

# INTENSIDAD DE COLOR Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN CHILE GUAJILLO (*Capsicum annuum* L.)

E. del C. Moreno-Pérez<sup>1¶</sup>; Ma. T. Martínez-Damián<sup>1</sup>;  
D. Reyes-López<sup>2</sup>; C. A. Pérez-Mercado<sup>1</sup>;  
A. Peña-Lomelí<sup>1</sup>; P. Espinosa-Robles<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco. Km. 38.5, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230, MÉXICO. Fax: 01(595) 95 21642.

Correo-e: esau@correo.chapingo.mx. (¶Autor principal).

<sup>2</sup>Unidad Académica Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Col. Acateno. Teziutlán, Puebla. MÉXICO.

## RESUMEN

El trabajo se realizó con el objetivo de determinar el color y contenido de antocianinas en frutos maduros provenientes de 162 colectas (plantas) de chile guajillo, realizadas en localidades pertenecientes a Zacatecas, Durango y Jalisco, que son los estados donde se cultiva en mayor superficie este tipo de chile. Para determinar el color se midieron los parámetros Hunter (L, a y b), a partir de los cuales se determinó el ángulo de tono (hue), pureza de color (chroma) y brillo (L).

Las colectas de chile procedentes de Vaquerías, municipio de Ojuelos, Jalisco y de Luis Moya, Zacatecas, tuvieron frutos con menor coloración roja y contenido de antocianinas similar (valores entre 0.83 y 1.00). Las colectas procedentes de la localidad de Nuevo Día, Zacatecas tuvieron en promedio mayor contenido de antocianinas. El análisis general entre plantas mostró que la mayoría de las colectas se ubicaron en escala del color rojo, pero sobresalieron las colectas P64, P83, P124 y la P75. Con respecto al contenido de antocianinas existió mucha variación, aunque tuvieron mayor contenido las colectas P150, P133, P128 y P144.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** pigmentos, colectas, antioxidantes, recursos genéticos.

## COLOR INTENSITY AND ANTHOCYANINS CONTENT IN CHILLI GUAJILLO (*Capsicum annuum* L.)

## SUMMARY

The objective of the research was to determine the color and antocyanines content in the mature fruit from 162 collections (plants) of chile guajillo, made in locations in Zacatecas, Durango and Jalisco, which are states where the largest areas with this crop are cultivated. The Hunter (L, a and b) parameters were used to determine the color from which the hue, chroma, and luminosity (L) were determined. The chile collections from of Vaquerías, municipality of Ojuelos, Jalisco and from Luis Moya, Zacatecas, had the fruit that was the least red and had similar antocyanines content (values of between 0.83 and 1.00). The collections from Nuevo Día, Zacatecas had a greater average content of antocyanines. The general analysis between plants demonstrated that the majority of the collections were in the red color scale, but collections P64, P83, P124 and the P75 were outstanding. With regards to antocyanines content, there was much variation, although the collections P150, P133, P128 and P144 had the highest content.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** pigments, collections, antioxidants, genetic resources.

## INTRODUCCIÓN

La práctica de colorear los alimentos para consumo humano es de gran interés para la industria de colorantes, ya que a través de ésta los productos alimenticios

aparentemente mejoran su calidad. Muchos de los colorantes usados son de origen sintético, por lo que obtenerlos es relativamente fácil y de bajo costo, pero tienen el inconveniente de ser nocivos para la salud, por lo que se ha buscado fuentes naturales de pigmentos, encontrándose

en especies como *Vitis* spp., *Hibiscus sambucus* L., *Sambucus nigra* L., *Rubus* spp., *Solanum tuberosum* L. y *Raphanus sativus* L., entre otras (Bridle y Timberlake, 1996; Giusti, 1998; Rodríguez *et al.*, 1998).

La base de los colorantes naturales son antocianinas, que consisten en metabolitos secundarios que se encuentran en las plantas superiores (Brouillard, 1997). Estos pigmentos, además de ser excelentes sustitutos de los colorantes artificiales, tienen la ventaja de ser antioxidantes, los cuales tienen efectos medicinales, pero el proceso de obtención es de alto costo debido, principalmente, a las bajas concentraciones en que normalmente se encuentran en las plantas. Este tipo de compuestos también se ha encontrado en Chile (*Capsicum annum* L.), del cual se han extraído pigmentos para colorear embutidos y para uso en la industria avícola (Ramiro, 2001).

El Chile guajillo produce frutos de colores vistosos, desde rojos claros hasta rojos muy intensos, con diferentes niveles de brillantez y pueden tener altos contenidos de antocianinas, por lo que se llevó a cabo el presente trabajo con el objetivo de determinar el color y el contenido de antocianinas en colectas de Chile guajillo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal consistió de frutos maduros de 162 colectas (plantas) de Chile guajillo nativas, procedentes de los estados de Jalisco, Zacatecas y Durango (Cuadro 1).

En un colorímetro marca Color Tec-PMC modelo D25-PC2, se midió la coloración de los frutos con base en tres parámetros Hunter (*L*, *a* y *b*). El parámetro *L* mide la luminosidad o brillantez de la muestra; *a* mide la tonalidad del color verde a rojo y *b* las tonalidades de azul a amarillo (Minolta, 1994). A partir de estos parámetros, se calculó el ángulo de tono (hue) y la pureza de color (chroma), con base en las fórmulas siguientes: ángulo de tono hue =  $\arctan b/a$ ; pureza del color chroma =  $\sqrt{a^2 + b^2}$ ; el valor del brillo *L*, se obtuvo como una medida directa del colorímetro.

Esta lectura se realizó en la parte media central de cada uno de tres frutos analizados. Para extraer las antocianinas se utilizó 0.5 g tomados de la parte central del fruto, triturado en mortero, al que se agregó 10 ml de metanol 99 % + ácido clorhídrico 1 %; el extracto obtenido se filtró y recolectó en frascos de vidrio de 10 ml, y posteriormente se hicieron lecturas de absorbancia en un espectrofotómetro (Spectronic 20 Milton Ray Company) a 525 nm, de acuerdo con la metodología propuesta por Craher (1971).

Con los datos obtenidos se hicieron dos tipos de análisis: 1) la agrupación de colectas por localidad y 2) la comparación entre todas las colectas, usando tres frutos completos por individuo en madurez comercial.

Para cada carácter se hizo comparación de medias entre plantas y entre localidades con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), usando un diseño experimental completamente al azar. Además, con la idea de identificar las plantas o colectas con mayor color y contenido de antocianinas, se procedió a realizar análisis de componentes principales, de agrupamiento y discriminante canónico, a partir de los cuales se construyeron el dendrograma y la gráfica correspondiente (Dallas, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comparación entre localidades

Las colectas realizadas en las localidades Vaquerías, Jalisco y Luis Moya, Zacatecas, tuvieron valores para el carácter hue de 60.00 y 59.19, respectivamente (Cuadro 2), y fueron diferentes a las de las demás localidades. En general, estos resultados indican que todas las colectas tienen frutos con tonos de color rojo (Minolta, 1994).

Las diferencias observadas en color del fruto de las colectas de las diferentes localidades, puede deberse a las diferentes condiciones climáticas y edáficas en las que se desarrollaron las plantas, ya que Brouillard (1997), indica que en algunos cultivos las técnicas de producción y los factores ambientales, principalmente la temperatura y

**CUADRO 1. Localización geográfica, temperatura, precipitación y tipo de suelo de los sitios de colecta de frutos de Chile guajillo.**

Colecta	Latitud	Longitud	Altitud (m)	TM <sup>2</sup> (°C)	PPA (mm)	PTS	Localidad
P1-P41	22° 25' 57"	102° 14' 55"	1,980	15.9	411.3	PH y PC	Luis Moya, Zac.
P42-P99	23° 44' 03"	103° 59' 12"	1,950	16.7	523.5	LD y LE	V. Guerrero, Dgo.
P100-P119	21° 40' 25"	102° 35' 20"	1,930	19.3	633.5	PS y PM	Villa Hidalgo, Jal.
P120-P136	23° 05' 01"	102° 47' 41"	2,150	16.9	408.2	LD y LE	Nuevo Día, Fresnillo, Zac.
P137-P159	23° 58' 29"	104° 12' 50"	1,900	16.9	498.7	SH	Villa Unión, Poanas, Dgo.
P160-P162	21° 46' 02"	101° 17' 00"	2,270	15.9	516.0	XH y PH	Vaquerías, Ojuelos, Jal.

<sup>2</sup>TM = temperatura media; PPA = precipitación anual; PTS = principales tipos de suelos; PH = phaeozem háplico; PC = phaeozem calcárico; LD = litosol déstrico; LE = litosol eutrúico; PS = plañislo solódico; PM = planosol mólico; SH = solonetz háplico y XH = xerosol háplico.

**CUADRO 2. Comparación de medias entre localidades para los caracteres ángulo de tono (hue), pureza de color (Chroma), Brillo (L) y contenido de antocianinas en frutos de chile guajillo.**

Localidad	Hue	Chroma	Brillo (L)	Antocianinas
Vaquerías, Jal.	60.00 a <sup>2</sup>	22.04 b	25.35 c	0.83 bc
Luis Moya, Zac.	59.19 a	20.33 b	26.04 bc	0.99 ab
Vicente Guerrero, Dgo.	43.99 b	30.09 a	28.05 ab	0.69 c
Villa Hidalgo, Jal.	42.90 b	34.30 a	27.77 ab	1.00 ab
Villa Unión, Dgo.	41.15 b	33.44 a	28.54 a	0.86 bc
Nuevo Día, Zac.	38.11 b	33.27 a	27.90 ab	1.15 a
DMS	10.76	5.05	2.23	0.24
C.V. (%)	30.26	23.17	10.85	36.51

<sup>2</sup>Letras iguales en la misma columna indica que son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

la luz, influyen en la pigmentación roja de los frutos, aunque esas diferencias podrían también ser atribuidas a características genotípicas. En el Cuadro 1 se observa que las diferencias en temperatura entre localidades es mínima, pero en Luis Moya, Zacatecas y Vaquerías, Jalisco, las temperaturas medias son ligeramente menores (15.9 °C), con respecto a las demás localidades. En estas localidades, predominan los suelos de tipo Phaozem háplico, mientras que en las otras localidades predomina otros tipos de suelo.

Con base en los valores de chroma, en las localidades Vaquerías, Jalisco y Luis Moya, Zacatecas, se producen chiles de coloración menos intensa, siendo iguales entre ellas y diferentes con respecto a las localidades Vicente Guerrero y Villa Unión, Durango; Villa Hidalgo, Jalisco y Nuevo Día, Zacatecas; entre estas últimas no hubo diferencias significativas para el carácter mencionado.

Para el caso del brillo (L) del fruto, las colectas provenientes de Villa Unión, Durango, superaron a las de Luis Moya, Zacatecas y Vaquerías, Jalisco, pero no a las de las otras localidades. De acuerdo con Abbott (1999), la luz reflejada por los frutos es el primer parámetro que se utiliza como parte de un análisis del fruto para su consumo y es la presencia de ceras en la epidermis la que da este brillo.

Las colectas de Nuevo Día, Zacatecas, tuvieron mayor contenido de antocianinas (1.15), superior a las colectas en Villa Unión y Vicente Guerrero, Durango y Vaquerías, Zacatecas (0.69 - 0.86). Entre las colectas procedentes de Vaquerías, Luis Moya, Villa Hidalgo y Villa Unión, no hubo diferencias estadísticas, y sus contenidos de antocianina oscilaron entre 0.83 y 1.00. Las diferencias encontradas en las colectas de chile guajillo entre las diversas localidades puede deberse a que la síntesis de antocianinas es inducida por ciertas longitudes de onda en la región UV (15 a 390 nm) y visible cercanas a las regiones rojas (620 a 780 nm), y de manera experimental con

irradiación de luz UV-B (Chalker, 1999), aunque los factores que más afectan la estabilidad de las antocianinas son la temperatura, el pH ácido, las diferencias de nitrógeno y/o fósforo, daños por patógenos, hongos y el estrés hídrico, que pueden variar con las diferentes condiciones climáticas (Brouillard, 1997).

### Comparación entre colectas

En el Cuadro 3, se observa que para el carácter hue, las colectas P20 y P19 procedentes de Luis Moya, Zacatecas, con valores de 83.55 y 82.98, respectivamente, presentaron diferencias altamente significativas con respecto a las colectas P124, P83 y P64; esta última, procedente de Vicente Guerrero, Dgo., tuvo el valor más bajo (20.11) y por consiguiente fue la más roja.

Para el carácter chroma las colectas P75 y P51 de Vicente Guerrero, Durango, fueron las de mayor valor (47.41 – 55.95), aunque ambas fueron estadísticamente iguales a P28, P153 y P54, y este grupo fue estadísticamente diferente al conformado por P3, P20 y P27, cuyos valores oscilan entre 13.26 y 10.81.

De acuerdo con Pantástico (1979), para la mayoría de las frutas y hortalizas, entre más elevadas sean las temperaturas que se registren en el período de crecimiento, más pronto se llegará a la época de cosecha; también indica que los días cálidos y las noches frescas durante el periodo de crecimiento de las frutas son necesarias para que en la madurez el color se desarrolle con plenitud, y que la duración, intensidad y calidad de la luz también afectan la calidad del producto en la cosecha.

La diferencia encontrada entre colectas, inclusive procedentes de la misma localidad, puede deberse a las diferencias de captación de luz y su distribución en la planta, es decir, de sus diferencias genotípicas.

En brillo (L), las colectas P80, P75, P154, P157 y P88 tuvieron valores desde 38.70 hasta 33.55 y fueron diferentes a la P17, P48 y P28, cuyos valores fueron de 21.49, 21.31 y 21.24, respectivamente.

Las colectas P12, P150, P133, P128 y P144 mostraron diferencias altamente significativas en el contenido de antocianinas con respecto a las colectas P137, P85 y P154; la P12 colectada en Luis Moya, Zacatecas, tuvo el valor más alto (1.97) y la P154 colectada en Villa Unión, Durango, el valor más bajo (0.22). Al respecto Westwood (1982), encontró que los factores que contribuyen a desarrollar el pigmento rojo (antocianinas) en manzana (*Malus pumila* Mill.) son: temperatura, estado nutricional, humedad, insolación, daños por ácaros, productos químicos y la capacidad genética de tornarse rojas; las condiciones del tiempo, pocos días o semanas antes de la cosecha constituyen un factor predominante.

**CUADRO 3. Comparación de medias entre plantas para los caracteres ángulo de tono (hue), pureza de color (Chroma), Brillo (L) y contenido de antocianinas en frutos de chile guajillo.**

Colecta	Hue (h)	Planta	Chroma	Planta	Brillo L	Planta	Antocianinas
P20	83.55 a <sup>z</sup>	P75	55.95 a	P80	38.70 a	P12	1.97a
P19	82.98 a	P51	47.41 ab	P75	34.31 ab	P150	1.83 ab
P8	77.65 ab	P128	44.82 a-c	P154	34.16 a-c	P133	1.67 a-c
P24	75.00 ab	P153	44.17 a-d	157	33.81 a-d	P128	1.63 a-d
P17	74.16 ab	P54	43.93 a-e	P88	33.55 a-e	P144	1.60 a-e
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
P124	26.86 bc	P3	13.26 n-o	P17	21.49f	P137	0.27 j-k
P83	26.47 bc	P20	10.82 o	P48	21.31f	P85	0.25 j-k
P64	20.11 c	P27	10.81 o	P28	21.24f	P154	0.22 k
DMS	53.22		24.99		11.03		1.22
C.V. (%)	30.26		23.17		10.85		36.51

<sup>z</sup>Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .  
Las líneas punteadas indican la presencia de plantas con un nivel de significancia estadística entre ambos extremos.

Días claros, con noches relativamente frescas, son condiciones ideales para lograr una buena coloración, las cuales pueden superar en gran medida el efecto de una nutrición inadecuada, tal como la ocasionada por un exceso de nitrógeno antes de la cosecha.

El análisis de componentes principales (Cuadro 4), indicó que con dos componentes principales (CP) se explicó el 75.6 % de la variación total. El CP1 estuvo relacionado con las variables de color y el CP2 con antocianinas, con coeficientes de determinación altamente significativos (Cuadro 5).

El análisis de agrupamiento permitió la formación de tres grupos (Figuras 1 y 2), y de acuerdo con el análisis discriminante canónico (Figura 1), las colectas se encuentran distribuidas en los cuatro cuadrantes, lo cual indica que en dichas colectas existe variación para los caracteres color y contenido de antocianinas. Este análisis también muestra que las colectas sobresalientes por su color fueron la P75, P80, P64, P82, P157 y la P153; las cuatro primeras procedentes de Vicente Guerrero, Durango,

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

CP	Valor característico	Proporción de la varianza	Varianza acumulativa
CP1	2.033	0.508	0.508
CP2	0.991	0.247	0.756
CP3	0.697	0.174	0.930
CP4	0.277	0.069	1.00

Intensidad de color...

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

Variable	CP1	CP2	$R^2$	
			CP1	CP2
Hue	-0.541	-0.238	-0.771**	-0.237
Chroma	0.636	0.127	0.907**	0.126
Brillo L	0.526	-0.109	0.750**	-0.108
Antocianina	-0.159	0.956	-0.227	0.952**

y las dos últimas de Villa Unión, Durango, mientras que en antocianinas sobresalieron la P150 de Villa Unión, Durango, las colectas P128 y P133 de Nuevo Día, Zacatecas y la P12 de Luis Moya, Zacatecas.

En la Figura 1 se observa la separación de los grupos 1 y 3 del grupo 2; este último grupo en particular, corresponde a las colectas con frutos menos rojos y con mayor variación en el contenido de antocianinas; mientras que el grupo 1 incluye colectas con frutos más rojos y brillantes, y de alto contenido de antocianinas.

## CONCLUSIONES

Los resultados indicaron que las colectas de chile guajillo se ubicaron dentro de la escala del color rojo, existiendo variación en sus tonalidades. Esta variación fue observada tanto entre localidades como entre todas las colectas, sin que se aprecie una relación clara entre el ambiente (temperatura, precipitación, altitud y tipo de suelo) y el color del fruto. Tampoco se observó una relación directa entre color y contenido de antocianinas.

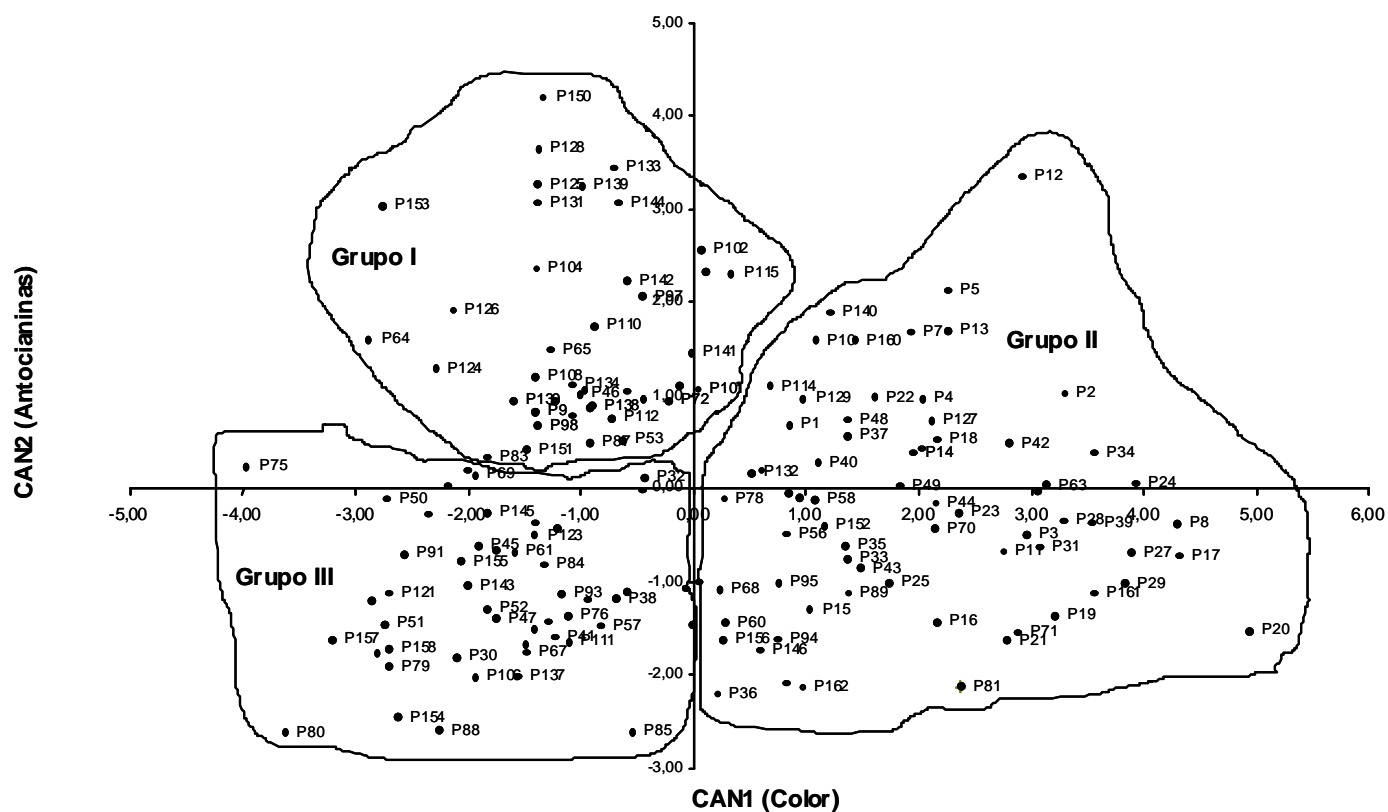


FIGURA 1. Agrupación de colectas de chile guajillo (*Capsicum annum* L.) con base a caracteres de color (CAN1) y contenido de antocianinas (CAN2)

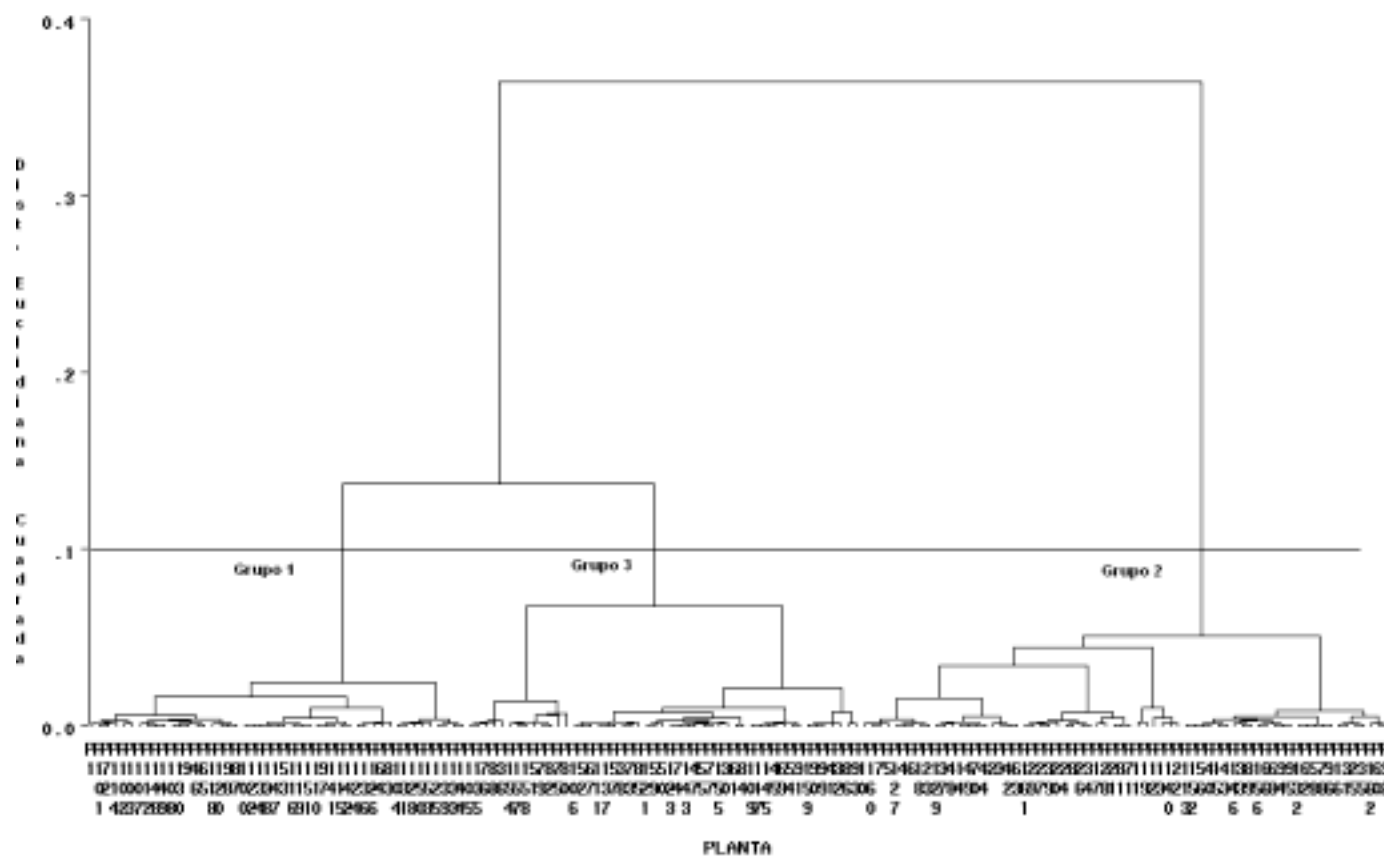


FIGURA 2. Dendrograma de colectas de chile guajillo (*Capsicum annum* L.) con base en caracteres de color y contenido de antocianinas.

Con base en el ángulo de tono (hue), las colectas menos rojas procedieron de Vaquerías, municipio de Ojuelos, Jalisco y de Luis Moya, Zacatecas; éstas también fueron las de menor intensidad.

En color sobresalieron las colectas P64, P83 y P124, y en antocianinas P150, P128, P12, P133, P139 y P144.

### LITERATURA CITADA

- ABBOTT, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 207-225.
- BRIDLE, P; TIMBERLAKE, C. F. 1996. Anthocyanins as natural food colours. *Selected aspects. Food Chemistry* 58: 103-109.
- BROUILLARD, R. 1997. Molecular Interactions of phenolics compounds in relation to the colour of fruits and vegetables. pp. 42-45. *In: Phytochemistry of Fruits and Vegetables*. TOMAS-BARBERAN, F. A.; ROBINS, R.J. (eds.) Oxford. Science Publications. Oxford University Press Inc., New York, EUA.
- CHALKER, S. L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemistry and Photobiology* 70: 1-9.
- CRAHER, L. E. 1971. Postharvest color promotion in cranberry with ethylene. *HortScience* 6: 37-139.
- DALLAS J., E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Edit. ITP Internacional Thompson Editores S. A. de C. V. México D. F. 547 p.
- GIUSTI, M. C. 1998. Anthocyanins Pigment Composition of Red Radish Cultivars as Potential Food Colorants. *Journal Food Science* 63: 219-224.
- MINOLTA. 1994. *Precise Color Communication*. Japan. 14 p.
- PANTÁSTICO, B. 1979. Fisiología de la Post recolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. Ed. Continental. México, D. F. 663 p.
- RAMIRO, C. A 2001. Guajillo San Luis y Guajillo INIFAP. Nuevas Variedades de Chile Mirasol para el Norte-Centro de México. Folleto Técnico número 14. San Luis Potosí, México. 2 p.
- RODRÍGUEZ-SAONA, L. E.; GIUSTI M. M.; WROLSTAD, R. E. 1998. Anthocyanins pigment composition of red-fleshed potatoes. *Journal Food Science* 63: 458-465.
- WESTWOOD, M. N. 1982. *Fruticultura de Zonas Templadas*. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 267 p.