solución fue de 6.5 y CE de 0.25 dS•m². Cuando las plántulas alcanzaron 5 cm de altura se trasplantaron a macetas de polietileno negro de 20 x 20 cm calibre 600 que contenía el sustrato correspondiente: lombricomposta (L), tezontle (T), pumita (P) y mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz (LT, LP, LC) de acuerdo a la Tabla 1. Las propiedades físicas de los sustratos L, T y P fueron espacio poroso total (%): 71, 80, 67; capacidad de aireación (%): 5.4, 46.6, 18.5; capacidad de retención de agua (%): 66, 34, 49, respectivamente.

Después, las macetas con L, T y P fueron regadas con solución de Steiner al 75 %, pH de 6.5 y CE de 1.5 dS•m² por ser la más idónea para cultivo de cilantro en sustrato inerte (Cruz-Crespo *et al.*, 2017), en tanto que el sustrato L se regó con agua de la llave, dado el aporte nutrimental natural de la lombricomposta, y las mezclas LT, LP y LC se regaron con solución de Steiner al 50 %, como aporte nutrimental complementario, cuyo pH fue 6.6 y CE 1.0 dS•m² (Tabla 1).

La solución de Steiner se preparó con CaNO₃ Yara Liva[®], KNO₃ Ultrasol[®], MgSO₄ Sulmag[®], K₂SO₄ Vitagrow[®] y KH₂PO₄, Peñoles[®]; los micronutrientes se suministraron con el producto comercial Ultrasolmicro[®]; el pH de la solución se ajustó a 6. La presentación de los fertilizantes fue en costales de 25 kg, y los micronutrientes de 1 kg. El control fitosanitario fue preventivo mediante aplicación de 1 g•L⁻¹ de Captan[®] a los 5 y 15 después del trasplante (ddt). A los 30 ddt, de cada maceta se cortó a nivel del sustrato todo el follaje, a las 7:00 am; inmediatamente, se introdujo en bolsas transparentes de polietileno 20 x 30 cm con 10 perforaciones circulares de 5 mm de diámetro, distribuidas uniformemente, y se almacenaron a 5 °C y 85 % HR. Después de 3, 6, 9 y 12 días después de cosecha (ddc) se evaluó la pérdida de peso, vida de anaquel y color (luminosidad, hue y croma).

Table 1. Treatments in 'Pakistan' coriander grown in greenhouse.

Tabla 1. Tratamientos en el cultivo de cilantro 'Pakistán' en invernadero.

Substrates	Irrigation	Abbreviation
Volcanic sand 100 %	NS 75 %	VS*
Pumice 100 %	NS 75 %	P
Vermicompost 100 %	Water	V
Vermicompost:volcanic sand 80:20	NS 50 %	VVS 80:20
vermicompost:pumice 80:20	NS 50 %	VP 80:20
Vermicompost:rice husk 80:20	NS 50 %	VRH 80:20
Vermicompost:volcanic sand 65:35	NS 50 %	VVS 65:35
Vermicompost:pumice 65:35	NS 50 %	VP 65:35
Vermicompost:rice husk 65:35	NS 50 %	VRH 65:35
Volcanic sand:Vermicompost 80:20	NS 50 %	VSV 80:20
Pumice:vermicompost 80:20	NS 50 %	PV 80:20

Volcanic sand; P = pumice; V = vermicompost; VVS 80:20 = vermicompost 80 % and volcanic sand 20 %; VP 80:20 = vermicompost 80 % y 20 % pumice; VRH 80:20 = vermicompost 80 % and rice husk 20 %; VVS 65:35 = vermicompost 65 % and volcanic sand 35 %; VP 65:35 = vermicompost 65 % and pumice 35 %; VRH 65:35 = vermicompost 65 % and rice husk 35 %; VSV 80:20 = volcanic sand 80 % and vermicompost 20%; PV 80:20 = pumice 80 % and vermicompost 20 %; NS = nutrient solution; dat = days after the transplant.

T= tezontle; P = pumita; L = lombricomposta; LT 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % tezontle; LP 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % pumita; LC 80:20 = lombricomposta 80 % y cascarilla de arroz 20 %; LT 65:35 = lombricomposta 65 % y tezontle 35 %; LP 65:35 = lombricomposta 65 % y pumita 35 %; LC 65:35 = lombricomposta 65 % y cascarilla de arroz 35 %; TL 80:20 = tezontle 80 % y lombricomposta 20%; PL 80:20 = pumita 80 % y lombricomposta 20 %; SN = solución nutritiva.

También, al momento de la cosecha (30 ddt), se separó planta para la determinación del contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides y actividad antioxidante. Para esto, 2 g de folíolos de hojas maduras tomadas al azar, se colocaron en 15 mL de etanol

anhidro a 60 % en frasco hermético, y se mantuvieron a una temperatura de 5 °C por 24 h de acuerdo a Chizzola *et al.* (2008) y Boudhrioua *et al.* (2009). Posteriormente, se filtró y se almacenó en refrigeración a 5 °C para realizar el análisis después. Las variables evaluadas que se llevaron a cabo fueron las siguientes:

Pérdidas de peso. Se registró el peso del follaje de cilantro cada tercer día, mediante una balanza electrónica de tres decimales AND (Modelo GX-2000, California, USA); los resultados se expresaron en porcentaje acumulado, con respecto al peso inicial (%).

Vida de anaquel. Se evaluó en el follaje donde se obtuvo la pérdida de peso, y se expresó en días. Se consideró término de vida en anaquel cuando el 50 % del total del follaje presentó amarillamiento, y síntomas de pudrición o marchitez, que corresponde al número cinco de la escala según UCDAVIS (2018).

Color. Se midió en el follaje donde se evaluó la pérdida de peso. Se registraron lecturas de L (luminosidad), a (tonalidades de color verde al rojo) y b (tonalidades del amarillo al azul) con un colorímetro HUNTERLAB (Modelo D25-PC2, Reston, USA). Con estos parámetros se calculó el ángulo $^{\circ}\text{hue} = \tan^{-1} b/a$ y croma = $(a^2+b^2)^{1/2}$.

Contenido de fenoles totales. Se determinaron mediante el método de Folin-Ciocalteu (FRC) de acuerdo a Chizzola *et al.* (2008). Para esto a 0.5 mL del extracto se agregó 1 mL de etanol anhidro 95 %, 5 mL de agua destilada y 0.5 mL de FRC diluido con agua destilada 1:10, v/v. Después de cinco minutos de reacción, se agregó 1 mL de solución de carbonato de sodio 5 %. Las muestras se colocaron en obscuridad por 30 min, después se leyó la absorbancia a 725 nm en un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Fisher Scientific Modelo Genesys™20. El blanco se preparó siguiendo el mismo procedimiento, sin agregar el extracto. El contenido total de compuestos fenólicos se expresó en g de equivalentes de ácido cafeico (EAC) por 100 g de follaje fresco (g EAC/100g).

Contenido de flavonoides. Se determinó de acuerdo a Socha *et al.* (2009). Para esto a 1 mL del extracto, se adicionó 5 mL de agua destilada, 0.3 mL de solución de nitrato de sodio al 5 % y 0.3 mL de solución de cloruro de aluminio 4 %. Después de cinco minutos de reacción se agregó 2 mL de hidróxido de sodio (1 M) y agua destilada hasta completar 10 mL. La absorbancia se leyó a 510 nm en un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Fisher Scientific Modelo Genesys™20. El blanco se preparó sustituyendo el extracto de

la muestra por etanol anhidro. Los resultados se expresaron en g de equivalentes de quercetina (EQ) por 100 g de material fresco de la planta (g EQ/100g).

Actividad antioxidante. Se determinó de acuerdo al procedimiento descrito por Chizzola *et al.* (2008) y, Scherer y Texeira (2009). Se tomó 400 μ L del extracto y se ajustó a 1 mL con metanol anhidro 50 %, se agregó 1 mL de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) (2.43×10^{-4} mM). Las muestras se colocaron en obscuridad por 30 minutos y se leyó la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Fisher Scientific Modelo GenesysTM20.). El blanco se preparó con 500 μ L de Trolox 2.5 mM más 500 μ L de metanol, y se agregó 1 mL del reactivo DPPH.

Análisis de datos. El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial 11 x 2, donde el primer factor consistió de 11 sustratos y el segundo factor dos estaciones del año. Se utilizaron 10 repeticiones. La unidad experimental fue el follaje total que se obtuvo de una maceta. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza con el programa SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2009) y prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interacción de sustrato con estación del año. El análisis de varianza indicó la existencia de interacciones para las variables pérdidas de peso, vida de anaquel y fenoles totales. No obstante, al comparar los efectos simples del factor estación del año dentro de los niveles del factor sustrato, los resultados fueron incompatibles con una interacción significativa. En este contexto los resultados de las diferentes variables se explicaron sólo en función de cada factor estudiado.

Efecto del factor sustrato. A excepción de pérdidas de peso y vida de anaquel, las demás variables presentaron tendencias similares desde los 6 ddc, por lo que se muestran sólo resultados a los 12 ddc.

En la variable color los sustratos LT 65:35, LP 65:35, LC 65:35 y TL 80:20 obtuvieron el menor hue, pero mayor valor del croma y luminosidad; esto indicó un color verde menos intenso de las hojas del cilantro, en comparación a los demás sustratos. Los sustratos sin mezclar T, P y L presentaron en promedio 2.3 % menor pérdida de peso y la máxima vida

de anaquel que fue de 11.5 días, en relación a los sustratos en mezcla con la lombricomposta, lo cual fue congruente con la correlación negativa entre ambas variables ($r=0.6235$; $p\leq 0.0019$) (Tabla 2). Sin embargo, UCDAVIS (2018) señala que la vida de anaquel de la mayoría de las hierbas, como el cilantro, es de 14 días a 5 °C; en contraste con el presente trabajo la vida de anaquel fue menor por 2.5 días. Los resultados anteriores indican que la pérdida de peso y el cambio de color afectan la calidad de los productos frescos, disminuyendo la vida en anaquel (Díaz-Pérez *et al.* (2006) y Smith *et al.* (2006).

En general, a la lombricomposta se le atribuye mejorar o mantener la calidad de los cultivos debido al suministro de nutrientes y estimulación del desarrollo (Félix-Herrán *et al.* 2010). Al respecto, Hernández-Fuentes *et al.* (2010) reportaron menor pérdida de peso en almacén y sin diferencias de color en pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cultivado en sustratos que incluyeron la lombricomposta, en comparación a la fertilización química. De la Cruz *et al.* (2009) indicaron que la calidad de frutos de tomate no se vio afectada por la adición de lombricomposta en el medio de crecimiento en diferentes proporciones, y riego sólo con agua. En la presente investigación se observó en general, que la lombricomposta en mezcla con otros sustratos no favoreció la vida de anaquel del cilantro (Tabla 2). El riego de las mezclas de sustratos con la solución nutritiva al 50 %, posiblemente incrementó la concentración nutrimental en el medio, lo que pudo afectar estas variables de calidad del cilantro.

En relación a la concentración nutrimental, el nitrógeno es un elemento mineral que en exceso puede resultar en disminución de la firmeza y por lo tanto en menor vida de anaquel en diferentes productos hortícolas (Ruiz *et al.*, 2004; Vicente *et al.*, 2009).

Hoque *et al.* (2004) evaluaron 0, 112, 225, and 338 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N y P en cultivo de lechuga, y encontraron que la vida de anaquel disminuyó conforme el incremento de N; mientras que con la aplicación de P la vida de anaquel fue mayor con 225 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

La solución nutritiva de Steiner al 50 % en el presente trabajo implicó el suministro de N y otros nutrimentos como fertilización complementaria en las mezclas de sustratos, que pudieron influir en estas variables de calidad; por esto, se recomienda la evaluación de las mezclas de lombricomposta con otros sustratos y riego sólo con agua, y con solución nutritiva de Steiner a concentración menor del 50 %.

Table 2. Weight losses, shelf life, color components of coriander 'Pakistan' by effect of substrates and season of the year, 12 days after harvest.

Tabla 2. Pérdidas de peso, vida en anaquel, componentes del color de cilantro 'Pakistán' por efecto de los sustratos y estación del año, 12 días después de cosecha.

Factor	Weight losses %	shelf life (days)	Colour		
			Lightness	Hue %	Chroma
Substrate					
VS	6.66 c	11.50 a	39.40 de	111.42 ab	14.11 d
P	6.73 c	11.50 a	39.79 de	112.11 ab	14.66 d
V	7.64 bc	11.50 a	39.26 de	113.08 a	15.01 d
VVS 80:20	9.14 ab	10.25 b	40.72 bc	110.49 bc	17.61 b
VP 80:20	9.24 ab	10.25 b	41.03 abc	108.42 cd	16.15 c
VRH 80:20	10.52 a	10.25 b	41.25 ab	107.44 de	16.92 bc
VVS 65:35	8.11 ab	10.25 b	41.92 a	102.65 g	19.16 a
VP 65:35	9.84 ab	10.25 b	41.68 a	104.60 fg	19.34 a
VRH 65:35	9.52 ab	10.00 b	41.80 a	105.18 ef	19.33 a
VSV 80:20	9.23 ab	10.25 b	40.24 cd	105.22 ef	19.75 a
PV 80:20	9.57 ab	10.25 b	39.71 de	106.08 ef	19.52 a
SMD	2.28	1.00	0.92	2.51	0.92
Season					
Autumn	5.17 b	11.36 a	41.09 a	105.46 b	20.60 a
Winter	12.32 a	9.77 b	40.15 b	110.30 a	14.23 b
SMD	0.55	0.24	0.23	0.64	0.23
CV	10.07	3.77	1.36	1.40	3.15

In the columns, the same letters indicate no statistical difference (Tukey, $p < 0.05$). VS = Volcanic sand; P = pumice; V = vermicompost; VVS 80:20 = vermicompost 80 % and volcanic sand 20 %; VP 80:20 = vermicompost 80 % y 20 % pumice; VRH 80:20 = vermicompost 80 % and rice husk 20 %; VVS 65:35 = vermicompost 65 % and volcanic sand 35 %; VP 65:35 = vermicompost 65 % and pumice 35 %; VRH 65:35 = vermicompost 65 % and rice husk 35 %; VSV 80:20 = volcanic sand 80 % and vermicompost 20%; PV

80:20 = pumice 80 % and vermicompost 20 %; NS = nutrient solution; dah = days after harvest.

En las columnas, las mismas letras indican que no hubo diferencia estadística (Tukey, $p < 0.05$). T= tezontle; P = pumita; L = lombricomposta; LT 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % tezontle; LP 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % pumita; LC 80:20 = lombricomposta 80 % y cascarilla de arroz 20 %; LT 65:35 = lombricomposta 65 % y tezontle 35 %; LP 65:35 = lombricomposta 65 % y pumita 35 %; LC 65:35 = lombricomposta 65 % y cascarilla de arroz 35 %; TL 80:20 = tezontle 80 % y lombricomposta 20%; PL 80:20 = pumita 80 % y lombricomposta 20 %; SN = solución nutritiva; ddc = días después de cosecha.

Con respecto al contenido de fenoles totales, este fue de valor mayor en el sustrato lombricomposta, y en todas las mezclas con lombricomposta (12.53-13.71 g EAC/100g) (Tabla 3), en comparación a los sustratos T y P. Lo anterior, concuerda con García *et al.* (2005) quienes encontraron en morera (*Morus alba* L.) mayor cantidad de fenoles totales con aplicación de lombricomposta en suelo, que sin la aplicación de la misma. Los beneficios del uso de la lombricomposta también se observaron en el cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) donde se favoreció el aumento de los fenoles totales y actividad antioxidante (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2015). Cruz-Crespo *et al.* (2015) encontraron mayor concentración de fenoles totales y actividad antioxidante en frutos de chile serrano (*Capsicum annum* L.) en sustratos con lombricomposta en 20 y 40 % v/v, en relación al testigo. De los compuestos fenólicos, los flavonoides son el grupo más común (Schieber *et al.*, 2001). En el presente trabajo, el contenido de flavonoides y la actividad antioxidante fueron mayores en las mezclas lombricomposta/tezontle, lombricomposta/pumita y lombricomposta/cascarilla en la proporción 65:35 v/v, más riego con solución nutritiva al 50 %, con correlación positiva entre ambas variables ($r=0.8179$; $p \leq 0.0001$) (Tabla 3), mas no se correlacionaron estas variables con el contenido de fenoles totales.

Table 3. Total phenolic content, flavonoids and antioxidant activity of the coriander plant 'Pakistan' by effect of substrates and season of the year.

Tabla 3. Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de la planta de cilantro 'Pakistán' por efecto de los sustratos y estación del año.

Factor	Total phenolic (g CAE/100g) 30 ddt	Flavonoids (g QE/100g) 30 ddt	Antioxidant activity (% DPPH) 30 ddt
Substrate			
VS	12.45 bc	0.55 cd	33.32 d
P	12.09 c	0.50 d	35.63 d
V	12.53 abc	0.58 c	46.77 c
VVS 80:20	13.42 ab	0.91 b	51.97 c
VP 80:20	13.55 ab	0.87 b	59.62 c
VRH 80:20	12.88 abc	0.90 b	51.97 c
VVS 65:35	13.71 a	1.02 a	66.34 b
VP 65:35	13.68 a	1.03 a	61.61 b
VRH 65:35	13.63 ab	0.98 a	79.59 a
VSV 80:20	12.61 abc	0.86 b	49.86 c
PV 80:20	12.65 abc	0.59 c	50.48 c
SMD	1.2171	0.0676	7.4306
Season			
Autumn	10.98 b	0.12 b	44.77 b
Winter	15.06 a	1.48 a	60.70 a
SMD	0.31	0.0173	1.90
CV	5.60	5.05	8.45

In the columns, the same letters indicate no statistical difference (Tukey, $p < 0.05$). VS = Volcanic sand; P = pumice; V = vermicompost; VVS 80:20 = vermicompost 80 % and volcanic sand 20 %; VP 80:20 = vermicompost 80 % y 20 % pumice; VRH 80:20 = vermicompost 80 % and rice husk 20 %; VVS 65:35 = vermicompost 65 % and volcanic sand 35 %; VP 65:35 = vermicompost 65 % and pumice 35 %; VRH 65:35 = vermicompost 65 % and rice husk 35 %; VSV 80:20 = volcanic sand 80 % and

vermicompost 20%; PV 80:20 = pumice 80 % and vermicompost 20 %; NS = nutrient solution; dat = days after the transplant.

En las columnas, las mismas letras indican que no hubo diferencia estadística (Tukey, $p < 0.05$). T= tezontle; P = pumita; L = lombricomposta; LT 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % tezontle; LP 80:20 = lombricomposta 80 % y 20 % pumita; LC 80:20 = lombricomposta 80 % y cascarilla de arroz 20 %; LT 65:35 = lombricomposta 65 % y tezontle 35 %; LP 65:35 = lombricomposta 65 % y pumita 35 %; LC 65:35 = lombricomposta 65 % y cascarilla de arroz 35 %; TL 80:20 = tezontle 80 % y lombricomposta 20%; PL 80:20 = pumita 80 % y lombricomposta 20 %; SN = solución nutritiva; ddt = días después del trasplante.

De acuerdo a lo anterior, el uso de la lombricomposta más riego con agua, y mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz en proporción 65:35 v/v, más riego con solución nutritiva de Steiner al 50 % es conveniente en el cultivo de cilantro por el incremento de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante; no obstante, las mezclas con lombricomposta más solución nutritiva presentaron la mayor pérdida de peso y menor vida de anaquel. Por tanto, regar con agua o con solución nutritiva en sustratos en mezcla con lombricomposta dependerá del objetivo que se persiga, o en su caso regar con una solución nutritiva de menor concentración iónica, la cual se deberá evaluar previamente.

Efecto del factor estación del año. La pérdida de peso fue mayor para el cilantro que se cultivo en la estación de invierno, y la vida de anaquel fue menor. En tanto, en la estación de otoño los componentes luminosidad y croma obtuvieron mayor valor, mientras que el hue fue menor en relación a invierno, esto indicó un color verde menos intenso de las hojas (Tabla 2). En cambio el contenido de fenoles totales, contenido de flavonoides y actividad antioxidante mostraron el mayor valor en invierno (Tabla 3).

En relación a las características de calidad de los cultivos, Chiesa (2010) indica que es afectada por el estado fisiológico de los cultivos, el cual tiene relación con los diferentes factores precosecha, tal como la temperatura, radiación, fertilización y material genético. Por su parte, Raffa *et al.* (2006) encontraron para tomate tipo cherry variación significativa

en el contenido de compuestos antioxidantes (compuestos fenolicos y vitamina C) y actividad antioxidante, durante seis meses de evaluación; sin embargo, no se detectó tendencia clara por la estación del año, ni correlación entre la actividad antioxidante y compuestos antioxidantes en general, con la radiación solar o temperatura; sin embargo, la temperatura alta de mitad de verano (mes de julio) disminuyó sólo la acumulación de licopeno, un compuesto antioxidante. Routray y Orsat (2014) mencionan que los cambios de la condición ambiental y también las fluctuaciones, probablemente causen el incremento del contenido de fenoles totales y actividad antioxidante.

Por lo anterior, para señalar que la mayor intensidad de la luz, humedad relativa, y en particular la mayor temperatura, y la mayor diferencia entre la temperatura máxima y mínima en otoño, respecto de invierno, pudieron influir para un menor contenido de los fenoles totales, flavonoides y menor actividad antioxidante, requiere de estudio más sistematizado, mas es evidente en general la diferencia entre la estación de otoño e invierno. Por esto, se recomienda estudios posteriores en las cuatro estaciones del año, con registro continuo del clima y muestreos continuos, mas de acuerdo a Raffo et al. (2006) se debe considerar que la evaluación precisa de los efectos de los factores climáticos o época del año en el contenido de fitonutrientes, diversos ensayos de campo a gran escala, durante varios años, y en varias ubicaciones son necesarias.

CONCLUSIONES

Se concluyó que la lombricomposta más riego con agua, y las mezclas de lombricomposta con tezontle, pumita o cascarilla de arroz, más solución nutritiva al 50 % incrementaron el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante, en relación a los sustratos sin mezclar, donde la proporción 65:35 registró el valor mayor de flavonoides y actividad antioxidante; mas las características de calidad poscosecha tal como pérdida de peso y vida de anaquel, no se favorecieron. En la estación de invierno se incrementó sólo el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Durán, C.M., Bahena-Galindo, M.E., Chávez-García, J.A., Acosta-Peñaloza, D. and Solis-Reynoso, M.G. (2017). Vermicompost substrate for Belen (*Impatiens Walleriana* hook. f.) culture. *Revista Bio Ciencias*, 4(5):1-14. DOI: 04.05.04. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.05.04> [Última consulta: 10 de agosto de 2017].
- Barik, T., Gulati, J.M.L., Garnayak, L.M. and Bastia, D.K. (2011). Production of vermicompost from agricultural wastes-a review *Agricultural Reviews*, 31(3):172-183. Disponible en: <http://www.arccjournals.com/uploads/articles/ar313002.pdf> [última consulta: 15 de enero de 2017]
- Barros, L., Dueñas, M., Días, M.I., Sousa, M.J., Santos-Buelga, C. and Ferreira, I.C.F.R. (2012). Phenolic profiles of in vivo and in vitro grown *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry*, 132:841-848. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.11.048
- Boudhrioua, N., Bahloul, N., Slimen, I.B. and Kechaou, N. (2009). Comparison on the total phenol contents and the color of fresh and infrared dried olive leaves. *Industrial Crops and Products*, 29:412-419. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.08.001> [Última consulta: 10 de enero de 2017].
- Chiesa, A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. *Horticultura Argentina*, 29:28-32. Disponible en: <http://cmaps.cmappers.net/rid=1LJSLJST1-3HXVDV-12WQ/factores%20generales%20vegetales%20de%20hoja.pdf> [Última consulta: 19 de febrero de 2017].
- Chizzola, R., Michitsch, H. and Franz, C. (2008). Antioxidative properties of *Thymus vulgaris* leaves: Comparison of different extracts and essential oil chemotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56:6897-6904. DOI: 10.1021/jf800617g
- Cruz-Crespo, E., Sandoval-Villa, M., Volke-Haller, V.H., Can-Chulim, A., y Sánchez-Escudero, J. (2012). Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7):1361-1373. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342012000700006&lng=es&nrm=iso [Última consulta: 19 de febrero de 2017].

- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A. y Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Bio Ciencias*, 2(2):17-26. DOI: <https://doi.org/10.15741/rev%20bio%20ciencias.v2i2.31>
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Bugarín-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., Juárez-López, P. y Alejo-Santiago, G. (2014). Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3):289-295. Disponible en: <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-3/14a.pdf> [última consulta: 18 de febrero de 2017]
- Cruz-Crespo, E., Sumaya-Martínez, M.T., Can-Chulim, A., Pineda-Pineda, J., Bugarín-Montoya, R. and Aguilar-Benítez, G. (2015). Quality, bioactive compounds, and antioxidant activity of serrano chili peppers cultivated in volcanic rock-vermicompost and nutrient solutions. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42(3):375-384. DOI: 10.4067/S0718-16202015000300006
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Loera-Rosales, L.J., Aguilar-Benítez, G., Pineda-Pineda, J. y Bugarín-Montoya, R. (2017). Extracción de N-P-K en *Coriandrum sativum* 'Pakistan' en hidroponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2):355-367. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.56> [Última consulta: 19 de febrero de 2018].
- Das, S., Hussain, N., Gogoi, B., Buragohainb, A.K. and Bhattacharyaa, S.S. (2017). Vermicompost and farmyard manure improves food quality, antioxidant and antibacterial potential of *Cajanus cajan* (L. Mill sp.) leaves Subhasish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97:956–966. DOI: 10.1002/jsfa.7820
- De la Cruz, L., Estrada, M., Robledo, V., Osorio, R., Márquez, C. y Sánchez, R. (2009). Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia*, 25:59-67. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v25n1/v25n1a4.pdf> [última consulta: 18 de febrero de 2017].
- Díaz-Pérez, J.C., Muy-Rangel, M.D. and Mascorro, A.G. (2006). Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum Annuum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87:68-73. DOI: 10.1002/jsfa.2672

- Félix-Herrán, J.A., Serrato-Flores, R., Armenta-Bojorquez, A.D., Rodríguez-Quiroz, G., Martínez-Ruiz, R., Azpiroz-Rivero, H.S. y Olalde-Portugal, V. (2010). Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Ra Ximhai*, 6(1):105-113. Disponible en: <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/17891/17066> [Última consulta: 25 de mayo de 2017].
- García, D.E., Medina, M.G. y Ojeda, F. (2005). Efecto de la fertilización orgánica, la variedad y la época en el perfil polifenólico de *Morus alba* (L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9:69-85. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83790205> [última consulta: 22 de junio de 2017].
- Hernández-Fuentes, A.D., Campos-Montiel, R y Pinedo-Espinoza, J.M. (2010). Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) Var. California por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(1):82-91. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315093011> [Última consulta: 22 de junio de 2017].
- Hoque, M., Ajwa, H. and Mou, B. (2004). Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization effects on nutritional composition of lettuce. *HortScience*, 39(4): 872. Disponible en: <http://hortsci.ashspublications.org/content/39/4/872.3.short> [Última consulta: 10 de enero de 2017].
- Joshi, R., Singh, J. and Vig, A.P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and BioTechnology*, 14(1):137-159. DOI: 10.100/s11157-014-9347-1
- Kojo-Arah, I., Amaglo, H., Kodzo-Kumah, E. and Ofori, H. (2015). Preharvest and postharvest factors affecting the quality and shelf life of harvested tomatoes: A mini review. *International Journal of Agronomy*, 1-6.
- Luján-Hidalgo, M.C., Pérez-Gómez, L.E., Abud-Archila, M., Meza-Gordillo, R., Ruiz-Valdiviezo, V.M., Dendooven, L. and Gutierrez-Miceli, F.A. (2015). Growth, phenolic content and antioxidant activity in chincuya (*Annona purpurea* Moc & Sesse ex Dunal)

cultivated with vermicompost and phosphate rock. *Compost Science & Utilization*, 23:276–283. DOI: 10.1080/1065657X.2015.1046617

Morales-Corts, M.R., Gómez-Sánchez, M.A. and Pérez-Sánchez, R. (2014). Evaluation of green/pruning wastes compost and vermicompost, slungum compost and their mixes as growing media for horticultural production. *Scientia Horticulturae*, 172:155-160. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.048> [Última consulta: 15 de octubre de 2017].

Msaada, K., Jemia, M.B., Salem, N., Bachrouch, O., Sriti, J., Tammar, S., Bettaieb, I., Jabri, I., Kefi, S., Limam, F. and Marzouk, B. (2017). Antioxidant activity of methanolic extracts from three coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit varieties. *Arabian Journal of Chemistry*, 10 (2):3176-3183. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.12.011> [Última consulta: 10 de octubre de 2017].

OO, A.N., C.B. Iwai and P. Saenjan. (2015). Soil properties and maize growth in saline and nonsaline soils using cassava-industrial waste compost and vermicompost with or without earthworms. *Land Degradation Development*, 26:300-310. DOI: 10.1002/ldr.2208

Raffo, A., La Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G. and Quaglia, G. (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:11-19. DOI:10.1016/j.jfca.2005.02.003

Rebogile, R. M., Olaniyi A. F., Marietjie, A. S. and Umezuruike, L. O. (2014). Preharvest and postharvest factors influencing bioactive compounds in pomegranate (*Punica granatum* L.)—A review. *Scientia Horticulturae*, 178:114–123. DOI 10.1016/j.scienta.2014.08.010

Routray, W. and Orsat, V. (2014). Variation of phenolic profile and antioxidant activity of North American highbush blueberry leaves with variation of time of harvest and cultivar. *Industrial Crops and Products*, 62:147-155. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.020> [Última consulta: 15 de octubre de 2017].

- Ruiz, R., Moyano, S. y Navia, A. (2004). Acumulación de compuestos nitrogenados en relación al problema de baya blanda en uva de mesa. *Agricultura Técnica*, 64(4): 426-430. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072004000400012> [Última consulta: 17 de julio de 2017].
- Sarangthem, I., Haribushan, A. and Salam, J. (2015). Effect of boron and vermicompost on yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Pusa ruby) in acid soils. *Indian Journal of Agricultural Research*, 49(1):13-23. DOI: 10.5958/0976-058X.2015.00002.5
- SAS, Institute Inc. (2009). SAS User's guide. Release 8.1. (Eds). SAS Institute, Inc. Cary, NC. 584 p.
- Scherer, R. and Texeira, H. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry*, 112: 654-658. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.026> [Última consulta: 17 de enero de 2017].
- Schieber, A., Stintzing, F.C. and Carle, R. (2001). Byproducts of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 12:401-413. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00012-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00012-2) [Última consulta: 10 de octubre de 2017].
- Smith, D.L., Stommel, J.R., Funga, R.W.M., Wang, C.Y. and Whitaker, B.D. (2006). Influence of cultivar and harvest method on postharvest storage quality of pepper (*Capsicum Annuum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 42:243-247. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.06.013> [Última consulta: 10 de enero de 2017].
- Socha, R., Juszczak, L., Pietrzyk, S. and Fortuna, T. (2009). Antioxidant activity and phenolic composition of herbhoneys. *Food Chemistry*, 113:568-574. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.08.029
- Steiner A. A. (1984). The Universal Nutrient Solution. Proceeding Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen. The Netherlands. pp:633-650.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P.A. and Laubscher, C.P. (2010). Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production.

International Journal of the Physical Sciences, 5(13):1964-1973. Disponible en: http://www.academicjournals.org/article/article1380817511_Theunissen%20et%20al.pdf [Última consulta: 18 de octubre de 2017].

UCDAVIS. Universidad de California. (2018). Hierbas: (Hierbas frescas culinarias): Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. Disponible en: http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_Spanish/?uid=20&ds=803 [Última consulta: 18 febrero de 2018].

Vázquez-Vázquez, C., Ojeda-Mijares, G.I., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P. y Antonio-González, J. (2015). Sustratos orgánicos en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su calidad fotoquímica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(8):1833-1844. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000801833 [Última consulta: 10 de julio de 2017].

Vicente, A.R., Manganaris, G.A., Sozzi, G.O. and Crisosto, C.H. (2009). Nutritional quality of fruits and vegetables. In: Postharvest Handling. Florkowski, W.J., Shewfelt, R.L., Brueckner, B. and Prussia, E.L., ed. 57-106 pp. Elsevier. DOI:10.1016/B978-0-12-374112-7.00005-6

Waghmare, R.B. and Annapure, U.S. (2015). Integrated effect of sodium hypochlorite and modified atmosphere packing on quality and shelf life of fresh cut cilantro. *Food Packaging and Shelf Life*, 3:62-69.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.11.001> [Última consulta: 15 de octubre de 2017].