

Intensidad de color y compuestos bioactivos en colectas de chile guajillo del norte de México

María Teresa Martínez-Damián¹
Oscar Cruz-Álvarez^{2§}
Esaú del Carmen Moreno-Pérez¹
Salvador Valle-Guadarrama¹

¹Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México, México. CP. 56230. Tel. 01(595) 9521500, ext. 6313. (teremd13@gmail.com; esau@correo.chapingo.mx; svalle77g@gmail.com). ²Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Pascual Orozco s/n, Santo Niño, Campus 1. Chihuahua, Chihuahua, México. CP. 31350. Tel. 01(614) 2382000, ext. 3100.

§Autor para correspondencia: ocruz@uach.mx.

Resumen

En esta investigación se analizó el color, contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en colectas de chile guajillo nativas de Durango y Zacatecas, México. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. El estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. Las variables evaluadas fueron el color, vitamina C (VC), antocianinas totales (AT), fenoles totales (FT), así como la capacidad antioxidante (CA). No se encontró variación significativa para brillantez y cromaticidad de color; sin embargo, el °hue fue menor en la colecta 25 (33.77°). Con respecto al contenido de compuestos bioactivos, se destacan las colectas 19 y 25 por su alto contenido de VC (200.02 y 196.19 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ ps, respectivamente). El 96.6% de las colectas (29/30) mostraron valores similares de AT y FT, cuyos valores estuvieron entre 1 y 1.97 mg cianidina-3-glucosido 100 g⁻¹ así como de 72.00 a 129.54 mg ácido gálico 100 g⁻¹ ps, respectivamente. Adicionalmente, la CA en 26/30 de las colectas mostraron valores entre 4 991 y 10 607 μmol eq Trolox g⁻¹; sin embargo, fueron mayores a las colectas 8, 20, 21 y 28 (3 068, 3 063, 2 559 y 2 054 μmol eq Trolox g⁻¹, respectivamente). Por otro lado, la mayor variabilidad entre colectas fue producto de la concentración de VC, AT y FT, además de mostrar una correlación lineal positiva con la CA, lo que representa una oportunidad para la selección y mejoramiento genético.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., calidad de fruto, genotipos nativos, métodos multivariados.

Recibido: noviembre de 2018

Aceptado: enero de 2019

Introducción

El chile o chili (*Capsicum* spp.), al igual que maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita* spp.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.), aguacate (*Persea americana* Mill.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.), su consumo cuenta con una tradición milenaria que data desde tiempos prehispánicos y forma parte primordial en la generación de una enorme diversidad gastronómica (Vera-Guzmán *et al.*, 2011; 2012; Chávez-Servia *et al.*, 2016) y entre las especies domesticadas, *C. annuum* es la de mayor variación morfológica (Moreno-Pérez *et al.*, 2011).

Existe gran diversidad de tipos de tipos de chile dentro de *C. annuum*, y su uso, en la mayoría de los casos se da como un producto en fresco; no obstante, también es común encontrarlo deshidratado y el chile guajillo (mirasol) es uno de ellos, el cual se utiliza como ingrediente principal para la elaboración de adobos, moles y salsas en diversas regiones de México (Cruz-Crespo *et al.*, 2015; Toledo-Aguilar *et al.*, 2016), así como en la extracción de colorantes naturales (Moreno-Pérez *et al.*, 2006). De acuerdo con Aguilar y Esparza (2010), el 83.7% de la producción total de este tipo de chile se encuentra en Chihuahua, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, sin embargo, no existe información precisa

En la actualidad, existe un incremento en el padecimiento de enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares y algunos tipos de cáncer, como consecuencia de la ingesta de alimentos con alto contenido calórico y poco valor nutritivo (Tangkanakul *et al.*, 2009; Hernández-Ortega *et al.*, 2012), por lo que se busca la producción y consumo de alimentos que presenten una o varias características referentes a su constitución o función en la prevención de algún padecimiento (Hernández-Ortega *et al.*, 2012).

En este sentido, la ingesta de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.), ha permitido incorporar a la dieta diaria diversos compuestos bioactivos como antocianinas, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, carotenoides (α y β -caroteno), capsaicinoides (capsaicina, nordihidrocapsaicina y dihidrocapsaicina) y vitamina E (α -tocoferol) (Hervert-Hernández *et al.*, 2010; Hernández-Ortega *et al.*, 2012; Toledo-Aguilar *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2018), que implica la capacidad de inhibir, retrasar o reducir la actividad de las especies reactivas de oxígeno (anión radical superóxido, peróxido de hidrógeno y el ion hidroxilo, entre otros) (Rodríguez *et al.*, 2017), que son una de las principales causas que se atribuyen con el desarrollo de enfermedades (Kantar *et al.*, 2016).

La existencia de diversos estudios, donde se aborda desde diversas perspectivas la síntesis y concentración de compuestos bioactivos en el fruto de chile (Hernández-Ortega *et al.*, 2012; Toledo-Aguilar *et al.*, 2016), sugieren de la importancia de este cultivo desde el punto de vista nutricional y el cuidado de la salud (Figueroa *et al.*, 2015), no obstante, en México existe una enorme variabilidad genética y fenotípica de esta especie (Moreno-Pérez *et al.*, 2011), lo que hace primordial, la evaluación fisicoquímica inicial de materiales específicos de chile presentes de manera nativa en diversas regiones de nuestro país, con el propósito de detectar aquellas que sean susceptibles de ser aprovechadas como base para mejoramiento genético y la obtención de variedades mejoradas (Vera-Guzmán *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2018), donde no solo se incluyan aspectos de índole agronómico, sino que además se consideren parámetros de calidad funcional. El objetivo de esta investigación fue analizar el color, contenido de algunos compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en colectas de chile guajillo nativas de Durango y Zacatecas, México.

Materiales y métodos

Material vegetal y ubicación del experimento

En el transcurso de los meses de septiembre a octubre de 2014, se realizó un recorrido por algunas localidades de Durango y Zacatecas, y se colectaron muestras de frutos de chile guajillo (mirasol) con color de epidermis uniforme, ausencia de quemaduras y daños mecánicos. Asimismo, se registró su ubicación geográfica por medio de sistema de posicionamiento global (GPS) (Cuadro 1). Se colectaron 30 materiales de chile guajillo (secado natural a 32 °C), que de acuerdo con el número de colecta (1-17, 19-26, 28-30) se trató de genotipos nativos y donde la 18 y 27 fueron las variedades comerciales ‘Castilla’ y ‘Minero’, respectivamente. Los análisis de calidad fisicoquímica se realizaron en los laboratorios de fisiología de frutales y usos múltiples, ubicados en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México (19° 29’ 43” latitud norte y 98° 53’ 12” longitud oeste), a una altitud de 2 240 m con una temperatura media de 15.9 °C.

Cuadro 1. Procedencia de las muestras colectadas de frutos de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.), analizadas en este estudio.

Núm. de colecta	Localidad	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud (m)
1	La Joya, Poanas, Durango	23° 50’ 20.9”	104° 00’ 36.4”	1 838
2	El tobe, Nombre de Dios, Durango	23° 48’ 00.2”	104° 02’ 35.1”	1 804
3	Vicente Guerrero, Durango	23° 48’ 00.2”	104° 02’ 35.5”	1 795
4	La Joya, Poanas, Durango	23° 53’ 0.45”	103° 54’ 47.6”	1 820
5	La Joya, Poanas, Durango	23° 53’ 0.15”	103° 59’ 24.6”	1 880
6	Vicente Guerrero, Durango	23° 47’ 58.6”	103° 58’ 31.2”	1 871
7	Nombre de Dios, Durango	23° 47’ 19.5”	104° 00’ 00.8”	1 840
8	Vicente Guerrero, Durango	23° 43’ 31.3”	104° 00’ 32.1”	1 800
9	Nombre de Dios, Durango	23° 43’ 27.7”	104° 00’ 24.7”	1 802
10	Nombre de Dios, Durango	23° 47’ 35.2”	104° 06’ 0.50”	1 807
11	Nombre de Dios, Durango	23° 47’ 32.1”	104° 06’ 11.2”	1 812
12	Vicente Guerrero, Durango	23° 39’ 09.0”	104° 01’ 12.3”	1 918
13	Vicente Guerrero, Durango	23° 39’ 03.3”	104° 00’ 59.4”	1 921
14	Vicente Guerrero, Durango	23° 39’ 24.5”	104° 01’ 15.8”	1 916
15	El Pardillo, Fresnillo, Zacatecas	23° 47’ 19.5”	104° 00’ 00.8”	1 983
16	El Pardillo Segundo, Fresnillo, Zacatecas	23° 08’ 43.4”	102° 40’ 58.9”	1 983
17	El Pardillo Segundo, Fresnillo, Zacatecas	23° 08’ 38.6”	102° 40’ 21.6”	1 981
18	Bañon, Fresnillo, Zacatecas	23° 12’ 38.6”	102° 25’ 13.2”	1 928
19	Bañon, Fresnillo, Zacatecas	23° 12’ 38.6”	102° 25’ 13.0”	1 928
20	Bañon, Fresnillo, Zacatecas	23° 12’ 38.8”	102° 25’ 13.4”	1 932
21	Santiaguito, Fresnillo, Zacatecas	23° 06’ 20.4”	102° 28’ 37.0”	2 028
22	Potrero de Ojuelos, Fresnillo, Zacatecas	23° 06’ 20.4”	102° 38’ 37.4”	2 039
23	El Pardillo Segundo, Fresnillo, Zacatecas	23° 08’ 37.3”	102° 40’ 42.0”	1 996
24	Las Auras, Calera, Zacatecas	23° 04’ 29.6”	102° 38’ 35.4”	2 005
25	Las Auras, Calera, Zacatecas	23° 05’ 02.9”	102° 38’ 28.8”	2 014
26	Las Auras, Calera, Zacatecas	23° 02’ 01.4”	102° 38’ 55.4”	2 029

Núm. de colecta	Localidad	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud (m)
27	Calera, Zacatecas	23° 02' 01.4"	102° 38' 55.4"	2 131
28	Calera, Zacatecas	23° 56' 27.6"	102° 44' 26.3"	2 145
29	Rio Frio, Zacatecas	23° 56' 27.9"	102° 44' 26.4"	2 155
30	Rio Frío, Zacatecas	23° 56' 27.9"	102° 44' 26.4"	2 155

Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones, donde para la evaluación del color de fruto y vitamina C (ácido ascórbico), la unidad experimental consistió de un conjunto de 15 frutos. Por otro lado, con 20 frutos por unidad experimental se determinó el contenido de antocianinas totales, fenoles totales, así como la capacidad antioxidante.

Parámetros evaluados

Color. Se determinó sobre la epidermis del fruto, mediante un colorímetro portátil Color Tec-PCM® (Cole Palmer, Illinois, USA), en la que se obtuvieron las coordenadas de color Cielab (CIE 1976 (L*a*b)). Posteriormente se calcularon los valores de cromaticidad = $(a^2+b^2)^{1/2}$ y tonalidad o $^{\circ}\text{hue} = \arctan^{-1}(b/a)$.

Vitamina C (ácido ascórbico). Se estimó de acuerdo con el método propuesto por Jagota y Dani (1982), para ello, se tomaron 4 g de tejido y se homogeneizaron con 5 mL de ácido tricloroacético al 20%, la mezcla se dejó reposar por 5 min en frío (hielo) y se centrifugó a 15 000 rpm por 20 min a 4 °C. Se tomó una alícuota de 0.2 mL del sobrenadante y se le adicionaron 1.8 mL de agua destilada y 0.2 mL de Folin-Ciocalteu al 10%. La mezcla se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante 10 min para posteriormente realizar la lectura de absorbancia a 760 nm, mediante en un espectrofotómetro UV-Vis Genesys™ 10S (Thermo Fisher Scientific, Florida, USA). El cálculo de la concentración de este compuesto se realizó en función de una curva estándar de ácido ascórbico y los resultados se expresaron mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ de peso seco (ps).

Antocianinas totales. Su evaluación se realizó de acuerdo con el método propuesto por Craker (1971), el cual consistió en tomar 0.5 g de tejido y triturar en mortero con metanol-HCl al 1% para posteriormente filtrar en papel Whatman® con grado GF6 y registrar la lectura de absorbancia a 525 nm con el refractómetro UV-Vis Genesys™ 10S (Thermo Fisher Scientific, Florida, USA).

Los resultados se calcularon con la expresión.

$$\text{AT (mg cianidina-3-glucósido 100 g}^{-1} \text{ ps)} = \left[\frac{A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 1000}{\epsilon \times L} \right] \times 21$$

Donde: A= es la absorbancia a 525 nm; PM= corresponde al peso molecular de la cianidina-3-glucósido (449.2); FD= es el factor de dilución, ϵ es la absortividad molar para la cianidina-3-glucósido (26 900); L= es la trayectoria óptica de la cubeta (10 mm).

Fenoles totales. La cuantificación de estos compuestos, se realizó con el método propuesto por Litwack (1967), con algunas modificaciones: se tomó 1 g de tejido y se homogeneizó con 25 mL de agua destilada, de la que se tomó una alícuota de 2 mL a la que se adicionaron 0.4 mL de solución extractora compuesta por metanol, cloroformo y agua (2:1:1) y se centrifugó por 15 min a 11 400 rpm. Al sobrenadante se le adicionaron 10 mL de Na₂CO₃ (10%), para después ser mantenida a 38 °C durante 15 min. Posteriormente, de esta solución se tomó 1 mL y se le agregó el reactivo Folin-Ciocalteu (1 mL) dejándose reposar por 15 min en condiciones de completa oscuridad y se procedió a tomar la lectura de absorbancia a 660 nm mediante el espectrofotómetro UV-Vis Genesys™ 10S (Thermo Fisher Scientific, Florida, USA). Los datos de concentración se obtuvieron tomando como referencia una curva estándar de ácido gálico. Los resultados se expresaron en mg ácido gálico 100 g⁻¹ ps.

Capacidad antioxidante. La determinación de esta variable se realizó con el método de dihidrocloruro de N, N-dimetil-p-fenil-N-diamina (DMPD) modificado por Fogliano *et al.* (1999). El método consistió en preparar una solución de DMPD (209 mg de este compuesto disuelto en 10 mL de agua destilada), de la cual se tomó 1 mL y se le agregaron 100 mL de una solución amortiguadora de acetato 0.1 M (pH 5.25). A esta solución se le agregaron 0.2 mL de cloruro férrico 0.05 M, con concentración final 0.1 mM. La lectura de absorbancia se registró a una longitud de onda de 505 nm (UV-Vis Genesys™ 10S (Thermo Fisher Scientific, Florida, USA)), la cual corresponde a la señal no inhibida (Ao). Asimismo, se construyó una curva estándar antioxidante de Trolox, para ello fue necesaria la dilución de diversas concentraciones de este compuesto (obtenidas de una solución de Trolox en metanol a una concentración de 1 mg mL), a la que se le agregaron 0.2 mL de extracto. La mezcla se agitó durante 10 min y se registró la lectura de absorbancia a 505 nm (Af). Los resultados se expresaron como porcentaje de la solución del catión radical no inhibido y para su cálculo se empleó la expresión.

$$A_{505}(\%) = \left(1 - \frac{A_f}{A_o} \right) \times 100$$

Donde: Ao= es la absorbancia del catión radical no inhibido; Af= corresponde al valor de absorbancia registrada 10 min después de haber agregado la solución estándar de Trolox o la muestra del extracto de jugo.

Análisis estadístico de los datos. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza de clasificación simple (Anova) y comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Además, con la idea de agrupar las diversas colectas con características similares, se hizo un análisis multivariado de un agrupamiento basado en las distancias estadísticas cuadradas (datos estandarizados) y se construyó un dendograma con el método de mínima varianza de Ward (Dallas, 2000) y se empleó el paquete de análisis estadístico SAS® versión 9.0. (SAS Institute, 2002).

Resultados y discusión

Color

Uno de los parámetros de calidad con mayor utilidad práctica en frutas y hortalizas, lo constituye el color, el cual sufre relativamente pocas alteraciones en frutos deshidratados (secos) durante su almacenamiento (Pérez-López *et al.*, 2010) y los cambios ocurridos son consecuencia de la

variación en la concentración de algunos pigmentos naturales (antocianinas y carotenoides) o en el peor de los casos, ocasionadas por reacciones de oscurecimiento enzimático (Moreno-Pérez *et al.*, 2006; Agostini-Costa *et al.*, 2017).

En este trabajo no se encontró variación significativa ($p \leq 0.05$) con relación a la luminosidad y cromaticidad del color, cuyos valores fluctuaron de 12.47 a 21.58 y entre 24.96 a 41.96, respectivamente (Cuadro 2). Con respecto a estos resultados, varios autores han indicado, que el color característico del fruto de chile se encuentra altamente correlacionado con la síntesis y acumulación de carotenoides (β -caroteno, xantofilas, β -criptoxantina, zeaxantina, violaxantina y capsantina) (Hernández-Ortega *et al.*, 2012; Figueroa *et al.*, 2015; Agostini-Costa *et al.*, 2017), donde su concentración se ve fuertemente influenciada por la intensidad o ausencia de diversas prácticas de manejo del cultivo (riego, uso de cubiertas plásticas en el suelo, fuentes de fertilización, entre otros) (López-Pérez *et al.*, 2007; Chávez-Servia *et al.*, 2016), sin contar si el tipo de secado es natural o artificial (Rochín-Wong *et al.*, 2013).

Por otro lado, el °hue fue estadísticamente similar para 96.6% de las colectas (29/30), en la que se incluyen a las variedades comerciales ‘Castilla’ y ‘Minero’, con valores que fluctuaron entre 39.42 y 173.05°, en la que se destaca la colecta 19 nativa de Bañon, Fresnillo, Zacatecas con el valor máximo para esta variable, la cual mostró frutos con color rojo intenso y superó estadísticamente a la colecta 25 (Las Auras, Calera, Zacatecas) con 33.77°, siendo esta última, la que presentó los frutos con menor °hue (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores medios relacionados con los componentes de color y contenido de vitamina C, evaluados en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) nativas de Durango y Zacatecas, México.

Número de colecta	Color			VC (mg ácido ascórbico 100 g ⁻¹ ps)
	Brillantez (L)	Cromaticidad (pureza de color)	Tonalidad (°hue)	
1	16.35 a *	29.13 a	39.42 ab	169.93 a-c
2	16.85 a	33.1 a	88.96 ab	123.3 bc
3	15.52 a	33.42 a	53.58 ab	146.31 a-c
4	16.86 a	30.88 a	45.84 ab	115.62 c
5	19.18a	40.98 a	64.13 ab	127.13 bc
6	15.37 a	24.96 a	120.46 ab	150.15 a-c
7	16.15a	34.18 a	71.78 ab	157.82 a-c
8	16.42 a	41.65 a	98.59 ab	138.64 a-c
9	17.87 a	30.65 a	81.58 ab	161.66 a-c
10	18.8 a	30.51 a	55.74 ab	123.3 bc
11	17.68 a	26.35 a	62.16 ab	138.64 a-c
12	16.81 a	32.09 a	105.91 ab	150.15 a-c
13	18.78 a	25.38 a	129.04 ab	150.15 a-c
14	16.46 a	31.66 a	58.94 ab	157.82 a-c
15	14.44 a	26.9 a	60.73 ab	146.31 a-c
16	17.01 a	32 a	127.88 ab	177.01 a-c
17	18.51 a	35.81 a	67.45 ab	169.33 a-c

Número de colecta	Color			VC (mg ácido ascórbico 100 g ⁻¹ ps)
	Brillantez (L)	Cromaticidad (pureza de color)	Tonalidad (°hue)	
18	17.01 a	42.82 a	49.52 ab	123.3 bc
19	17.88 a	38.05 a	173.05 a	200.02 a
20	16.36 a	35.97 a	54.01 ab	184.68 ab
21	14.06 a	26.6 a	75.97 ab	173.17 a-c
22	12.47 a	40.71 a	67.08 ab	169.33 a-c
23	15.59 a	41.87 a	52.08 ab	127.13 bc
24	21.58 a	25.34 a	74.6 ab	169.33 a-c
25	15.99 a	29.6 a	33.77 b	196.19 a
26	15.4 a	34.76 a	79.32 ab	150.15 a-c
27	17.26 a	35.34 a	90.45 ab	157.82 a-c
28	15.05 a	31.4 a	98.58 ab	138.64 a-c
29	18.24 a	36.79 a	68.77 ab	119.46 c
30	14.36 a	35.56 a	103.14 ab	115.62 c
DMSH	8.94	32.54	135.21	64.77

VC= vitamina C; *= valores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH= diferencia mínima significativa honesta.

Entre los parámetros de calidad considerados de primordial importancia para los diversos tipos de chiles deshidratados (secos) enteros (guajillo o mirasol, ancho, mulato, de árbol, puya y pasilla) se encuentra asociado con el color, para esto la Norma Oficial Mexicana 107 (NMX-FF-107/1-SCFI-2006) (Anónimo, 2006) señala que valores entre 47.33 y 56.96° indican la presencia de frutos con epidermis de color rojo intenso u oscuro uniforme, es decir, sin presentar problemas de decoloración, quemaduras y raspaduras, que en gran medida pueden estar ocasionados por factores abióticos (radiación solar excesiva, deficiencias nutrimentales e índice de cosecha inadecuado) y bióticos (ataque de plagas y enfermedades) (Moreno-Pérez *et al.*, 2011).

En este estudio, con excepción de las colectas 1 y 4 (La Joya, Poanas, Durango) y 25 (Las Auras, Calera, Zacatecas), el resto de colectas, incluyendo las variedades comerciales cumplen de manera satisfactoria con este índice de calidad tan importante para productores y comercializadores de este producto, ya que sus valores fluctuaron entre 49.52 y 173.05°. Por su parte, Hernández-Ortega *et al.* (2012); Rochín-Wong *et al.* (2013), señalan que durante el periodo de almacenamiento se produce una variación en el contenido de pigmentos carotenoides presentes en la cáscara, debido a un proceso de oxidación, la cual se incrementa por la acción de factores externos de naturaleza física, tales como la temperatura, humedad y niveles de luminosidad o también de naturaleza química, con la presencia de iones metálicos, enzima peroxidasa y oxígeno libre (oxidantes) (Pérez-López *et al.*, 2007; Chávez-Servia *et al.*, 2016).

Vitamina C (ácido ascórbico)

Entre los componentes nutricionales del chile guajillo se encuentra vinculado con su contenido de vitamina C (ácido ascórbico), el cual presenta variaciones a lo largo del crecimiento y desarrollo del fruto, sin embargo, en madurez fisiológica (máxima acumulación de biomasa) se reporta que posee entre 150 y 180 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ (Kantar *et al.*, 2016; Agostini-Costa *et al.*, 2017).

Las colectas analizadas mostraron variación significativa con respecto al contenido de ácido ascórbico, en la que se desatacan las colectas 19 (Bañon, Fresnillo, Zacatecas) y 25 (Las Auras, Calera, Zacatecas) con valores de 200.02 y 196.19 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹, las cuales superaron lo observado en los frutos de las colectas 2, 4, 5, 10, 17, 23, 29 y 30 cuyos valores fluctuaron entre 115.62 y 127.62 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ (Cuadro 2).

En contraste, Figueroa *et al.* (2015) indican para diversas variedades de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) valores que fluctúan entre 274.3 y 355.5 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹. Por su parte, Cruz-Crespo *et al.*, (2015) indican un valor máximo de 41.19 mg 100 g⁻¹, para la variedad ‘Tampiqueño’ de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) cultivado con diferente concentración de nutrimentos y proporciones de sustrato (roca volcánica y vermicomposta). Adicionalmente, Cruz *et al.* (2007) en chile manzano (*Capsicum pubescens* L.) mencionan un contenido entre 455 y 238 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹. La variación entre lo encontrado en este trabajo y el de otros autores, pueda estar asociada con gran variedad de factores, entre estos, el grado de madurez a la cosecha, debido a que frutos donde prevalece el color verde, generalmente contienen una mayor concentración de ácido ascórbico en relación con las de color amarillo y rojo (Hervert-Hernández *et al.*, 2010), condiciones climáticas (radiación, temperatura y humedad relativa) prevalecientes en precosecha, prácticas culturales de manejo agronómico (Agostini-Costa *et al.*, 2017), condiciones de manejo poscosecha durante el periodo de almacenamiento (el contenido de agua disminuye entre 5 y 12%, lo que conlleva a la pérdida y degradación de entre 10 y 50% de ácido ascórbico) (Kantar *et al.*, 2016) y si en la metodología analítica utilizada se empleó en tejido fresco o deshidratado (Rochín-Wong *et al.*, 2013).

Antocianinas totales

El fruto de chile guajillo posee un contenido considerable de compuestos polifenólicos (metabolitos secundarios), en los cuales pueden estar incluidos varios grupos funcionales, tales como los flavonoides (Arnnok *et al.*, 2012) y entre los subgrupos más importantes de este grupo funcional se encuentran las antocianinas (Kantar *et al.*, 2016), a lo cual se atribuye la presencia del típico color rojo en frutos y hortalizas, entre ellos el chile (Hervert-Hernández *et al.*, 2010; Arnnok *et al.*, 2012). En este estudio, como se observa en el Cuadro 3, 96.6% de las colectas (29/30) mostraron valores estadísticamente similares con respecto a la concentración de antocianinas en los frutos, cuyos valores estuvieron entre 1 y 1.97 mg cianidina-3-glucosido 100 g⁻¹; sin embargo, la colecta 22 (Potrero de Ojuelos, Fresnillo, Zacatecas) fue la que presentó menor concentración de este pigmento con 0.87 mg cianidina-3-glucosido 100 g⁻¹.

En contraste, Moreno *et al.* (2006), al evaluar frutos maduros de 162 colectas (plantas) de chile guajillo, nativas de Jalisco, Zacatecas y Durango, reportan un valor medio más bajo (0.22 mg 100 g⁻¹) el cual fue detectado en una planta proveniente del municipio de villa unión en Durango, sin embargo, también reportan valores de 1.97 mg 100 g⁻¹ en frutos de una colecta de Luis de moya, Zacatecas, similares a lo encontrado en las colectas 1, 21, 17 y 9 con valores de 1.89, 1.90, 1.91 y 1.97 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Variabilidad atribuida de acuerdo con Moreno *et al.* (2006) con el genotipo y las condiciones edafoclimáticas prevalecientes de las localidades durante el crecimiento y desarrollo de los materiales colectados (Rochín-Wong *et al.*, 2013), así como con el manejo durante el proceso de deshidratación (Hernández-Ortega *et al.*, 2012).

Por su parte, Arnnok *et al.* (2012) evaluó el contenido de antocianinas en el pericarpio de chile (*Capsicum annuum* L.) e indican valores en peso fresco de 0.79 a 2.78 mg kg⁻¹ y 6.62-19.9 mg kg⁻¹ en peso seco, donde dicha variación según los autores se atribuyó con la duración en el periodo de almacenamiento y a la intensa actividad del sistema no enzimático (glutación reducido, vitamina E (α -tocoferol), vitamina A (trans-retinol/ β -caroteno) y ácido ascórbico (vitamina C)) que se activa en contra del pardeamiento y oxidación provocada por la actividad de la enzima polifenoloxidasas y catecoloxidasas (Rodríguez *et al.*, 2017).

Fenoles totales

Se encontró que 96.6% de los materiales analizados fueron estadísticamente similares en su contenido de fenoles totales (72 y 129.54 mg ácido gálico 100 g⁻¹); sin embargo, si superaron a la colecta 3 (Vicente Guerrero, Durango) quien mostró el valor más bajo para esta variable (40.09 mg ácido gálico 100 g⁻¹) (Cuadro 3). Con respecto a estos resultados, Menichini *et al.* (2009) en un estudio donde evaluaron el efecto del estado de madurez sobre el contenido de fitoquímicos en *Capsicum chinense* Jacq. ‘Habanero’, reportan valores de fenoles totales muy por arriba a los encontrados en este trabajo, con 782 (inmaduro-verde) y 759 (maduro-rojo) mg 100 g⁻¹, respectivamente. No obstante, Figueroa *et al.* (2015) indican valores más bajos para seis variedades comerciales y tres coloraciones de fruto (mg ácido gálico 100 g⁻¹): ‘Magno’ (anaranjado) (8.51), ‘Moonset’ (amarillo) (9.72), ‘California’ (amarillo) (7.16), ‘Triple 4’ (rojo) (6.55), ‘Triple Star’ (rojo) (10.98) y ‘Viper’ (rojo) (9.98), y sin encontrar diferencias por efecto de variedades y coloración, comportamiento que se asoció con el periodo de maduración (cambio de color verde a rojo, amarillo y naranja) (Shahidi y Naczki, 2004), por lo tanto, se sugiere que el consumo de chile debe realizarse durante madurez fisiológica, cuando aún no han completado su proceso de madurez. Adicionalmente, autores como Arnnok *et al.* (2012) indican que la exposición a temperaturas altas (55-65 °C) y en la que además los niveles de ventilación en los túneles de secado no sean los adecuados, incide de forma negativa en la degradación de metabolitos secundarios, entre estos, los compuestos fenólicos.

Capacidad antioxidante

Como se observa en el Cuadro 3, 26/30 de las colectas (incluidas las variedades comerciales) mostraron valores estadísticamente similares de CA entre 4 991 y 10 607 $\mu\text{mol eq Trolox g}^{-1}$, sin embargo, fueron mayores a los mostrados por las colectas 8, 20, 21 y 28 con 3 068, 3 063, 2 559 y 2 054 $\mu\text{mol eq Trolox g}^{-1}$, respectivamente. Resultados que superan lo indicado por Hervert-Hernández *et al.* (2010) quienes al evaluar la capacidad antioxidante en chile guajillo con los métodos FRAP (ferric reducing/antioxidant power) y ABTS (2,2’azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico) indican no haber encontrado variación estadística con valores de 63.9 ± 0.9 y 26.6 ± 1 $\mu\text{mol eq Trolox 100 g}^{-1}$, de igual manera, estos mismos autores también reportan en chile de árbol y chipotle (*Capsicum annuum* L.) valores de capacidad antioxidante de 82.3 ± 1.3 y 80.6 ± 1.2 $\mu\text{mol eq Trolox 100 g}^{-1}$, respectivamente, los cuales tampoco superan lo encontrado en esta investigación.

Cuadro 3. Contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante evaluados en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) nativas de Durango y Zacatecas, México.

Número de colecta	AT (mg cianidina-3-glucosido 100 g ⁻¹ ps)	FT(mg ácido gálico 100 g ⁻¹ ps)	CA (μmol eq Trolox g ⁻¹)
1	1.89 a*	92.53 ab	6 047 a-d
2	1.59 ab	73.59 ab	5 834 a-d
3	1.82 ab	40.09 b	9 095 ab
4	1.05 ab	91.75 ab	8 882 a-c
5	1.28 ab	81.5 ab	5 488 a-d
6	1.46 ab	90.26 ab	5 011 a-d
7	1.74 ab	91.64 ab	5 61 a-d
8	1.67 ab	116.88 a	3 068 b-d
9	1.97 a	86.92 ab	4 991 a-d
10	1 ab	88.13 ab	8 255 a-d
11	1.74 ab	94.55 ab	7 863 a-d
12	1.67 ab	91.64 ab	9 759 a
13	1.73 ab	111.81 a	8 692 a-c
14	1.80 ab	89.69 ab	10 607 a
15	1.40 ab	86.64 ab	9 531 ab
16	1.35 ab	78.34 ab	9 902 a
17	1.91 a	85.83 ab	5 075 a-d
18	1.18 ab	93.02 ab	8 927 a-c
19	1.47 ab	82.85 ab	7 437 a-d
20	1.35 ab	106.07a	3 063 b-d
21	1.9 a	129.54 a	2 559 cd
22	0.87 b	82.88 ab	7 201 a-d
23	1.62 ab	84.69 ab	8 693 a-c
24	1.43 ab	117.1 a	5 364 a-d
25	1.46 ab	106.82 a	9 161 ab
26	1.79 ab	125.11 a	7 749 a-d
27	1.81 ab	107.13 a	7 596 a-d
28	1.25 ab	89.37 ab	2 054 d
29	1.58 ab	72 ab	6 671 a-d
30	1.17 ab	83.41 ab	7 558 a-d
DMSH	1.004	63.18	6 484.1

AT= antocianinas totales; FT= fenoles totales; CA= capacidad antioxidante; * = valores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH= diferencia mínima significativa honesta.

Asimismo, Figueroa *et al.* (2015) para seis variedades comerciales, tres coloraciones de fruto y con el mismo método de análisis químico, indican valores de entre 729 y 1281 μmol eq Trolox 100 g⁻¹, donde las variedades de color amarillo fueron la más sobresalientes. Existe suficiente evidencia que sugiere una alta correlación entre el contenido de ácido ascórbico, flavonoides y fenoles totales con respecto al comportamiento de la capacidad antioxidante (Menichini *et al.* 2009; Kantar *et al.*, 2016), de tal modo, que el nivel de capacidad antioxidante se presenta de manera diferenciada, si se considera el método de análisis (Arnnok *et al.*, 2012), estado de madurez y manejo agronómico

(Pérez-López *et al.*, 2007). En este trabajo, las colectas 12, 14 y 16, presentaron valores de capacidad antioxidante que superan a los reportados en especies como tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y papa (*Solanum tuberosum* L.) (Tangkanakul *et al.*, 2009).

Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (CP) indicó que con tres CP se explicó 65.5% de la variación total (Cuadro 4). De esta, 26.2% corresponde al CP1 y de acuerdo con los coeficientes de correlación de Pearson (R^2) (Cuadro 5), este componente estuvo relacionado con el contenido de VC y AT, el 16.2% correspondió al CP2 que se relacionó con la pureza de color (Croma), brillantez (L) y CA; tonalidad ($^{\circ}$ hue) y FT con 14% de la variación constituyeron al CP3. Estos resultados son similares a los obtenidos por Moreno-Pérez *et al.* (2011) en un estudio de diversidad morfológica de 162 colectas de chile guajillo nativas, procedentes de los estados de Jalisco, Zacatecas y Durango, México, indican que con dos CP explicaron 75.5% del total de la variación, y que el CP1 se conformó por la brillantez, cromaticidad y $^{\circ}$ hue y el CP2 por el contenido de AT. Asimismo, Ramírez *et al.* (2018) al evaluar la diversidad morfológica en 11 poblaciones de chile piquín (*Capsicum annum* L.) nativas de la sierra gorda (Guanajuato y Querétaro, México) concluyen que 56.6% de la variación total se explicó con tres CP, cuya integración estuvo dada por las características de peso, ancho y longitud del fruto, así como por la densidad de hojas, diámetro de semilla, forma del fruto y color de las anteras.

Cuadro 4. Valor característico y varianza de los componentes principales (CP).

CP	Valor característico	Proporción de la varianza	Varianza acumulada
CP1	2.095	0.262	26.2
CP2	1.301	0.162	42.4
CP3	1.124	0.14	65.5

Cuadro 5. Vectores característicos y coeficientes de determinación (R^2) de los componentes principales (CP).

Variable	CP1	CP2	CP3	R^2		
				CP1	CP2	CP3
Brillantez	-0.19	-0.448	0.196	-0.276	-0.511**	0.208
Cromaticidad	-0.287	0.579	0.138	-0.415**	0.661**	0.146
Tonalidad ($^{\circ}$ hue)	0.161	-0.068	0.809	0.234	-0.077	0.858**
Vitamina C	0.473	-0.18	0.283	0.685**	-0.206	0.3
Antocianinas totales	0.473	0.347	0.127	0.684**	0.396	0.135
Fenoles totales	0.46	-0.146	-0.409	0.666**	-0.167	-0.434**
y CA	-0.384	-0.404	0.083	-0.557**	-0.461**	0.088

y = CA= capacidad antioxidante; **= altamente significativas ($p \leq 0.01$).

Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados se presenta en la Figura 1, el cual se corrobora con el criterio cúbico de agrupamiento y la pseudoestadística T^2 de Hotelling (primer valor $< 20\%$ del total de colectas) y se observa la conformación de cuatro grupos, donde el grupo I se conformó por las colectas 1, 6,

7, 8, 9, 17, 20, 21, 25, 26 y 28, el grupo II se integró por la 2, 29, 5, 18, 23, 30, 4, 10, 11 y 14 y las colectas 12, 27, 13, 24, 16 y 19 correspondieron al grupo III, siendo los grupos II y III donde se incluyeron a las variedades comerciales ‘Castilla’ y ‘Minero’, respectivamente. Por otro lado, es importantes señalar que el grupo I se integró por similar número de colectas con respecto a los sitios de recolección Durango (6) y Zacatecas (5), donde es importante mencionar que entre las condiciones climáticas en común que poseen entre sus sitios recolección, se encuentran la temperatura y precipitación promedio anual con valores entre 16.9 °C y 500 mm, respectivamente (INAFED, 2010), condiciones pueden estar vinculadas con el desarrollo de la pureza de color (cromaticidad), producto de la síntesis y acumulación de VC, AT y FT (Moreno-Pérez *et al.*, 2006), tal como se observó los valores de los vectores característicos de este componente principal.

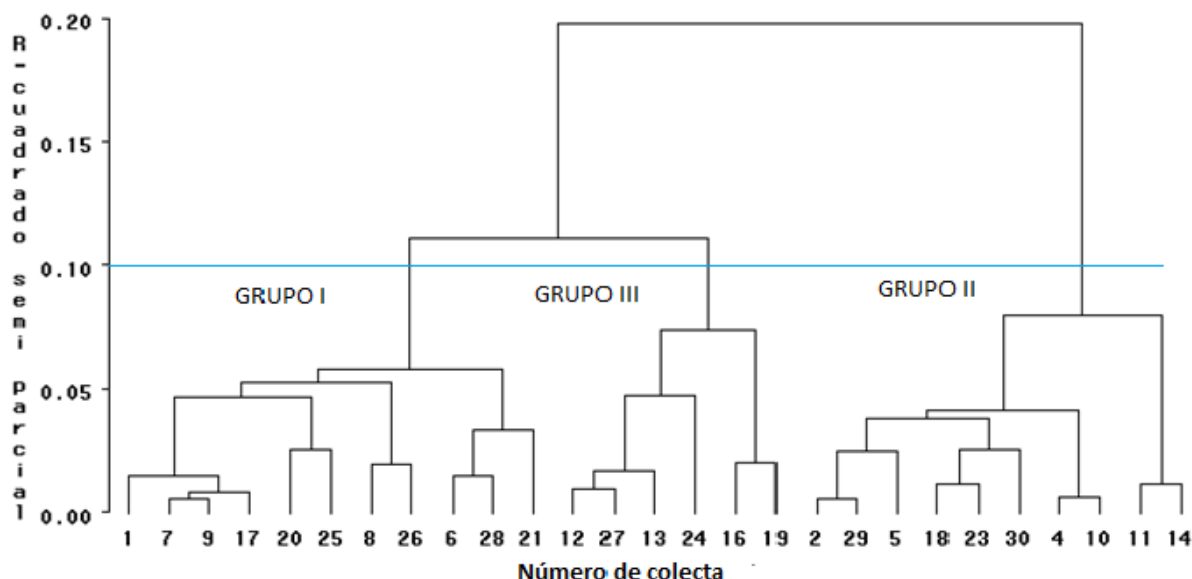


Figura 1. Dendrograma de colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) con base a caracteres de color, vitamina C, fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante.

Análisis discriminante canónico

Con el propósito de verificar que el número de grupos considerados en el análisis de componentes principales es el adecuado, se realizó un análisis discriminante canónico, donde se consideró como variable categórica los tres grupos. Se encontró que con dos funciones discriminantes canónicas (VC) se pudo describir 100% de la variabilidad de los grupos (Cuadro 6), con variación individual de 62.5% y 37.4%.

Cuadro 6. Valores propios de funciones discriminantes canónicas evaluados en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) nativas de Durango y Zacatecas, México.

Variable canónica	^o VC	PV	PVA
VC1	5.408	62.5	62.5
VC2	3.232	37.4	100

^oVC= valor característico; PV= proporción de la varianza; PVA= proporción de la varianza acumulada.

Al realizar las correlaciones lineales entre las funciones discriminantes generadas, se determinó que la variable discriminante canónica 1 (VC1) se correlacionó de forma positiva con el contenido de VC y °hue y negativa con la CA y la cromaticidad, con valores de -0.293 y -0.064, respectivamente. Por otro lado, con valores de 0.733 y 0.579 la CA y L mostraron alta correlación lineal positiva en la VC2, por su parte, el contenido de VC, AT y FT fue negativo (Cuadro 7). Estos resultados indican que 62.5% de la variación total se encuentra explicado por el incremento de VC, AT y FT (Dallas, 2000); sin embargo, si la presencia de estos compuestos disminuye, la CA de los frutos se incrementa (Arnnok *et al.*, 2012).

Cuadro 7. Estructura canónica total de variables discriminantes definidas con tres grupos de colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.)

Variable	γ VC1	VC2
Brillantez	0.204	0.579
Cromaticidad	-0.293	0.022
Tonalidad (°hue)	0.64	0.258
Vitamina C	0.754	-0.4
Antocianinas totales	0.397	-0.529
Fenoles totales	0.415	-0.386
Capacidad antioxidante	-0.064	0.733

γ = variable canónica.

Conclusiones

Entre los componentes de color analizados, la tonalidad fue la que mayor variabilidad presentó entre las muestras de frutos. Se encontró que las colectas 19 y 25 nativas de Zacatecas mostraron los valores más altos de VC con 200.02 y 196.19 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ ps. El 96.6% de las colectas (29/30) mostraron valores similares de AT y FT, cuyos valores estuvieron entre 1 y 1.97 mg cianidina-3-glucosido 100 g⁻¹ y 72 y 129.54 mg ácido gálico 100 g⁻¹ ps, respectivamente. Un total de 26/30 de las colectas mostraron valores similares de CA entre 4 991 y 1 0607 μ mol eq Trolox g⁻¹; sin embargo, superaron a lo observado en la colectas 8 de Vicente Guerrero, Durango y 20, 21 y 28 de Zacatecas. Por otro lado, con base en tres componentes principales se explicó 65.5% de la variación total entre las colectas, donde el contenido de VC, AT y los componentes de color (brillantes y cromaticidad) fueron las que contribuyeron a la explicación de dicha variación.

Literatura citada

- Agostini-Costa, T. S.; Silva, G. I.; Martins, P. L. A.; Becke, S. F. J. and Costa, R. C. S. 2017. Carotenoid and total vitamin C content of peppers from selected Brazilian cultivars. *J. Food Comp. Analysis*. 57:73-79.
- Aguilar, H. y Esparza, F. G. 2010. Situación y perspectivas de la producción de chile seco en Zacatecas. *Rev. Geografía Agríc.* 45(2):19-38.
- Anónimo. NMX-FF-107/1-SCFI-2006. 2006. Productos alimenticios, chiles secos enteros. <http://cide.uach.mx/pdf/normas%20mexicanas%20nmx/productos%20alimenticios%20no%20industrializados%20para%20uso%20humano/productos%20alimenticios.%20chiles%20secos%20enteros.pdf>.

- Arnnok, P.; Ruangviriyachai, C.; Mahachai, R.; Techawongstien, S. and Chanthai, S. 2012. Determination of total phenolics and anthocyanin contents in the pericarp of hot chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). *Inter. Food Res. J.* 19(1):235-243.
- Chávez-Servia, J. L.; Vera-Guzmán, A. M.; Carrillo-Rodríguez, J. C. y Heredia-García, E. 2016. Variación en contenido de minerales en frutos de variedades autóctonas de Chile (*Capsicum annuum* L.), cultivadas en invernadero. *Vitae.* 23(1):48-57.
- Craker, L. E. 1971. Postharvest color promotion in cranberry with ethylene. *HortScience.* 6:137-139.
- Cruz, P. A. B.; González, H. V.; Soto, H. R. M.; Gutiérrez, E. M. A.; Gardea, B. A. A. y Pérez, G. M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de Chile manzano. *Agrociencia.* 41(41):627-635.
- 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.
- Dallas, J. E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. ITP Internacional Thompson Editores, SA de CV. México, DF. 547 p.
- Figueroa, C. I. E.; Martínez, D. M. T.; Rodríguez, P. J. E.; Cruz, A. O.; Colinas, L. B. M. T.; Valle, G. S. y Ramírez, R. S. P. 2015. Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). *Interciencia.* 40(10):696-703.
- Fogliano, V.; Verde, V.; Randazzo, G. and Ritieni, A. 1999. Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *J. Agric. Food Chem.* 47(3):1035-1040.
- Hernández-Ortega, M.; Ortiz-Moreno, A.; Hernández-Navarro, M. D.; Chamorro-Cevallos, G.; Dorantes-Álvarez, L. and Necochea-Mondragon, H. 2012. Antioxidant, antinociceptive, and anti-inflammatory effects of carotenoids extracted from dried pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Bio. Biotechnol.* 524019:10.
- Hervert-Hernández, D.; Sayago-Ayerdi, S. G. and Goñi, I. 2010. Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.), antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. *J. Agric. Food Chem.* 58(6):3399-3406.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: estado de Durango y Zacatecas. Ciudad de México, México. <https://www.gob.mx/inafed>.
- Jagota, S. K. and Dani, H. M. 1982. A new colorimetric technique for the estimation of vitamin C using Folin phenol reagent. *Analytical Biochem.* 127(1):178-182.
- Kantar, B. M.; Anderson, E. J.; Lucht, A. S.; Mercer, K.; Bernau, V.; Case, A. K.; Le, C. N.; Frederiksen, K. M.; DeKeyser, C. H.; Wong, Z. Z.; Hastings, C. J. and Baumler, J. D. 2016. Vitamin variation in *Capsicum* spp. Provides opportunities to improve nutritional value of human diets. *PLoS ONE.* 11(8):e0161464.
- Litwack, G. 1967. Bioquímica experimental. Ediciones Omega, SA. Barcelona, España. 378 p.
- Menichini, F.; Tundis, R.; Bonesi, M.; Loizzo, R. M.; Conforti, F.; Statti, G.; De Cindio, B.; Houghton, J. P. and Menichini, F. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chem.* 114(2):553-560.
- Moreno-Pérez, E. C.; Avendaño-Arrazate, H.; Mora-Aguilar, R.; Cadena-Iñiguez, J.; Aguilar-Rincón, V. H. y Aguirre-Medina, J. F. 2011. Diversidad morfológica en colectas de Chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del centro-norte de México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 12(1):23-30.

- Moreno-Pérez, E. C.; Martínez-Damián, Ma. T.; Reyes-López, D.; Pérez-Mercado, C. A.; Peña-Lomelí, A. y Espinosa-Robles, P. 2006. Intensidad de color y contenido de antocianinas en chile guajillo (*Capsicum annuum* L.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 17(1):135-140.
- Pérez-López, A. J.; López-Nicolas, J. M.; Núñez-Delicado, E.; Amor, M. F. and Carbonell-Barrachina, A. A. 2007. Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition, and minerals contents of sweet peppers, cv. Almuden. J. Agric. Food Chem. 55(20):8158-8164.
- Ramírez, N. U. I.; Cervantes, O. F.; Montes, H. S.; Raya, P. J. C.; Cibrián, J. A. y Andrio, E. E. 2018. Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) de Querétaro y Guanajuato, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 9(6):1159-1170.
- Rochín-Wong, C. S.; Gamez-Meza, N. G.; Montoya-Ballesteros, L. C. y Medina-Juárez, L. A. 2013. Efecto de los procesos de secado y encurtido sobre la capacidad antioxidante de los fitoquímicos del chiltepín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). Rev. Mex. Ingeniería Química. 12(2):227-239.
- Rodríguez, R. M. J.; Soliva, F. R. and Martín, B. O. 2017. Methods for determining the antioxidant capacity of food constituents. In: fruit and vegetable phytochemicals: chemistry and human health. Yahia, E. M. (Ed.). Hoboken, New Jersey. USA. John Wiley & Sons, Ltd. 803-816 pp.
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT User's guide, Software version 9.0. Cary, NC. USA. 4424 p.
- Tangkanakul, P.; Auttaviboonkul, P.; Niyomwit, B.; Lowvitoon, N.; Charoenthamawat, P. and Trakoontivakorn, G. 2009. Antioxidant capacity, total phenolic content and nutritional composition of Asian foods after thermal processing. Inter. Food Res. J. 16:571-580.
- Toledo-Aguilar, R.; López-Sánchez, H.; Santacruz-Varela, A.; Valadez-Moctezuma, E.; López, P. A.; Aguilar-Rincón, H.; González-Hernández, V. A. and Vaquera-Huerta, H. 2016. Characterization of genetic diversity of native 'Ancho' chili populations of Mexico using microsatellite markers. Chilean J. Agric. Res. 76(1):18-26.
- Vera-Guzmán, A. M.; Chávez-Servia, J. L.; Carrillo-Rodríguez, J. C. and López, G. M. 2011. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. Chilean J. Agric. Res. 71(4):578-585.