

## Calidad y concentración de capsaicinoides en genotipos de chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) producidos bajo fertilización orgánica

Quality and capsaicinoid concentration on genotypes of Serrano pepper (*Capsicum annuum* L.) produced under organic fertilization

Valadez Sánchez YM<sup>1</sup>, E Olivares Sáenz<sup>1</sup>, RE Vázquez Alvarado<sup>1</sup>, JR Esparza-Rivera<sup>3</sup>, P Preciado-Rangel<sup>4</sup>, RD Valdez-Cepeda<sup>5</sup>, JL García-Hernández<sup>2</sup>

**Resumen.** El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tres fuentes de fertilización orgánica en la calidad agronómica y bioquímica de cuatro genotipos de chile serrano. El experimento se realizó en condiciones de campo en Gómez Palacio, Durango (México). Los capsaicinoides (CAP's) son los compuestos responsables del picor de los chiles, y tienen alto valor para la salud y en la industria alimenticia y cosmética. Los tratamientos orgánicos aplicados fueron: estiércol bovino solarizado (60 Mg/ha), vermicompost (10 Mg/ha) y gallinaza (5 Mg/ha). Un tratamiento sin fertilización se utilizó como control. Las variables evaluadas fueron: longitud, diámetro y peso individual del fruto; y concentración de capsaicina y dihidrocapsaicina en pulpa y semilla del fruto. Los resultados mostraron diferencias significativas entre genotipos en las variables evaluadas, así como respecto a los tratamientos de fertilización. El genotipo Don Diego I fertilizado con vermicompost tuvo el mayor peso de fruto, mientras que los genotipos Don Vicente y Don Diego I presentaron los valores más altos de longitud, diámetro y peso de fruto individual sin considerar la fuente de fertilización. Por otra parte, en relación a los 3 tratamientos orgánicos aplicados, la mayor concentración de CAP's la tuvo el genotipo Don Vicente fertilizado con gallinaza. Los materiales orgánicos evaluados pueden ser aplicados como fuente nutricional para producción de chile serrano en zonas áridas, obteniéndose la mejor calidad de fruto con fertilización con vermicompost. Los genotipos Don Diego I y Pepper Don Vicente obtuvieron las mayores concentraciones de capsaicinoides.

**Palabras clave:** Fertilizante orgánico; *Capsicum annuum*; Zonas áridas; Capsaicinoides.

**Abstract.** The aim of this study was to evaluate the effect of three organic fertilization sources on the agronomic and biochemical qualities of four genotypes of Serrano pepper. The experiment was performed at the field in Gómez Palacio, Durango (México). The capsaicinoids (CAP's) are compounds responsible of the pungency of the peppers, and they are valuable for health and food and cosmetic food. The organic treatments applied were: solarized bovine manure (60 Mg/ha), vermicompost (10 Mg/ha) and poultry manure (5 Mg/ha). A non-fertilized treatment was used as control. The evaluated variables were: length, diameter and individual weight on fruits, and capsaicin and dihydrocapsaicin concentrations in pulp and seeds. The results showed significant differences among treatments in the evaluated variables, as well as regarding the fertilization treatments. The genotype Don Diego I fertilized with vermicompost had the larger fruit weight, while the genotypes Don Vicente and Don Diego I showed the highest values of length, diameter and individual fruit weight without considering the fertilization source. Regarding the 3 organic treatments applied, the genotype Don Vicente fertilized with poultry manure had the highest concentration of capsaicinoids. The organic materials evaluated can be applied as a nutritional source for production of Serrano pepper in arid zones, obtaining the highest fruit quality by fertilization with vermicompost. The genotypes Don Diego I and Pepper Don Vicente obtained the highest capsaicinoid concentration.

**Keywords:** Organic fertilizer; *Capsicum annuum*; Arid zones; Capsaicinoids.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Km 3 Carretera Monterrey a Colombia Municipio de Gral. Escobedo Nuevo León, México.

<sup>2</sup> Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango, Avenida Artículo 123 S/N, Fraccionamiento Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México.

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Torreón, Carretera Torreón-San Pedro Km. 7.5 Ejido Ana, Torreón, Coahuila, México.

<sup>5</sup> Universidad Autónoma Chapingo-CRUCEN, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zacatecas, México.

Address correspondence to: Dr. José Luis García-Hernández, e-mail: josel.garciahernandez@yahoo.com

Received 17.VIII.2014. Accepted 3.V.2015.

## INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los productos hortícolas más importantes en México, el cual contiene diferentes niveles de compuestos bioactivos incluyendo flavonoides, fenoles, carotenoides, vitaminas, y alcaloides dependiendo de la variedad y el tipo de chile (Rosa et al., 2002). Dentro de los alcaloides del chile se encuentran los capsaicinoides (CAP's), que son compuestos bioquímicos con numerosas características benéficas para la salud humana (Montoya et al., 2010). El interés de la industria farmacéutica por los capsaicinoides ha promovido el estudio fitoquímico de cultivares con alto contenido de estos compuestos (Riva-Souza et al., 2009). En México, que es el origen del género *Capsicum*, existe una amplia variedad de tipos y cultivares, lo cual afecta el contenido de CAP's en el fruto (Castro et al., 2014). Actualmente existen algunos estudios realizados que presentan la caracterización de la producción de CAP's en chile demostrando una gran variabilidad (Moran et al., 2008). Sin embargo, son pocos los estudios relacionados con el contenido de CAP's en cultivares de chile producidos en las zonas áridas de México (González-Zamora et al., 2013).

El cultivo de chile es altamente demandante de nutrientes, y se ha reportado que el estado nutricional de la planta puede afectar el contenido de capsaicinoides (Estrada et al., 1999). Por otra parte, los fertilizantes químicos tradicionalmente aplicados tienen un elevado costo, además que su uso ha sido asociado con efectos ambientales negativos. Como resultado, existe interés en la evaluación del uso de abonos orgánicos como fuente alternativa de nutrientes vegetales, incluyendo el estiércol de diferentes animales domésticos y la vermicompost (Vázquez et al., 2010 a). La fertilización mediante materiales residuales orgánicos tales como el estiércol de bovino, gallinaza y diferentes tipos de vermicompost representa una fuente de N, P, S y micro nutrientes para las plantas (Rodríguez et al., 2010). Romero et al. (2000) reportaron que la fertilización con gallinaza aportó la mayor cantidad de nutrientes de origen orgánico y produjo el mejor rendimiento total en la producción orgánica de papa. Por otra parte, el estiércol de bovino compostado en papa incrementó significativamente la longitud de la raíz (Opena et al., 1999). Vázquez-Vázquez et al. (2011)

mencionaron que dosis de 40 Mg/ha de estiércol solarizado aumentaron el rendimiento en chile jalapeño. Otra ventaja adicional de la aplicación de fertilizantes orgánicos es su prolongada efectividad como aporte nutricional a las plantas; por ejemplo, se informó la liberación de nutrientes como el fósforo después de cuatro años de la aplicación de estiércol fresco o compostado (Eghball et al., 2004). La utilización de materiales y residuos orgánicos como fertilizantes en sistemas agrícolas ha determinado una mayor aceptación de los productos vegetales por parte de los consumidores. Esto se ha atribuido a que los alimentos orgánicos son considerados como inocuos y con alto valor nutricional (Alvajana et al., 2004).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diversos abonos orgánicos como fuente de nutrientes sobre la calidad y concentración de capsaicinoides en frutos de cuatro genotipos de chile serrano establecidos en condiciones de campo en la Comarca Lagunera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Descripción del área de estudio.** El presente estudio fue realizado durante el ciclo primavera-verano del 2012 en la Comarca Lagunera, región de zonas áridas situada en la parte suroeste de Coahuila y noreste de Durango (25° 25' - 25° 30' N, 102° 51' - 103° 40' O; Vázquez et al., 2010). El experimento fue establecido en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicado en el ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango.

**Material vegetativo y fuentes de fertilización.** Se evaluaron cuatro genotipos de chile Serrano (Don Diego I, Don Vicente, Don Diego II y Pepper Don Vicente) que fueron proporcionados por el Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora (Hermosillo, Sonora, México). Los tipos de abonos orgánicos aplicados fueron: estiércol bovino solarizado (60 Mg/ha), vermicompost (10 Mg/ha), ó gallinaza (5 Mg/ha). Un tratamiento sin fertilización se utilizó como control. Se determinaron inicialmente las concentraciones de varios nutrientes en los materiales orgánicos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición nutricional de abonos orgánicos aplicados en la producción de cuatro genotipos de chile Serrano.  
**Table 1.** Nutritional composition of organic fertilizers applied in the production of four genotypes of Serrano pepper.

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn
	----- % -----						mg/kg	mg/kg
Estiércol solarizado	1,73	1,23	2,95	5,27	0,74	0,59	6050	356
Vermicompost	1,50	0,19	1,03	4,86	0,76	1,42	38,20	29,2
Gallinaza	2,80	0,90	2,87	5,20	1,08	1,00	1802	2,99

**Siembra y manejo del cultivo.** Las semillas de los cuatro genotipos de chile Serrano fueron colocadas en bandejas de germinación de unícel de 200 cavidades dentro de un invernadero de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (F.A.Z.) de la Universidad Juárez del Estado de Durango. La F.A.Z. se encuentra ubicada en el ejido Venecia del municipio de Gómez Palacio, Durango. El trasplante fue realizado directamente en suelo del campo agrícola experimental de la F.A.Z. Dicho trasplante fue efectuado cuando las plántulas tuvieron tres pares de hojas en Marzo del 2012. La irrigación de las plantas fue realizada de acuerdo a la etapa fenológica mediante riego por cintilla con una lámina de 60 cm durante todo el experimento. Se aplicaron productos permitidos en la agricultura orgánica para el manejo de plagas y enfermedades. Estos incluyeron una mezcla de chile y extracto de Nim a una dosificación de 10 ml/L de agua, además de la aplicación de hidróxido de cobre para prevenir la aparición de hongos en la planta; dichos productos fueron aplicados una vez por semana.

**Variables evaluadas.** Se evaluaron las siguientes variables: longitud, diámetro, peso individual del fruto, y concentración de CAP's (capsaicina y dihidrocapsaicina) en pulpa y semilla de chile Serrano. Las muestras para mediciones fueron recolectadas a los 116 días después del trasplante. El peso individual del fruto fue calculado obteniendo el promedio de un mínimo de 25 frutos recolectados en 2 cosechas, usando una balanza digital. El diámetro y longitud de fruto fueron medidos con un Vernier Surtek®. Para la determinación de capsaicinoides se recolectaron tres frutos por planta en cuatro repeticiones por tratamiento. Dichos frutos se obtuvieron en Julio del 2012. Los frutos así obtenidos fueron lavados en agua con cloro y secados a temperatura ambiente sin presencia de luz solar. Las muestras obtenidas fueron evaluadas en su concentración de capsaicina y dihidrocapsaicina en pulpa y semillas.

El método de análisis fue una adaptación del método espectrofotométrico de López-Hernández et al. (2011). En principio, se obtuvieron extractos de pulpa mezclando 250 mg de muestra seca (pulpa del fruto sin semilla) en 5 ml de metanol, mientras que para el extracto de semilla se mezclaron 30 mg de muestra seca en 2 mL de metanol. Las mezclas fueron colocadas en tubos de plástico con tapa de rosca, los cuales fueron agitados durante 72 horas a 20 rpm a temperatura ambiente (25 °C) en un agitador rotatorio (ATR Inc., E.U.). Los extractos fueron colocados en tubos de ensayo y centrifugados a 3000 rpm durante 10 minutos, finalmente el sobrenadante fue extraído para su análisis. La absorbancia de la muestra para capsaicina fue leída a 273 nm, y para dihidrocapsaicina fue a 235 nm. Se usaron capsaicina y dihidrocapsaicina (Sigma, St. Louis, Missouri, EU) como estándares, y la concentración total de estos compuestos fue obtenida usando una curva patrón. Los resultados se reportaron en µg de capsaicina y dihidrocapsaicina por g de muestra base seca (µg caps/g BS). Se realizaron dos diluciones de cada muestra.

**Análisis estadístico.** El diseño experimental fue factorial (genotipos x tipo de fertilizante) completamente al azar con 4 repeticiones de tratamiento. Los resultados de las variables evaluadas fueron analizados mediante un ANOVA, y las comparaciones de medias fueron determinadas mediante una prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) usando el software Statistica 7.0 (2005).

---

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

**Calidad del fruto.** Respecto del peso de fruto individual, los genotipos Don Vicente y Don Diego I fueron los de mayor peso, con valores de 7,34 y 7,27 g, respectivamente (Tabla 2). Martínez et al. (2005) reportan valores similares a los obtenidos en el presente estudio, con frutos de chile Serrano entre 5,5 y 15 g/fruto. Asimismo, se presentó interacción genotipo\*tipo de fertilizante en el peso de fruto individual: el genotipo Don Diego I fertilizado con vermicompost tuvo el mayor peso ( $P < 0,05$ ), mientras que el menor peso se observó en el genotipo Don Diego II no fertilizado (Tabla 3). Estos resultados se podrán atribuir al contenido de elementos nutritivos aportado por los materiales orgánicos. De la Cruz et al. (2010) mencionan que la vermicompost es una opción adecuada como medio nutricional para las especies vegetales hortícolas, incluyendo el chile serrano. Respecto de los demás atributos de calidad, los genotipos Don Diego I y Don Vicente presentaron la mayor longitud (7,3 cm), y diámetro (1,6 y 1,5 cm, respectivamente) de fruto (Tabla 2). Estos resultados son similares a los obtenidos por Vázquez et al. (2010 b), quienes obtuvieron frutos de chile serrano de 6,2-8,7 cm de longitud, y diámetros de 1,4-1,9 cm. Por otra parte, Santoyo y Martínez (2008) evaluaron la aplicación de nutrición orgánica, inorgánica y su combinación en chile ancho Rebelde y jalapeño Tajín. Estos autores obtuvieron la mejor calidad del fruto en chiles jalapeños producidos bajo fertilización orgánica, aunque se tuvo un menor rendimiento en dicho producto fertilizado orgánicamente. Los resultados obtenidos en el presente estudio también pueden ser relacionados con el estrés recibido por las plantas, debido a las condiciones ambientales hostiles que regularmente se presentan en la Comarca Lagunera. Las mismas incluyen temperaturas superiores a los 35 °C combinado con una baja humedad relativa. Se ha reportado que el desarrollo de los cultivos hortícolas regularmente es afectado por factores ambientales que incluyen la precipitación, radiación solar y temperatura (Wilson et al., 1995). Asimismo, Morales et al. (2006) señalan que la actividad fotosintética puede ser disminuida a temperaturas superiores a 30 °C, lo cual aumenta la respiración de la planta.

**Concentración de capsaicinoides.** La concentración de capsaicina en pulpa de chile Serrano no fue diferente entre los tipos de fertilización ( $P > 0,05$ ), pero sí entre los genotipos evaluados ( $P < 0,05$ ). Don Diego I tuvo la mayor concentración de capsaicina en pulpa, mientras que no hubo diferencias ( $P > 0,05$ ) entre los genotipos Pepper Don Vicente, Don Vicente y Don

**Tabla 2.** Atributos de calidad y concentración de capsaicinoides de cuatro genotipos de chile Serrano producidos con diferentes tipos de abono orgánico.

**Table 2.** Quality attributes and capsaicinoid concentration of four Serrano pepper genotypes produced under different types of organic fertilizers.

	LF (cm)	DF (mm)	PFI (g)	CSP	CSS	DHP	DHS
<b>Don Diego I</b>	7,30 a	1,50 ab	7,27 a	5,49 a	12,35 a	1,11 a	22,77 a
<b>Pepper Don Vicente</b>	6,64 b	1,32 c	6,15 b	4,21 b	11,32 a	,949 b	26,24 a
<b>Don Vicente</b>	7,27 a	1,59 a	7,34 a	4,14 b	9,62 a	,899 b	24,02 a
<b>Don Diego II</b>	6,92 ab	1,41 bc	6,28 b	3,66 b	6,08 b	,941 b	12,50 b

LF= longitud de fruto; DF= diámetro de fruto; PFI= peso de fruto individual; CSP= Capsaicina en pulpa; CSS= Capsaicina en semilla; DHP= Dihidrocapsaicina en pulpa; DHS= Dihidrocapsaicina en semilla. Diferencias entre medias obtenidas mediante prueba de Tukey ( $P<0,05$ ). Valores seguidos por letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

LF= Fruit length; DF= Fruit diameter; PFI= Individual fruit weight; CSP= Capsaicin in pulp; CSS= Capsaicin in seed; DHP= Dihidrocapsaicin in pulp; DHS= Dihidrocapsaicin in seed. Mean differences determined by the Tukey's test ( $P<0.05$ ). Values followed by different letters in the same column are significantly different.

**Tabla 3.** Peso individual del fruto\* (en g) de cuatro genotipos de chile Serrano producidos con diferentes tipos de abono orgánico.

**Table 3.** Individual fruit weight (in g) of four Serrano pepper genotypes produced under different types of organic fertilizers.

GENOTIPO	Sin fertilización	Estiércol Solarizado	Vermicompost	Gallinaza
<b>Don Diego I</b>	7,52 aAB	6,49 aB	8,29 aA	6,78 abB
<b>Don Vicente</b>	7,59 aA	7,20 aA	7,10 abA	7,76 aA
<b>Don Diego II</b>	5,16 bB	7,81 aA	5,96 bB	6,19 bcB
<b>Pepper Don Vicente</b>	6,83 aA	6,43 aAB	6,16 bAB	5,20 cB

\*n = 25. Diferencias entre medias obtenidas mediante prueba de Tukey ( $P<0,05$ ). Valores en columnas con distinta letra minúscula son diferentes estadísticamente. Valores en filas con distinta letra mayúscula son diferentes estadísticamente.

\*n = 25. Mean differences obtained using the Tukey's test ( $P<0.05$ ). Values followed by different lower-case letter in the same column are significantly different. Values followed by different capital letter in the same row are significantly different.

Diego II (Tabla 2). Estos resultados concuerdan con los publicados por Ramos (2010), quien señaló que la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos (estiércol de bovino) no afectó la pungencia del fruto de chile Jalapeño híbrido Vencedor. Asimismo, la concentración de capsaicina en semilla presentó diferencias significativas entre los genotipos: Don Diego I, Pepper Don Vicente y Don Vicente tuvieron las mayores concentraciones ( $P<0,05$ ) (Tabla 2); además, se presentó interacción genotipo\*fertilización. La concentración de CAP's en semilla de frutos no fertilizados fue de 6,16–22,85 µg de capsaicina/g base seca (BS), y de 13,58–47,86 µg de dihidrocapsaicina/g BS. Los valores más altos se obtuvieron en el genotipo Pepper Don Vicente. Estos resultados se podrían atribuir al estrés por déficit nutricional al que fueron sometidos dichos frutos no fertilizados. Sung et al. (2005) reportaron que las variedades de *Capsicum annuum* L. Hungaricana, Beauty zest, y Home flavor expuestas a estrés hídrico presentaron una mayor concentración de capsaicina y dihidrocapsaicina que el resto de los tratamientos. Por otra parte, y respecto a los 3 tratamientos orgánicos aplicados, la mayor concentración de CAP's se observó en el genotipo Don Vicente fertilizado con gallinaza (Tabla 4). Las

diferencias en la concentración de CAP's en los frutos producidos bajo fertilización orgánica pueden deberse a la diferente composición y bio disponibilidad de los nutrientes presentes en dichos materiales aplicados. Lindsey (1986) señala que los contenidos de CAP's pueden variar en condiciones de estrés hídrico o nutrimental. Johnson y Decoteau (1996) reportaron que la dosis de nitrógeno aplicado como fertilizante afectó la acumulación de CAP's en chile Jalapeño. Estos autores además informaron que la aplicación de fertilizantes con alto contenido de potasio no afectó el contenido de CAP's en el mismo cultivo. Velasco-Velasco et al. (2001) afirman que la producción de capsaicina disminuye al incrementar el suministro de N, P y K en chile Jalapeño. Se ha informado que el contenido de capsaicina que depende de la variedad, estructura genética, condiciones de crecimiento, madurez al momento de la cosecha, cualquier estrés al que la planta está expuesta y los cambios ambientales (Nuez & Ortega, 2003; Berrios et al., 2007). Además. Se ha mencionado que la cantidad de agua aportada a la planta durante el cultivo, fertilidad del suelo u otras condiciones de estrés pueden aumentar el volumen de la capsaicina significativamente (Berrios et al., 2007).

Por otra parte, la concentración de dihidrocapsaicina en pulpa no fue afectada por el tipo de abono orgánico, mientras que el genotipo sí afectó el contenido de este capsaicinoide. El genotipo Don Diego I tuvo el mayor contenido de dihidrocapsaicina en pulpa (Tabla 2). Por otra parte el genotipo, tipo de abono orgánico, e interacción genotipo\* tipo de abono afectaron la concentración de dihidrocapsaicina en la semilla de los genotipos evaluados. El genotipo Pepper Don Vicente mostró la mayor concentración de dihidrocapsaicina en semilla entre todos los genotipos (Tabla 2), y también presentó el mayor contenido de este capsaicinoide (47,86 µg/g BS) al ser producido sin fertilización (Tabla 5). Los resultados obtenidos en éste trabajo mostraron que la concentración de dihidrocapsaicina fue mayor que la de capsaicina. Esto concuerda con lo publicado por Cázares et al. (2005) quienes encontraron valores más altos de dihidrocapsaicina en diferentes poblaciones de chiles.

## CONCLUSIONES

El genotipo Don Diego I fertilizado con vermicompost tuvo el mayor peso de fruto individual, mientras que el Don Diego

II no fertilizado presentó el menor peso del fruto. Respecto de los demás atributos de calidad, los genotipos Don Diego I y Don Vicente presentaron la mayor longitud y diámetro de fruto. Estos resultados pueden ser atribuidos al diferente aporte nutricional de los fertilizantes orgánicos aplicados así como al estrés al que estuvieron expuestas las plantas debido a las condiciones ambientales hostiles que regularmente se presentan en la Comarca Lagunera (altas temperaturas y baja humedad relativa). Asimismo, la concentración de capsaicina en pulpa de Chile Serrano no fue diferente entre los tipos de fertilización, pero sí entre los genotipos evaluados. Don Diego I tuvo la mayor concentración de capsaicina en pulpa, mientras que los genotipos Don Diego I, Pepper Don Vicente y Don Vicente tuvieron las mayores concentraciones de capsaicina en semilla. Las diferencias en la concentración de capsaicinoides en los frutos producidos bajo fertilización orgánica pueden deberse a la diferente composición y bio disponibilidad de los nutrientes presentes en dichos materiales. Por otra parte, la concentración de dihidrocapsaicina en pulpa no fue afectada por el tipo de abono orgánico, mientras que el genotipo sí afectó la concentración de este capsaicinoide. El genotipo Don Diego I tuvo la mayor concentración

**Tabla 4.** Concentración de capsaicina\* en la semilla de cuatro genotipos de Chile Serrano producido a campo abierto con diferentes tipos de abono orgánico.

**Table 4.** Capsaicin concentration\* in the seed of four Serrano pepper genotypes produced at the field under different types of organic fertilizers.

GENOTIPOS	Estiércol solarizado	Vermicompost	Gallinaza	Sin Fertilización
Don Diego I	12,22 aA	13,16 aA	11,83 abA	11,88 bA
Don Vicente	6,35 bA	10,44 abA	14,94 aA	7,15 bA
Don Diego II	6,57 bA	6,09 bA	5,47 cA	6,16 bA
Pepper Don Vicente	7,76 abB	7,14 bB	7,53 bcB	22,85 aA

\*n = 4. Resultados de capsaicina en µg/g de muestra en base seca. Diferencias entre medias obtenidas mediante prueba de Tukey (P<0,05). Valores en columnas con distinta letra minúscula son diferentes estadísticamente. Valores en renglones con distinta letra mayúscula son diferentes estadísticamente.

\*n = 4. Capsaicin results in µg/g of sample on a dry basis. Mean differences obtained using the Tukey's test (P<0.05). Values followed by different lower-case letter in the same column are significantly different. Values followed by different capital letter in the same row are significantly different.

**Tabla 5.** Concentración de dihidrocapsaicina\* en la semilla de cuatro genotipos de Chile Serrano producido a campo abierto con diferentes tipos de abono orgánico.

**Table 5.** Dihydrocapsaicin concentration\* in the seed of four Serrano pepper genotypes produced at the field under different types of organic fertilizers.

GENOTIPOS	Estiércol solarizado	Vermicompost	Gallinaza	Sin Fertilización
Don Diego I	3,78 aA	23,98 aA	20,90 bA	21,73 bA
Don Vicente	17,90 aB	26,08 aAB	33,52 aA	19,27 bB
Don Diego II	10,93 bA	13,37 bA	11,69 cA	13,58 bA
Pepper Don Vicente	20,40 aB	17,86 aB	18,85 bcB	47,86 aA

\*n = 4. Resultados de dihidrocapsaicina en µg/g de muestra en base seca. Diferencias entre medias obtenidas mediante prueba de Tukey (P<0,05). Valores en columnas con distinta letra minúscula son diferentes estadísticamente. Valores en renglones con distinta letra mayúscula son diferentes estadísticamente.

\*n = 4. Dihydrocapsaicin results in µg/g of sample on a dry basis. Mean differences obtained using a Tukey test (P<0.05). Values followed by different lower-case letter in the same column are significantly different. Values followed by different capital letter in the same row are significantly different.

de dihidrocapsaicina en pulpa. La aplicación de los materiales orgánicos evaluados es recomendable como fuente nutricional orgánica para la producción de chile serrano en zonas áridas. El producto de mejor calidad se obtuvo con la vermicopost. Los genotipos Don Diego I y Pepper Don Vicente produjeron las mayores concentraciones de capsaicinoides.

## REFERENCIAS

- Alvajana, M.C., J.A. Hoppin y F. Kamel (2004). Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annual Reviews of Public Health* 25: 155-197.
- Berrios, U.M.E., B.C. Arredondo y H.H. Tjalling (2007). Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad pimiento SQM. México D.F. 103 p.
- Castro, E., J. Tuyub, A. Moo, F.A. Vazquez y M.L. Miranda (2014). Antioxidant capacity and total phenolic content in fruit tissues from accessions of *Capsicum Chinense* Jacq. (Habanero Pepper) at different stages of ripening. *Scientific World Journal* DOI: 10.1155/2014/809073. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/809073>. Acceso: Junio de 2014.
- Cázares, E., P. Ramírez, F. Castillo, R.M. Soto, M.T. Rodríguez y J.L. Chávez (2005). Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annum* L.) del centro-oriente de Yucatán. *Agrociencia* 39: 627- 638.
- De la Cruz, E., R. Osorio, E. Martínez, J.A. Lozano, A. Gómez y R. Sánchez (2010). Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35: 363-368.
- Eghball, B., D. Ginting y J.E. Gilley (2004). Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal* 96: 442-447.
- Estrada, B.F., J. Pomar, F. Díaz y M.A. Bernal (1999). Pungency level in fruits of the Padrón pepper with different water supply. *Scientia Horticulturae* 81: 385-396.
- González-Zamora, A., E. Sierra-Campos, J.G. Luna-Ortega, R. Pérez-Morales, J.C. Rodríguez-Ortiz y J.L. García-Hernández (2013). Characterization of different capsicum varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules* 18: 13471-13486.
- Johnson, C.D. y D.R. Decoteau (1996). Nitrogen and potassium fertility affect Jalapeño pepper plant growth, pod yield and pungency. *Hortscience* 31: 1119-1123.
- Lindsey, K. (1986). Incorporation of phenylalanine and cinnamic acid into capsaicin in cultured cells of *Capsicum frutescens*. *Phytochemistry* 25: 2793-2801.
- López-Hernández, F.E., C.E. Lobato-García, A. Gómez-Rivera, N. Romero-Ceronio y A. Escobar-Ramos (2011). Extracción y cuantificación espectrofotométrica de capsaicinas a partir de chile habanero. Memorias de la Semana de Divulgación y Video científico, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco. pp. 69-72.
- Martínez, Z.G., J.R.A. Dorantes, M. Ramírez, A. De La Rosa y O. Pozo (2005). Efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 28: 327-332.
- Montoya, L.C., A. Gardea, G.M. Ayala, Y.Y. Martínez y L.E. Robles (2010). Capsaicinoides y color en chiltepín (*Capsicum annum* var. Aviculare) efecto del proceso sobre salsas y encurtidos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 9: 197-207.
- Moran, S.H., V.H. Aguilar, T. Corona, F. Castillo, R.M. Soto y R. San Miguel (2008). Capsaicinoids in chile pepper landraces of Puebla, México. *Agrociencia* 42: 807-816.
- Morales, D., P. Rodríguez, J.A. Dell'Amico, A. Torrencillas y B.M.J. Sánchez (2006). Efecto de altas temperaturas en algunas variables del crecimiento y el intercambio gaseoso en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. CV. Amalia). *Cultivos tropicales* 27: 45-48.
- Nuez, F.R.G. y J. Ortega (2003). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes, Ediciones Mundiprensa, pp. 89.
- Opena, G., G. Porter, W. Bradbury, J. McBumie y J. Sisson (1999). Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality. *Agronomy Journal* 91: 416-425.
- Ramos, G.F. (2010). Programación de abonos orgánicos con técnicas de acolchado plástico y riego por goteo. Dirección y Gestión de Empresas. Tesis Doctoral. In Lumine Sapientia. Universitat Almerienses.
- Rodríguez Torres, M.D., J. Venegas González, M.V. Angoa y J.L. Montañez Soto (2010). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1: 133-147.
- Riva-Souza E.M., R. Rodrigues, C. Pombo, M. Gonzaga, C. Dos Santos y F. De Pina (2009). Genetic parameters and selection for resistance to bacterial spot in recombinant F6 lines of *Capsicum annum*. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 9: 108-115.
- Romero, M., A. Trinidad, R. García y R. Ferrera (2000). Producción de papa y Biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- Rosa, A., M. Deiana, V. Casu y S. Paccagninil (2002). Antioxidant activity of capsaicinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7396-7401.
- SAS (2005) SAS/STAT User's Guide, version 8, Fourth Ed. Vol. 1 y 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C., E.U.
- Santoyo, J.A. y C.O. Martínez (2008). Nutrición orgánica y mineral para la producción de chiles picosos en el sur de Sinaloa. Fundación Produce, Sinaloa A.C. Enlace, Innovación y Progreso.
- Sung, Y., Y.Y. Chang y N.L. Ting (2005). Capsaicin biosynthesis in water stressed hot pepper fruits. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 46: 35-42.
- Vázquez, C., J.L. García, E. Salazar, B. Murillo, I. Orona, R. Zúñiga, E.O. Rueda y P. Preciado (2010 a). Rendimiento y calidad de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1: 363-372.
- Vázquez, E., M. Ramírez, H. Mata, R. Ariza y I. Alía (2010 b). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 33: 79-82.
- Vázquez-Vázquez, C., J.L. García-Hernández, E. Salazar-Sosa, J.D. López-Martínez, R.D. Valdez-Cepeda, I. Orona-Castillo, M.A. Gallegos-Robles y P. Preciado-Rangel (2011). Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17: 69-74.
- Velasco-Velasco, V.A., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, E. Estañol-Botello, E. Zavaleta-Mejía, E. Cárdenas-Soriano, R. Rodríguez-Montessoro & A. Martínez-Garza (2001). Efecto de N, P y K en plantas de chile jalapeño infectadas con el virus jaspeado del tabaco. *Terra* 19: 117-125.
- Wilson, D.R., R.C. Muchow u C.J. Murgatoid (1995). Model analysis of temperature and solar radiation limitations to maize potential productivity in cool climate. *Field Crops Research* 43: 1-18.