

## Propiedades nutrimentales, fitoquímicas y sensoriales de frutos de aguacate criollo de Parras de la Fuente, Coahuila

### Nutritional, physicochemical and sensory properties of creole avocado fruits from Parras de la Fuente, Coahuila

Stephany Nefertari Chávez-García<sup>1</sup>, Patricia Guadalupe De León-García<sup>1</sup>, Lizeth Guadalupe Campos-Múzquiz<sup>1</sup>, Adriana Carolina Flores-Gallegos<sup>1</sup>, Rocío Guadalupe Castillo-Godina<sup>1</sup>, Juan Alberto Ascacio-Valdes<sup>1</sup>, Claudia Magdalena Lopez-Badillo<sup>1</sup>, Raúl Rodríguez-Herrera<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Blvd. Venustiano Carranza 935, Colonia República, CP. 25280. Saltillo, Coahuila, México.

\*Autor de correspondencia: raul.rodriguez@uadec.edu.mx

#### Artículo científico

Recibido: 27 de junio 2023

Aceptado: 09 de abril 2024

**RESUMEN.** La ciudad de Parras de la Fuente, Coahuila, se caracteriza por tener árboles de aguacate criollo con diferentes propiedades morfológicas. Sin embargo, es muy poca la información que se tiene sobre las características nutrimentales y sensoriales de los frutos de estos árboles. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar bromatológica, mineral, fitoquímica y sensorial 7 aguacates criollos, obtenidos de diferentes árboles. El análisis proximal se realizó mediante pruebas estandarizadas por la AOAC (2019), mientras que el contenido de fitoquímicos se determinó en un equipo HPLC/MS. Posteriormente, las muestras se evaluaron mediante una prueba hedónica. El análisis bromatológico arrojó diferencias significativas en el total de las muestras para las diferentes variables de respuesta, lo que indica la gran diversidad genética entre los árboles muestreados. Los minerales que se determinaron en mayor concentración fueron Potasio, Magnesio y Calcio. Se identificaron 38 compuestos fitoquímicos diferentes en los frutos, con mayor presencia de flavonas, mientras que el análisis sensorial arrojó una diferencia significativa entre los criollos en las variables evaluadas. Los atributos de sabor y textura resultaron los más importantes para la preferencia del consumidor. Diferentes factores ambientales (suelo, clima, altitud, latitud, madurez) modifican la composición nutrimental del aguacate y sus características organolépticas. Los resultados de este trabajo pudieran ayudar a la propagación, diversificación frutícola y desarrollo de empresas enfocadas en este fruto en Parras de la Fuente, Coahuila.

**Palabras clave:** *Persea americana* Mill., propiedades nutrimentales, propiedades sensoriales, fitonutrientes.

**ABSTRACT.** The city of Parras de la Fuente, Coahuila is characterized by having criollo avocado trees with different morphological properties. However, very little information is available on their fruit nutritional and sensory characteristics. The objective of this work was to perform the bromatological, mineral, phytochemical and sensory characterization of 7 avocado landraces. The proximal analysis was carried out using standardized tests by the AOAC (2019), while the phytochemical content was determined using HPLC/MS equipment. Subsequently, the samples were evaluated using a hedonic test. The bromatological analysis showed significant differences in the total of the samples for the different response variables, which indicates the great genetic diversity among the sampled trees. The mineral that were determined in the highest concentration were Potassium, Magnesium and Calcium. Thirty-eight different phytochemical compounds were identified in the fruits, with a greater presence of flavones. While the sensory analysis showed a significant difference among the avocado landraces for the evaluated attributes. The flavor and texture attributes were the most important for the consumer preference. Different environmental factors (soil, climate, altitude, latitude, maturity) modify the nutritional composition of the avocado and its organoleptic characteristics. The results of this work may help propagation, fruit diversification and development of companies focused on this fruit in Parras de la Fuente, Coahuila.

**Keywords:** *Persea americana* Mill., nutritional properties, sensory properties, phytonutrients.

**Como citar:** Chávez-García SN, De León-García PG, Campos-Múzquiz LG, Flores-Gallegos AC, Castillo-Godina RG, Ascacio-Valdes JA, Lopez-Badillo CM, Rodríguez-Herrera R (2024) Propiedades nutrimentales, fitoquímicas y sensoriales de frutos de aguacate criollo de Parras de la Fuente, Coahuila. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11(2): e3838. DOI: 10.19136/era.a11n2.3838.

## INTRODUCCIÓN

El Aguacate (*Persea americana* Mill.) pertenece a la familia Lauraceae, tiene su centro de origen en América Central y México. El árbol de aguacate produce un fruto muy apetecido por sus propiedades nutrimentales y sabor, por lo que su consumo se ha incrementado alrededor del mundo, especialmente en el mercado de USA y Canadá, en celebraciones como el Superbowl y el Día de Acción de Gracias (Moreno Limón *et al.* 2010). Esta aceptación se debe a su valor nutritivo y excelente sabor, considerándose como un fruto gourmet o la mantequilla de los frutos (Kyriacou y Rouphael 2017). Además, cada vez surge información científica que relaciona las propiedades químicas de este fruto con beneficios en la salud humana (Acosta *et al.* 2013). Se reconoce que México cuenta con la mayor riqueza fitogenética y diversidad fenotípica del aguacate (Moreno Limón *et al.* 2010), con variación en fenología, forma, color, tamaño y sabor de las hojas y frutos (Acosta *et al.* 2013).

En la ciudad de Parras de la Fuente Coahuila, se tiene una gran diversidad de tipos criollos de aguacate, los cuales se clasifican en términos generales como el aguacate tipo negro y blanco (piel de color verde). Cabe destacar que estos frutos son consumidos en conjunto con su cáscara, además de que presentan un alto contenido de aceite y un agradable sabor, utilizándose principalmente para el autoconsumo, y rara vez son comercializados (Sánchez-Flores *et al.* 2015). Sin embargo, se conoce que hay variaciones en tamaños, formas, tipo de semilla y contenido de pulpa (mesocarpio), el número de tipos criollos es aún un misterio, por lo que no se tiene información científica de sus características morfológicas, minerales y propiedades bromatológicas (Acosta *et al.* 2013). En Parras de la Fuente, Coahuila, el aguacate se mantiene como una planta de traspatio, aunque hay intentos esporádicos de promover su producción a mayor escala en huertos pequeños (Muzquiz *et al.* 2023). Al respecto, Ben Ya'acov *et al.* (1992) reportan que, en los últimos años, tanto los tipos nativos como los silvestres de aguacate están desapareciendo, debido a múltiples causas, entre las que se encuentran: la urbanización, la deforestación, y áreas cultivadas con variedades uniformes introducidas (Gutiérrez-Díez *et al.* 2009). Además, en Parras de la Fuente, Coahuila, el aguacate crece sin mayor atención técnica, por lo que puede ser atacado por diversas plagas, entre las que se encuentran la mosca blanca del género *Aleuropleurocelus* Drews y la araña roja (Sánchez-Flores *et al.* 2015).

Caracterizaciones de aguacates criollos del estado de Nuevo León, por medio de caracteres morfológicos del fruto, permitieron clasificar la variación y diferencias entre tipos criollos (Acosta *et al.* 2013). Pero, en frutos también es necesario evaluar las propiedades sensoriales (apariencia, textura, gusto y aroma), valor nutritivo, propiedades mecánicas, propiedades funcionales y defectos (Kyriacou y Rouphael 2017). Además, los análisis sensoriales en aguacate son necesarios, dado que la aceptabilidad por el consumidor de este fruto está correlacionada con la textura y sabor (Canto-Pereira *et al.* 2014). Con base en estos antecedentes, los objetivos del presente estudio fueron caracterizar de forma bromatológica, sensorial y química frutos de diferentes árboles de aguacate criollo presente en la Ciudad De Parras de la Fuente, Coahuila, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

En la ciudad de Parras, Coahuila, durante los meses de julio y agosto del 2021 se recolectaron frutos de 7 diferentes árboles de aguacates criollos. Se tomaron para los diferentes análisis al menos 10 frutos maduros de cada árbol de aguacate (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clave, Identificación y georeferencia correspondiente a los árboles de aguacates criollos.

Clave	Identificación	Georeferencia (Coordenadas)
A1	Josefina	25.429882, -102.169951
A2	Silvestre	25.440083, -102.196067
A3	Erika	25.431061, -102.168860
A4	Ricardo Luna	25.424697, -102.170199
A5	Juana Rivera	25.440238, -102.195210
A6	Juan Martín Blanco	25.449405, -102.200308
A7	Juan Martín Negro	25.449405, -102.200307

### Análisis proximal

La composición proximal de 7 aguacates criollos fue determinada mediante los métodos propuestos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2019). El análisis proximal fue realizado a partir de la cáscara y pulpa de los frutos. El contenido de humedad fue determinado por método gravimétrico. Para ello, se colocaron 70 g de muestra fresca de pulpa y cáscara en la misma proporción en un crisol a peso constante dentro de una estufa a 70 °C durante 24 h, considerando sus réplicas. Después se calculó la diferencia entre el peso de la muestra seca y los gramos de muestra utilizados (AOAC 925.09) (AOAC 2019). Las cenizas fueron determinadas colocando 2 g de muestra seca en un crisol a peso constante en una mufla a 600 °C durante 4 h, para luego determinar la diferencia de peso (AOAC 923.03). El contenido de lípidos se evaluó mediante el método Soxhlet. En este caso, se colocaron 2 g de muestra previamente deshidratada en un cartucho de celulosa, el cual se instaló dentro de un sifón en un aparato de extracción Soxhlet, adicionando hexano como disolvente en un matraz donde se extrajo los lípidos durante cinco horas. Después, la muestra se colocó en la estufa a 100 °C durante 24 h, para calcular diferencias entre el peso inicial y final del matraz (AOAC 920.39). La proteína cruda se estimó mediante el método Kjeldahl, en el que el nitrógeno se convierte a sulfato de amonio, utilizando un factor de conversión (5.70) (AOAC 962.10). El contenido de carbohidratos fue calculado por diferencia, empleando la fórmula recomendada por Camargo *et al.* (2014). La determinación de fibra cruda se realizó con 1 g de muestra desgrasada, digiriendo con ácido sulfúrico en el primer tiempo de reflujo y con hidróxido de sodio en el segundo tiempo de reflujo, para posteriormente incinerar y pesar (AOAC 962.09).

### Contenido de minerales.

Para el análisis de minerales, la muestra fue calcinada en una mufla durante 2 h a 500 °C, según las instrucciones del equipo utilizado. Durante este estudio se analizaron 7 muestras. El

tamaño de la muestra fue de 3 g, obtenidos a partir de un secado previo de la muestra por horno, lo que permitió tener muestra suficiente para el montaje/posicionamiento de una copa de muestra. La identificación y cuantificación de minerales se realizó mediante Fluorescencia de rayos X (Equipo Panalytical, Epsilon uno), que está integrado por un espectrómetro y utiliza el Omnia software. La determinación de minerales se realizó por triplicado (Ibourki *et al.* 2021).

### **Evaluación sensorial.**

La evaluación sensorial se realizó con un panel de 26 jueces sin entrenamiento, en donde se evaluaron 7 muestras de aguacate criollo codificadas con tres números aleatorios, mediante una prueba de ordenamiento, de acuerdo con la preferencia. Los aguacates criollos se calificaron a través de una escala de uno a ocho (uno = no me gustó, mientras que ocho = me gustó mucho). En la Tabla 1 se muestran los códigos correspondientes a los aguacates criollos utilizados en la prueba sensorial.

A partir de los resultados de la prueba de ordenamiento por preferencia, se seleccionaron las mejores 4 muestras, las cuales fueron sometidas a una prueba de escala hedónica de cinco puntos (uno = no me gustó, mientras que cinco = me encantó) con un panel de 26 consumidores. Los atributos evaluados fueron la apariencia global, color, olor, textura, sabor y aceptación global (Anzaldúa-Morales 1984).

### **Identificación de compuestos polifenólicos por análisis HPLC/MS.**

Los compuestos fenólicos fueron identificados mediante el uso de un equipo HPLC acoplado a masas. Los extractos de 7 muestras (numeradas en una secuencia del uno al siete) fueron obtenidos a través de una filtración mediante membranas de nylon de 0.45  $\mu\text{m}$ . Las muestras se analizaron primero en modo de exploración completa adquirida en el rango  $m/z$  50–2000. El equipo utilizado se encuentra compuesto por un muestreador automático (Varian ProStar 410, EE. UU.), una bomba ternaria (Variaan ProStar 230I, EE.UU.) y un detector PDA (Variaan ProStar 330, EE.UU.), además de un espectrómetro de masas con trampa de iones de cromatografía líquida (Espectrómetro de masas Varian 500-MS IT, EE.UU.). Las muestras (5  $\mu\text{L}$ ) se inyectaron en una columna Denali C18 (150 mm  $\times$  2.1 mm, 3  $\mu\text{m}$ , Grace, EE.UU.) a temperatura de 30 °C, utilizándose como eluyente ácido fórmico (0.2%, v/v; disolvente A) y acetonitrilo (disolvente B), aplicando un gradiente de B al 3%; 0.5 min, 9% B lineal; 5–15 min, 16% B lineal; 15–45 min, 50% de B lineal, manteniendo una velocidad de flujo de 0.2 mL/min y con una elución a 245, 280, 320 y 550 nm. El efluente se inyectó en su totalidad (0.2 mL/min). Los parámetros de la fuente de iones fueron: voltaje de pulverización de 5.0 kV y voltaje y temperatura del capilar de 90 V y 350 °C, respectivamente. Los datos fueron analizados utilizando el software MS Workstation (V 6.9) (Ascacio-Valdés *et al.* 2016).

### **Análisis estadísticos.**

Los resultados obtenidos en el análisis proximal y de minerales se analizaron por medio de un ANOVA; cuando fue necesario, se realizó una prueba de comparación de medias de Rango Múltiple de Tukey; para estos análisis, se empleó el paquete estadístico SAS versión 2018. Mientras que el análisis sensorial se sometió a una prueba de Kruskal Wallis. Además se realizó un análisis de coeficiente de sendero, mientras que los componentes fenólicos fueron analizados con un

análisis de Coordenadas Principales (ACoP), estos dos últimos análisis se realizaron con el paquete estadístico InfoGen (2011v).

## RESULTADOS

### Análisis proximal

El análisis proximal de siete muestras de frutos de aguacate criollo indica diferencias significativas entre los criollos (Tabla 2), siendo el aguacate 2 el que mayor porcentaje obtuvo, mientras que el aguacate 7 presentó el menor contenido. Por otro lado, la humedad determinada en los diferentes frutos fue en un rango de 86-97%. La cantidad de fibra resultante alcanzó porcentajes de 10 % hasta 25 %, lo cual arrojó una diferencia significativa, sobresaliendo el genotipo A4 con el valor más alto. Mientras que la cantidad de grasa fue similar entre la mayoría de los diferentes frutos (61 y 66%), destacando el aguacate 2 por tener el menor porcentaje de grasa (53%), lo cual es de interés, debido a que el aguacate es una matriz alimentaria rica en grasa saludable. En cuanto a la concentración de proteína el aguacate 1 presentó el mayor valor (2.21%). Con respecto a los carbohidratos se encontraron diferencias significativas entre los aguacates, siendo el aguacate 2 el que mostró el más alto valor (28%). Por lo que se refiere a los minerales, no se apreciaron diferencias significativas entre los frutos evaluados para potasio y fósforo, mientras que sí se apreciaron diferencias significativas entre los aguacates evaluados para magnesio calcio y azufre. En general, el contenido de minerales en los frutos de aguacates criollos fue similar a los reportados por la USDA, en donde se mencionan niveles de Ca de 12 mg, Hierro de 0.55 mg, Mg 29 mg, P 483 mg y Zn 0.64 mg.

**Tabla 2.** Análisis proximal de frutos de aguacate criollo cultivados en la Cd. de Parras de la Fuente Coahuila, México

Tratamiento	Composición (%)						Por 100 g				
	humedad	cenizas	fibra	Proteína	grasa	carbohidratos	K (mg)	Mg (mg)	Ca (mg)	P (mg)	S (mg)
A1	13.45 ± 0.78 <sup>b</sup>	1.33 ± 0.14 <sup>ab</sup>	13.23 ± 1.15 <sup>b</sup>	2.21 ± 0.34 <sup>a</sup>	60.51 ± 0.86 <sup>b</sup>	19.47 ± 1.56 <sup>b</sup>	63.81 ± 0.50 <sup>a</sup>	24.65 ± 0.54 <sup>abc</sup>	4.02 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.65 ± 0.09 <sup>a</sup>	2.22 ± 0.04 <sup>ab</sup>
A2	13.65 ± 0.42 <sup>b</sup>	5.18 ± 0.12 <sup>a</sup>	16.35 ± 0.40 <sup>b</sup>	1.52 ± 0.23 <sup>ab</sup>	53.29 ± 0.24 <sup>c</sup>	29.06 ± 0.02 <sup>a</sup>	75.74 ± 1.04 <sup>a</sup>	21.70 ± 0.88 <sup>bc</sup>	5.53 ± 1.28 <sup>ab</sup>	3.50 ± 1.08 <sup>a</sup>	1.88 ± 0.20 <sup>ab</sup>
A3	3.44 ± 0.41 <sup>a</sup>	3.69 ± 0.12 <sup>bc</sup>	10.70 ± 0.76 <sup>b</sup>	1.61 ± 0.25 <sup>ab</sup>	65.06 ± 0.26 <sup>a</sup>	26.17 ± 0.97 <sup>c</sup>	56.46 ± 1.07 <sup>a</sup>	29.37 ± 1.12 <sup>ab</sup>	5.60 ± 0.04 <sup>ab</sup>	4.17 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.02 <sup>a</sup>
A4	3.80 ± 1.45 <sup>a</sup>	5.21 ± 0.31 <sup>a</sup>	25.27 ± 0.57 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.20 <sup>ab</sup>	66.58 ± 0.79 <sup>a</sup>	23.11 ± 1.20 <sup>d</sup>	64.15 ± 0.68 <sup>a</sup>	25.26 ± 1.79 <sup>abc</sup>	3.56 ± 0.02 <sup>b</sup>	5.01 ± 0.15 <sup>a</sup>	1.79 ± 0.02 <sup>ab</sup>
A5	4.56 ± 0.22 <sup>a</sup>	4.27 ± 0.22 <sup>ab</sup>	13.48 ± 0.77 <sup>b</sup>	0.54 ± 0.08 <sup>ab</sup>	61.56 ± 0.05 <sup>b</sup>	29.05 ± 0.44 <sup>b</sup>	62.87 ± 0.03 <sup>a</sup>	22.50 ± 0.30 <sup>abc</sup>	7.26 ± 0.25 <sup>a</sup>	4.36 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.47 ± 0.06 <sup>ab</sup>
A6	4.25 ± 1.30 <sup>a</sup>	4.46 ± 0.01 <sup>ab</sup>	13.90 ± 1.06 <sup>b</sup>	1.05 ± 0.16 <sup>b</sup>	61.87 ± 0.53 <sup>b</sup>	28.35 ± 1.60 <sup>b</sup>	70.72 ± 1.99 <sup>a</sup>	16.99 ± 1.38 <sup>c</sup>	5.73 ± 0.36 <sup>ab</sup>	3.91 ± 0.22 <sup>a</sup>	1.43 ± 0.04 <sup>b</sup>
A7	3.06 ± 0.81 <sup>a</sup>	3.22 ± 0.31 <sup>c</sup>	16.07 ± 1.09 <sup>b</sup>	1.75 ± 0.87 <sup>ab</sup>	65.07 ± 0.08 <sup>a</sup>	26.87 ± 0.27 <sup>c</sup>	55.63 ± 1.28 <sup>a</sup>	31.52 ± 3.68 <sup>a</sup>	4.32 ± 0.15 <sup>b</sup>	5.10 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.89 ± 0.05 <sup>ab</sup>

### Evaluación sensorial.

Se realizaron dos análisis sensoriales, el primero para determinar cuáles serían los frutos con mayor aceptabilidad para el consumidor, los cuales fueron sometidos a evaluación mediante una prueba de escala hedónica, donde se determinaron los atributos más destacables. La prueba de Kruskal Wallis (Tabla 3) determinó que A7 tiene la media más alta en preferencia por los panelistas, seguido de A1. Por otro lado, el que menos gusto a los evaluadores fue A2. A partir de

los resultados, se eligieron las cuatro muestras con mayor preferencia (A1, A3, A6 y A7). En la segunda prueba sensorial, se observaron diferencias significativas entre los frutos de aguacate en los atributos evaluados (Tabla 4).

**Tabla 3.** Análisis de preferencia utilizando prueba estadística de Kruskal Wallis en prueba sensorial.

Tratamiento	Nivel de agrado (según prueba hedónica)
A1	5.23 ± 2.10 <sup>d</sup>
A2	1.54 ± 1.10 <sup>a</sup>
A3	4.62 ± 1.68 <sup>cd</sup>
A4	3.27 ± 1.76 <sup>b</sup>
A5	4.00 ± 1.50 <sup>bc</sup>
A6	4.08 ± 1.52 <sup>bc</sup>
A7	5.27 ± 1.73 <sup>d</sup>

**Tabla 4.** Prueba de ordenamiento para análisis sensorial, evaluando diferentes atributos.

Tratamiento	Puntaje por ordenamiento				
	Apariencia Global	Color	Olor	Textura	Sabor
A1	4.19 ± 1.02 <sup>b</sup>	3.85 ± 1.08 <sup>b</sup>	4.19 ± 0.80 <sup>b</sup>	4.35 ± 0.94 <sup>b</sup>	4.35 ± 0.94 <sup>c</sup>
A3	3.08 ± 1.26 <sup>a</sup>	3.58 ± 1.24 <sup>ab</sup>	3.73 ± 1.19 <sup>ab</sup>	2.96 ± 1.71 <sup>a</sup>	3.12 ± 1.61 <sup>ab</sup>
A6	4.19 ± 1.02 <sup>b</sup>	3.96 ± 0.96 <sup>b</sup>	3.92 ± 0.98 <sup>b</sup>	4.15 ± 0.97 <sup>b</sup>	3.92 ± 1.32 <sup>bc</sup>
A7	3.23 ± 1.18 <sup>a</sup>	3.27 ± 0.87 <sup>a</sup>	3.38 ± 0.85 <sup>a</sup>	2.88 ± 1.28 <sup>a</sup>	3.80 ± 1.45 <sup>a</sup>

El análisis de coeficiente de sendero permitió estimar la interacción entre los parámetros de sabor, olor, color, textura, apariencia global correlacionándolos con la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores. En consecuencia, cada variable independiente influyó sobre la aceptación global de manera directa, y en combinación con las otras variables correlacionadas. Los efectos directos de cada una de las variables sobre la aceptación global fueron positivos. Sin embargo, la relación entre los efectos directos e indirectos fue diferente según el atributo evaluado, lo que indica que cada una de las características organolépticas tiene un valor de mayor o menor importancia para la aceptación global por parte del consumidor. En la Tabla 5 se observa cómo los atributos de sabor y textura son los que tienen mayor influencia de manera directa en la elección del consumidor, y sobre los otros parámetros evaluados. En el atributo de apariencia global, los efectos indirectos fueron superiores a los efectos directos, mientras que, en el atributo de sabor, los efectos directos fueron mayores que los efectos indirectos.

### Identificación de compuestos polifenólicos por análisis HPLC/MS.

Esta caracterización permitió identificar 38 compuestos fitoquímicos en los frutos de aguacate criollo, separados por su masa molecular y tiempo de retención (Tabla 6). En el presente estudio se observó una mayor presencia de flavonas como 3'-sulfato de quercetina, 6,8-dihydroxicanferol y quercetina 3-O-glucósido y, en menor cantidad, la familia de furanocumarinas,

estilbenos, alquilmtoxifenoles y lignanos. Los frutos del A4 y A5 presentaron mayor presencia de compuestos fenólicos en la caracterización por HPLC. La segunda clase más frecuente de compuestos fenólicos fueron los ácidos hidroxibenzoicos, que se encontraron presentes en la mayoría de los frutos criollos, principalmente en forma de ácido gálico y ácido 1-cafeoilquínico. Este tipo de ácidos se encuentran principalmente en las paredes celulares junto con la celulosa, lignina, entre otros.

**Tabla 5.** Análisis de sendero de la apreciación global y las variables que la afectan en los aguacates criollos seleccionados.

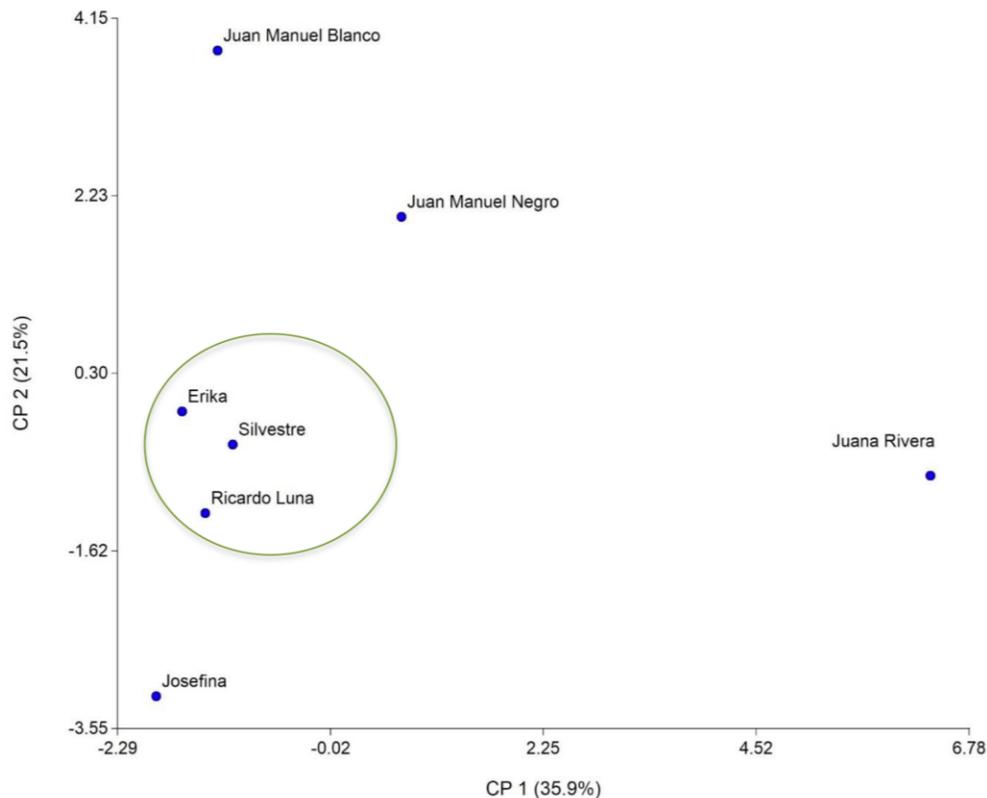
Variable dependiente: Aceptación global; n = 130		
	Vía	Coefficientes
Apariencia global	Directa	0.01
	Color	0.03
	Olor	0.13
	Textura	0.13
	Sabor	0.36
	r total	0.66
	p-valor	<0.0001
Color	Directa	0.04
	Color	0.01
	Olor	0.11
	Textura	0.12
	Sabor	0.27
	r total	0.55
	p-valor	<0.0001
Olor	Directa	0.19
	Color	0.01
	Olor	0.02
	Textura	0.12
	Sabor	0.32
	r total	0.37
	p-valor	<0.0001
Textura	Directa	0.21
	Color	0.01
	Olor	0.02
	Textura	0.11
	Sabor	0.45
	r total	0.81
	p-valor	<0.0001
Sabor	Directa	0.56
	Color	0.01
	Olor	0.02
	Textura	0.11
	Sabor	0.17
	r total	0.87
	p-valor	<0.0001

**Tabla 6.** Presencia de fitoquímicos en extractos de frutos de aguacates criollos del municipio de Parras, Coahuila (+ = presencia, - = ausencia).

Peso Molecular	Compuestos	Familia	Criollo						
			1	2	3	4	5	6	7
211	Pinosilvina	Estilbenos	+	+	-	-	+	+	+
241	4-vinilsiringol	Alquilmtoxifenoles	+	-	-	+	+	-	-
382	3'-sulfato de quercetina	Flavonoles	+	-	+	+	-	-	-
316.8	6,8-dihidroxicanferol	Flavonoles	+	-	-	-	-	-	-
360.1	Lariciresinol	Lignanos	+	-	-	-	-	-	-
325.1	Ácido feruloiltartárico	Ácidos metoxicinámicos	+	+	+	+	+	+	+
331	Ácido gálico 4-O-glucósido	Ácidos hidroxibenzoicos	+	-	-	-	-	-	+
311.1	Ácido cafeoiltartárico	Ácidos hidroxicinámicos	-	+	-	-	-	-	-
390.1	Resveratrol 3-O-glucósido	Estilbenos	-	-	+	-	-	-	-
303.2	Dihidroquercetina	Dihidroflavonoles	-	-	+	-	+	-	-
386.1	Ácido 5-5'-deshidrodiferúlico	Dímeros de ácido metoxicinámico	-	-	+	-	-	+	-
191	Escopoletina	Hidroxicumarinas	-	-	-	-	+	-	+
314.9	Ramnetina	Metoxiflavonoles	-	-	-	-	+	-	+
594	Cianidina 3-O-rutinósido	Antocianinas	-	-	-	-	-	-	-
565	Pelargonidina 3-O-sambubiosido	antocianinas	-	-	-	-	-	-	-
579	Luteolina 7-O-(2-aposil-glucósido)	Flavonas	-	-	-	-	-	-	-
329.1	3,7-dimetilquercetina	Metoxiflavonoles	-	-	-	-	+	-	-
442.9	(+)-catequina 3-O-galato	catequinas	-	-	-	-	+	-	-
462.9	Quercetina 3-O-glucósido	Flavonoles	-	-	-	-	+	+	-
432.9	Quercetina 3-O-arabinósido	Flavonoles	-	-	-	-	+	+	-
446.9	Quercetina 3-O-ramnósido	Flavonoles	-	-	-	-	+	+	-
396.9	Ácido 3-sinapoilquínico	Ácidos metoxicinámicos	-	-	-	-	-	-	-
722.9	1-sinapoil-2-feruloilgentiobiosa	Ácidos metoxicinámicos	-	-	-	-	+	-	-
347.1	5-heptadecilresorcinol	Alquilfenoles	-	-	-	-	+	-	-
608.9	Quercetina 3-O-rutinósido	Flavonoles	-	-	-	-	-	+	+
327	p-cumaroil tirosina	Ácidos hidroxicinámicos	-	-	-	-	-	-	+
367	Ácido 3-feruloilquínico	Ácidos metoxicinámicos	-	-	-	-	-	+	+
272.8	Floretina	Dihidrocalconas	-	-	-	-	-	-	-
244.9	Isopimpinelina	Furanocumarinas	-	-	-	-	-	-	-
592.9	Apigenina 6,8-di-C-glucósido	Flavonas	-	-	-	-	-	-	+
352.9	Ácido 1-cafeoilquínico	Ácidos hidroxicinámicos	-	-	-	-	-	-	+
288.9	(+)-catequina	Catequinas	-	-	-	-	-	-	+
370.9	Sinensetina	Metoxiflavonas	-	-	-	-	-	-	+

476.9	Isorhamnetina 3-O-glucósido	Metoxiflavonoles	-	-	-	-	-	-	-	+
447	Luteolina 6-C-glucósido	Flavonas	-	-	-	-	-	-	-	+
490.9	3-O-glucurónido de isorhamnetina	Metoxiflavonoles	-	-	-	-	-	-	-	+
330.9	Ácido gálico 4-O-glucósido	Ácidos hidroxibenzoicos	-	-	-	-	-	-	-	+

El análisis de coordenadas principales (Figura 1) indicó diferentes agrupaciones entre los aguacates analizados por compartir componentes fenólicos en común. En este análisis se tomaron las Coordenadas principales (CP1 y CP2) con autovalor mayor a 1, explicando el 57.4% de la variabilidad de los datos. La CP1 explicó el 35.9% de la varianza total y la CP2 el 21.5%. El A2, A3 y A4 forman el primer grupo con elementos fenólicos de la familia de los ácidos metoxicinámicos. Por otro lado, el tratamiento A5 es que el tratamiento con menos componentes metoxicinámicos e hidroxicinámicos y se aleja de las demás muestras.



**Figura 1.** Coordenadas principales de los frutos de aguacates basándose en la presencia y ausencia de compuestos polifenólicos. A1 = Josefina, A2 = Silvestre, A3 = Erika, A4 = Ricardo Luna, A5 = Juana Rivera, A6 = Juan Martin Blanco, A7 = Juan Martin Negro.

## DISCUSIÓN

### Análisis proximal

Hoy en día el aguacate es considerado como un super alimento, debido a sus propiedades nutrimentales (Bhuyan *et al.* 2019). En esta investigación se determinó el contenido de lípidos por

el método de Soxhlet, es uno de los métodos más eficiente para extraer lípidos (Espinosa-Pardo *et al.* 2020). La literatura menciona valores de lípidos en la semilla de aguacate de 4.6% (Colombo y Papetti 2019). Mientras que para la cáscara de aguacate, varios estudios han reportado niveles entre el 4.4 y el 9.1% (Salazar-Lopez *et al.* 2020). Por otro lado, Vinha *et al.* (2020) publico valores para la pulpa de aguacate de alrededor de 43.5% y para cáscara de 2.2%. Estos valores de grasa son menores a los encontrados en el presente trabajo, lo que resalta el aporte nutrimental de los frutos analizados. Mientras que Daiuto *et al.* (2014) reportan resultados similares a los encontrados en esta investigación, que fueron de 64.09, 2.18 y 3.97% para pulpa cáscara y semilla, respectivamente. El contenido lipídico es uno de los factores de mayor importancia en el aguacate, debido a los ácidos grasos monoinsaturados que aporta (Guzmán *et al.* 2017). Al respecto, Calombo y Pappetti (2019) reportaron que los subproductos del aguacate como la cáscara y las semillas aportan cantidades significativas de carbohidratos, proteínas, lípidos, fibras y compuestos bioactivos, que modifican el aporte nutrimental del aguacate. En cuanto al contenido de carbohidratos presentes en los frutos de aguacate, se encontró que fluctúa entre 8–10% (Araújo *et al.* 2018), lo que se relaciona con los factores de luz, temperatura y la producción de enzimas que intervienen en la síntesis e hidrólisis de carbohidratos. Otro aspecto para considerar en la determinación de contenido de carbohidratos, es el proceso de maduración, ya que afecta de distintas maneras a la pulpa y cáscara del aguacate. En la literatura se encontró que la pulpa presenta mayor contenido de azúcares simples sintetizados a partir de los polisacáridos y ácidos grasos durante la maduración, proporcionando una mejor textura. En el caso de la cáscara ocurre un efecto contrario; a mayor madurez, menor contenido de agua, lo que incrementa la cantidad de fibra insoluble (Barbosa *et al.* 2016, Astudillo y Rodríguez 2018, Vivero *et al.* 2019, Ramos *et al.* 2021). En esta investigación se encontraron resultados similares a los mencionados anteriormente para los distintos parámetros bromatológicos, con valores de 7.30 - 11.54% de carbohidratos y de 1.11 – 1.75% de proteína para aguacate variedad Margarida (Krumreich *et al.* 2024). Hay que resaltar que existen una serie de factores que afectan directamente la composición nutrimental del aguacate, entre ellos: variedad del aguacate, grado de maduración, clima, altitud, latitud, manejo agronómico y la composición del suelo (Araújo *et al.* 2018, Guzmán *et al.* 2017, Salazar *et al.* 2016). En cuanto al contenido de minerales en el aguacate, se distinguen potasio, fósforo, magnesio, calcio y sodio. También posee minerales como hierro y zinc en menores cantidades. Tomando en cuenta la presencia de estos minerales, el aguacate se considera como un alimento benéfico para personas con hipertensión arterial, debido a su bajo contenido de sodio y alto contenido de potasio, regulando la acción de la bomba sodio-potasio (Cowan y Wolstenholme 2016, Araújo *et al.* 2018). Estudios previos mencionan que la concentración de minerales en la pulpa del aguacate es superior, en comparación con otros frutos, principalmente de potasio y magnesio (USDA 2011), ya que el potasio es un mineral que participa dentro del metabolismo celular, ayuda a la síntesis de glucógeno y proteína, regula el potencial de acción de la bomba sodio-potasio, además es uno de los principales minerales encargados de la excitabilidad del tejido nervioso, así como músculos cardíaco, liso y esquelético (Yusuf *et al.* 2016, Pacheco *et al.* 2018). Las diferentes concentraciones de los minerales en el aguacate están vinculadas a la región de procedencia y la interacción entre minerales, donde la presencia de un mineral, puede afectar el contenido de otro (Rodríguez *et al.* 2019).

## Evaluación sensorial

Los cambios físicos que ocurren durante el proceso de maduración del aguacate afectan su calidad, y la aceptación por parte del consumidor. Este tipo de alteraciones ocasionan cambios en la pigmentación de la piel del fruto desde un tono verde oscuro a un verde claro, que influyen la decisión del cliente. Los resultados del análisis proximal determinaron que los aspectos que afectan la preferencia de las personas son la textura y el sabor del fruto. Los cuales están directamente relacionados con la maduración del aguacate. Los frutos de aguacate por los que tuvieron una mayor preferencia los panelistas fueron A1 y A3, en ese orden, lo que comprueba que las propiedades organolépticas pueden cambiar de una zona a otra, y se ven influenciadas desde el contenido nutrimental hasta la cantidad de fitoquímicos que pueden aportar, ya que estos son característicos por ofrecer sabores amargos a mayor concentración (Ahmed *et al.* 2024).

## Identificación de compuestos polifenólicos por análisis HPLC/MS

En relación con la presencia de compuestos fenólicos en los aguacates, se han reportado que los principales flavonoides son los flavonoles como rutina y quercetina, flavan-3-oles (catequina y epicatequina) y flavononoles (taxifolina). Al respecto, Tremocoldi *et al.* (2018) indica que la catequina y epicatequina, son los principales flavonoides presentes en la semilla y pulpa del aguacate. Cabe mencionar que los flavonoides son altamente inestables durante el proceso de extracción debido a su alta reactividad, lo que altera su rendimiento total (Huang *et al.* 2019). Estudios previos han determinado que el secado de la pulpa del aguacate por diferentes métodos es un factor que influye en la calidad, y composición química de los productos del aguacate (Cervantes-Paz y Nunez-Vilchis 2023). Además de que se ha verificado que la pulpa secada a 60 °C otorga un mayor contenido de carotenoides, clorofila y compuestos fenólicos (Krumreich *et al.* 2024). Los ácidos hidroxibenzóicos se encuentran en menor cantidad que los ácidos hidroxicinámicos; sin embargo, en la literatura se reporta la presencia de ácidos benzoico, gentísico, gálico y 4-hidroxibenzoico y vanillina, en la pulpa y cáscara del fruto de aguacate (Figuroa *et al.* 2018). Además, el contenido de estos ácidos aumenta en los frutos maduros; y depende del cultivar y tipo de tejido del fruto (Tremocoldi *et al.* 2018). El principal ácido hidroxicinámico reportado en extractos de pulpa de aguacate es el ácido cumárico, seguido del ácido ferúlico, ácido cafeico, y ácido cinámico, los cuales fueron encontrados en las muestras analizadas en esta investigación (López-Cobo *et al.* 2016, Di *et al.* 2017, Li *et al.* 2020). En el aguacate, los compuestos fenólicos son particularmente abundantes en la cáscara y semilla, lo que influye en la variedad de compuestos encontrados en esta investigación. Entre los más comunes se pueden mencionar a los ácidos fenólicos, los flavonoides y los taninos (Di *et al.* 2017, Tremocoldi *et al.* 2018, Babiker *et al.* 2021). Sin embargo, los métodos de extracción que se utilizan comúnmente, alteran la estabilidad de los compuestos fenólicos. Algunos factores para considerar serían los disolventes utilizados, la temperatura, el método de homogeneización (mezcla, ultrasonido y sonicación), el tiempo de extracción y el tamaño de partícula (Zhang *et al.* 2020). Estos compuestos pueden tener distintas actividades biológicas, atribuyéndoles efectos antioxidantes, antiproliferativos, antidislipídicos, antibacterianos, entre otros (Melgar *et al.* 2018, Tremocoldi *et al.* 2018). Se ha mencionado que el contenido fenólico en la cáscara del aguacate tiene propiedades antibióticas, antimicrobianas y antiinflamatorias (Rosero *et al.* 2019, Al-Juhaimi *et al.* 2021). Aunque los distintos aguacates de la región de Parras no se han

comercializado, debido a problemas de producción, su calidad nutrimental en contenido de grasa, minerales y proteína es importante, por lo que se deben proteger para conservar la biodiversidad y el patrimonio cultural (De la Vega-Rivera y Merino-Pérez 2021, Cheikhyoussef y Cheikhyoussef 2022).

Los subproductos que se pueden obtener a partir de los frutos del aguacate criollo también son de gran interés para la industria alimentaria y farmacéutica, por su composición bioactiva y su utilidad como sustrato para la producción de energía con riesgos mínimos para el medio ambiente. Además, se han encontrado efectos positivos sobre la inhibición de reacciones oxidativas en alimentos, al usar extractos provenientes de estos frutos (Colombo y Papetti 2020, Rodríguez-Carpena *et al.* 2011). En especial, el pigmento de color amarillo-naranja (perseorantina) que es útil para su empleo en la industria de los alimentos y cosmética. Otro de los usos es como agente espesante y gelificante, así podría actuar como un vehículo para productos farmacéuticos, o bien, puede ser utilizado como un material biodegradable en los empaques de alimentos debido al contenido importante de almidón que proporciona la semilla de aguacate (Chel-Guerrero *et al.* 2016). Un ejemplo de esto es el presentado por Rivera-Gonzales *et al.* (2019) quienes obtuvieron una harina a partir de la semilla del aguacate con un gran aporte nutrimental, el cual puede ser utilizado como ingrediente para la formulación de un alimento.

## CONCLUSIONES

Los aguacates criollos analizados evidenciaron una diferente composición nutrimental entre ellos, y cuando se compararon con los aguacates más comercializados. Los frutos obtenidos de los diferentes árboles varían en su aporte nutrimental dependiendo de factores como la nutrición del suelo, genotipo del árbol, el clima, altitud y latitud del lugar donde se ubica, entre otros. Cabe destacar que el tratamiento A3 mostró una mayor diversidad y balance nutrimental, ya que aporta un alto contenido de proteína, carbohidratos complejos y un aporte de grasa adecuado. El perfil fitoquímico de los aguacates arrojó resultados prometedores, ya que mostró una diversidad de más de 30 distintos compuestos, que pueden ser de utilidad en la industria alimentaria y farmacéutica. La textura y el sabor son dos de los atributos de mayor importancia en cuanto a la preferencia del consumidor, determinando que cada una de las características organolépticas de los frutos de aguacate tiene un valor de mayor o menor importancia para la aceptación global de los mismos.

## AGRADECIMIENTOS

SNCG agradece el apoyo económico del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías de México (CONAHCyT) para realizar sus estudios de postgrado. Este estudio recibió financiamiento del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Coahuila (COECyT) a través del proyecto “Concientización sobre la Importancia de los Recursos Genéticos del Aguacate en Parras, Coahuila.” COAH-2021-C15-C042.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

## LITERATURA CITADA

- Acosta DE, Almeyda LIH, Hernández TI (2013) Evaluación de aguacates criollos en Nuevo León, México: región norte. *Revista Mexicana de Ciencia Agrícola* 4(4): 531-542.
- Al-Juhaimi F, Uslu N, Özcan MM, Babiker EE, Ghafoor K, Ahmed IM, Mohamed-Ahmed IA (2021) Effects of drying process on oil quality, the bioactive properties and phytochemical characteristics of avocado (Fuerte) fruits harvested at two different maturity stages. *Journal of Food Processing and Preservation* 45(4): e15368. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15368>.
- Ahmed M, Mustafa H, Wu M, Babaei M, Kong L, Jeong N, Gan Y (2024) Few shot learning for avocado maturity determination from microwave images. *Journal of agriculture and Food Research* 15: 100977. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.100977>
- Anzaldúa-Morales A (1984) La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Acribia editorial. Chihuahua, México. 97p.
- AOAC (2019) Official Methods of analysis of AOAC International. 21th ed. AOAC, Washington D. C, USA. 1067p.
- Araújo RG, Rodríguez-Jasso RM, Ruiz HA, Pintado MME, Aguilar CN (2018) Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science y Technology* 80: 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Ascacio-Valdés JA (2016) The complete biodegradation pathway of pomegranate ellagitannis, *Journal of Basic Microbiology* 56(4): 329-36. <https://doi.org/10.1002/jobm.201500557>.
- Astudillo-Ordóñez CE, Rodríguez P (2018) Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 19: 383-392.
- Babiker EE, Ahmed IAM, Uslu N, Özcan MM, Al-Juhaimi F, Ghafoor K, Almusallam IA (2021) Influence of drying methods on bioactive properties, fatty acids and phenolic compounds of different parts of ripe and unripe avocado fruits. *Journal of Oleo Science* 70(4): 589-598.
- Barbosa-Martín E, Chel-Guerrero L, González-Mondragón E, Betancur-Ancona D (2016) Chemical and technological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seed fibrous residues. *Food and Bioproducts processing* 100: 457-463.
- Ben-Ya'acov A, Bufler G, Barrientos-Priego AF, de la Cruz Torres E, López-López L (1992) A study of avocado germplasm resources, General description of the international project and its findings. *Proc. 2nd World Avocado Congress*. pp. 535-541.
- Bhuyan DJ, Perera L, Basu D, Barooah Li, Papoutsis (2019) The Odyssey of Bioactive Compounds in Avocado (*Persea americana*) and their Health Benefits. *Antioxidants* 8(10): 426. <https://doi.org/10.3390/antiox8100426>
- Campos-Múzquiz LG, De León-García PG, Flores-Gallegos AC, Castillo-Godina RG, Rodríguez-Herrera R (2023) Caracterización morfológica y determinación de la diversidad genética de aguacate criollo *Persea americana* Mill de Parras, Coahuila. *Biocencia*, XXV (3): 48-54. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v25i3.1919>
- Canto-Pereira ME, Sargen SA, Sims CA, Huber DJ, Crane JH, Brecht JK (2014) Ripening and sensory analysis of Guatemalan-West Indian hybrid avocado following ethylene pretreatment and/or exposure to gaseous or aqueous 1-methylcyclopropene. *Netherlands. Postharvest Biology and Technology* 92: 121-127.
- Cervantes-Paz B, Yahia EM, Nunez-Vilchis A (2023) Identification and quantification of fatty acids and lipid-soluble phytochemicals using GC-MS, HPLCMS, and FTIR and their association with quality parameters during avocado ripening. *Journal of Food Science* 88: 119-132.
- Cheikhoussef N, Cheikhoussef A (2022) Avocado (*Persea Americana*) wastes: Chemical composition, biological activities and industrial applications. In: Ramadan MF, Farag MA (eds.) *Mediterranean fruits bio-wastes: Chemistry, functionality and technological applications*. Springer International Publishing. pp. 699–719. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-84436-3\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-030-84436-3_30).

- Colombo R, Papetti A (2019) Avocado (*Persea americana* Mill.) by-products and their impact: From bioactive compounds to biomass energy and sorbent material for removing contaminants. A review. *International Journal of Food Science & Technology* 54(4): 943-951. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14143>
- Cowan AK, Wolstenholme BN (2016) Avocado. In: Caballero B, Finglas PM, Toldrá F (Eds) *Encyclopedia of Food and Health*. Academic Press, Oxford, pp. 294-300.
- Daiuto ER, Tremocoldi MA, de Alencar SM, Vieites RL, Minarelli PH (2014) Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate "Hass". *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(2): 417-424. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-102/13>
- De la Vega-Rivera A, y Merino-Perez L (2021) Socio-environmental impacts of the avocado boom in the Meseta Purepecha, Michoacan, Mexico. *Sustainability* 13(13): 7247. <https://doi.org/10.3390/su13137247>
- Di V, Avellone G, Bongiorno D, & Indelicato S (2017) Quantitative evaluation of the phenolic profile in fruits of six avocado (*Persea americana*) cultivars by ultra-high-performance liquid chromatography-heated electrospray-mass spectrometry. *International Journal of Food Properties* 20(6): 1302-1312.
- Escobar-Saucedo MA, Aguilar CN, Vázquez-Ramos A, Reyes-Valdés MH, Rodríguez-Herrera R (2018) Diversidad genética en cultivares comerciales de manzano de la región de Arteaga Coahuila, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(13): 65-70.
- Escobar-Saucedo MA, Castillo-Reyes F, Aguilar CN, Vázquez-Ramos JA, Rodríguez-Herrera R (2022) Apple Mutant Trees with Low Chilling Requirements: Proximal, Genetic and Epigenetics Characterization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 43:102413. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102413>
- Escobar-Saucedo MA, Rodríguez-Herrera R, Reyes-López A, Cruz-Requena M, Flores-Chávez H, Aguilar CN (2014) Análisis genético y bromatológico de siete mutantes de manzano (*Malus domestica* Borkh) del cultivar Golden Delicious. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1(3): 269-279
- Espinosa-Pardo FA, Savoie R, Subra-Paternault P, Harscoat-Schiavo C (2020) Oil and protein recovery from corn germ: Extraction yield, composition and protein functionality. *Food and Bioproducts Processing*, 120:131–142. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.002>
- Figueroa JG, Borrás-Linares I, Lozano-Sánchez J, Quirantes-Piné R, Segura-Carretero A (2018) Optimization of drying process and pressurized liquid extraction for recovery of bioactive compounds from avocado peel by-product. *Electrophoresis* 39(15): 1-27. <https://doi.org/10.1002/elps.201700379>
- Gutiérrez-Díez A, Sánchez-González E, Torres-Castillo JA, Cerda-Hurtado IM, Ojeda-Zacarías MC (2015) Genetic diversity of Mexican avocado in Nuevo Leon, Mexico. En Caliskan M, Oz GC, Kavakli H, Ozcan B (eds) *Molecular Approaches to Genetic Diversity*. InTech. Rijeka, Croatia. pp. 141-159.
- Guzmán-Maldonado SH, Osuna-García JA, Herrera-González JA (2017) Efecto de localidad y madurez sobre el perfil de ácidos grasos del fruto de aguacate "Hass." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 19: 3885. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.657>
- Huang S, Hung Y, Yang M, Chen I, Yuann JP, Liang JY (2019) Effects of epigallocatechin gallate on the stability of epicatechin in a photolytic process. *Molecules* 24: 1-13. <https://doi.org/10.3390/molecules24040787>
- Ibourki M, Gharby S, Guillaume D, Sakar EH, Laknifli A, El Hammadi A, Charrouf Z (2021) Profiling of mineral elements and heavy metals in argan leaves and fruit by-products using inductively coupled plasma optical emission spectrometry and atomic absorption spectrometry. *Chemical Data Collections* 35: 100772. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2021.100772>
- Krumreich FD, Mendonça CRB, Borges CD, Crizel-Cardozo MM, Dos Santos MA, Otero DM, Zambiasi RC (2024) Margarida avocado oil: Effect of processing on quality, bioactive compounds and fatty acid profile. *Food Chemistry Advances* 4: 100617. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100617>
- Kyriacou M, Roupheal Y (2017) Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae* 234. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.046>
- Li W, Yang R, Ying D, Yu J, Sanguansri L, Ann M (2020) Analysis of polyphenols in apple pomace: A comparative study of different extraction and hydrolysis procedures. *Industrial Crops & Products* 147: 112250. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112250>
- Moreno-Limón S, Rocha-Estrada A, Alvarado-Vázquez MA, Salgado-Mora MG, Pinzón-Rincón EP (2010) Aguacate: Variedades, cultivo y producción en Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. 141p.

- Muhammad A, Hamza M, Muzhi W, Mahdi B, Lingyan K, Nathan J, Yu G (2024) Few shot learning for avocado maturity determination from microwave images. *Journal of Agriculture and Food Research* 15: 100977. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.100977>.
- Pacheco-Gabaldón RP, González-Peris M, Romeu-Ferran M (2018) Estudio Nutri-K: Evaluación de la ingesta de potasio y el deporte en adultos jóvenes. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria* 38(3): 161-167. <https://doi.org/10.12873/383romeu>
- Ramos-Aguilar AL, Ornelas-Paz J, Tapia-Vargas LM, Gardea-Béjar AA, Yahia EM, Ibarra-Junquera V (2021) Comparative study on the phytochemical and nutrient composition of ripe fruit of Hass and Hass type avocado cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis* 97: 103796. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103796>
- Rivera-González G, Amaya-Guerra CA, & Rosa-Millán J (2019) Physicochemical characterisation and in vitro Starch digestion of Avocado Seed Flour (*Persea americana* V. Hass) and its starch and fibrous fractions. *International Journal of Food Science & Technology* 54(7): 2447-2457. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14160>
- Rizkalla SA, Attia A, Abd E-Hady A, Hanna NS, Nasseef JE (2012) Genetic diversity based on ISSR and protein markers associated with earliness trait in wheat. *World Applied Sciences Journal* 20: 23-33.
- Rodríguez I, Cámara-Martos F, Flores JM, Serrano S (2019) Spanish avocado (*Persea americana* Mill.) honey: Authentication based on its composition criteria, mineral content and sensory attributes. *LWT*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.068>
- Rodríguez-Carpena JG, Morcuende D, Andrade MJ, Kylli P, Estévez M (2011) Avocado (*Persea americana* Mill.) phenolics, *in vitro* antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 5625-5635. <https://doi.org/10.1021/jf1048832>
- Rosero JC, Cruz S, Osorio C, Hurtado N (2019) Analysis of phenolic composition of byproducts (seeds and peels) of avocado (*Persea americana* mill.) cultivated in Colombia. *Molecules* 24(17): 3209. <https://doi.org/10.3390/molecules24173209>
- Salazar-García S, Medina-Carrillo RE, Álvarez-Bravo A (2016) Evaluación inicial de algunos aspectos de calidad del fruto de aguacate 'Hass' producido en tres regiones de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(2): 277-289.
- Sánchez-Flores OA, García-Martínez O, Myartseva SN, Ruiz-Cancino E, Carapia-Ruiz V (2015) Parasitismo natural de Aphelinidae (Hymenoptera) sobre *Aleuropleurocelus* aff. *Acaudatus* Drews y *Sampson* (Aleyrodidae), en aguacates criollos del sur de Coahuila, México. *Acta Zoológica Mexicana* 31(2): 173-177.
- Severiano-Pérez P (2019) ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Interdisciplina* 7(19): 47-68.
- Tremocoldi MA, Rosalen PL, Franchin M, Daiuto R, Augusto J, Massarioli P, Alencar SM De (2018) Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PLoS ONE* 13(2): e0192577. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192577>
- Vinha AF, Sousa C, Soares MO, Barreira SVP (2020) Current Research in Agricultural and Food Science In Mastanjević DK (Ed). *Current research in agricultural and food science*. Vol. 1. Book Publisher International. pp. 82-96. <https://doi.org/10.9734/bpi/crafs/v1>
- Vivero A, Valenzuela R, Valenzuela A, Morales G (2019) Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. *Revista Chilena de Nutrición* 46(4): 491-498.
- Yusuf AA, Hu Y, Singh B, Menoyo JA, Wetmore JB (2016) Serum Potassium Levels and Mortality in Hemodialysis Patients: A Retrospective Cohort Study. *American Journal of Nephrology* 44(3): 179-186. <https://doi.org/10.1159/000448341>
- Zhang J, Wen C, Zhang H, Duan Y, Ma H (2020) Recent advances in the extraction of bioactive compounds with subcritical water: A review. *Trends in Food Science & Technology* 95: 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.018>