

Descriptores de frutos de aguacate en México

Nayeli Sarahí Quiñones-Islas^{1§}

Juan Fabricio Lazcano-Escobar²

Carolina Ramírez-López²

Sergio Rubén Trejo-Estrada²

¹Campo Experimental Tecomán-INIFAP. Carretera Colima-Manzanillo km 35, Tecomán, Colima, México. CP. 28100. Tel. 800 0882222, ext. 84307. ²Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada-Instituto Politécnico Nacional. Ex Hacienda San Juan Molino, carretera estatal Tecuexcomac-Tepetitla km 1.5, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México. CP. 90700. (jlazcanoe1700@alumno.ipn.mx; caramirezl@ipn.mx; strejo@ipn.mx).

[§]Autora para correspondencia: quinones.nayeli@inifap.gob.mx.

Resumen

Persea schiedeana Nees es un árbol frutal nativo de Mesoamérica, parcialmente endémico de México, se ubica a lo largo de la llanura del golfo de México. El objetivo fue evaluar los descriptores edafoclimáticos, morfológicos, químicos y comparar las diferencias entre las regiones de estudio que permita su revalorización. Las regiones de estudio fueron: Soconusco en Tuxtla chico, Chiapas, la Selva en Palenque, Chiapas; la Chontalpa en Comalcalco, Tabasco y la Sierra Nororiental en Teziutlán, Puebla. En julio de 2019, se seleccionaron al azar cinco árboles para la cosecha de 44 frutos de cada región, lo que dio un total de 1 76 frutos y 1 584 determinaciones. Se realizó un análisis de varianza para encontrar las diferencias entre regiones y una prueba de Tukey para la comparación de medias de los parámetros morfológicos y fisicoquímicos evaluados, mediante el software estadístico Minitab®. Los frutos de la región de la Selva en Palenque, Chiapas, presentaron mayor valor en peso (417.5 ± 69.7 g), longitud (18.48 ± 1.56 cm), pulpa ($282.09 \pm 54.72\%$) y grasa ($50.29 \pm 2.03\%$). La región del Soconusco, Chiapas alcanzó los porcentajes más altos de proteína en pulpa ($2.79 \pm 0.54\%$), semilla ($1.76 \pm 0.14\%$) y cáscara ($2.64 \pm 0.19\%$). Los resultados obtenidos sugieren la existencia de variación entre los materiales de *Persea schiedeana* Nees en las regiones estudiadas, permitiendo identificar aquellas con potencial agroindustrial, constituyendo una alternativa para diversificar la producción de *Persea* spp. en México.

Palabras clave: *Persea schiedeana* Nees, coyo, endémico.

Recibido: abril de 2023

Aceptado: mayo de 2023

Introducción

En México, existe una gran diversidad de aguacates *Persea* spp. (Corona-Jácome *et al.*, 2016), distribuidos de acuerdo con su variabilidad de condiciones ambientales y genéticas (SIAP, 2017). Dentro de esta diversidad, existe una especie de aguacatero denominada *Persea schiedeana* Nees, conocida comúnmente como Chinín en México, Supte en Honduras, Yas en Costa Rica y Coyo en Guatemala (Cruz-Castillo *et al.*, 2017). El Chinine, es un árbol frutal nativo de Mesoamérica, pertenece a la familia de las Lauráceas dicotiledóneas, es parcialmente endémico de México (Boza *et al.*, 2018), se distribuye a lo largo de la llanura del Golfo de México que comprende el Sur de Tamaulipas (pagua o aguacate de monte), Veracruz (chinene), Puebla (chinini), Oaxaca (chinina), Tabasco (chinín o aguacate mantequilla) y Chiapas (chinín) (Cruz-Castillo *et al.*, 2017).

Crece en selvas, bosques y montañas tropicales a altitudes de 90 hasta 2 000 msnm (Hurtado-Fernández *et al.*, 2018; López-Arce *et al.*, 2019). Ha sido estudiada para el control de la enfermedad ocasionada por el oomiceto *Phytophtora cinnamomi* Rands, debido a su tolerancia a inundaciones en la raíz del aguacatero (Reeksting *et al.*, 2016). Es posible encontrar esta especie en algunas fincas cacaoteras para aprovechar su sombra (Morales-Ramos, 2018). Ha sido considerada una especie subutilizada (Nair *et al.*, 2017; Leakey, 2019), que no figura dentro del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (SIAP, 2020) pero de importancia en las dietas específicas locales y regionales (Bost, 2014).

La información reportada sobre estudios en frutos de *Persea schiedeana* Nees, es limitada. De lo anterior, deriva el objetivo de evaluar los descriptores edafoclimáticos, morfológicos y fisicoquímicos en frutos de *Persea schiedeana* Nees que permita conocer el valor genético, agroindustrial y nutricional para fomentar la conservación y resguardo de esta especie tradicional.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en los laboratorios de la empresa BioAgrovia, SA de CV, ubicado en calle 18 Oriente #3007, Colonia Humboldt, Puebla, Puebla (longitud oeste 98° 17' 38.76" - 98° 01' 12.72" y latitud norte 18° 50' 12.48" - 19° 13' 51.24" y 2 140 msnm). El municipio presenta un clima templado subhúmedo con temperatura promedio anual de 17 °C, mínima de 10 °C, máxima de 25 °C y precipitación promedio de 961 mm anuales (INEGI, 2017). Las temperaturas mínimas ocurren de noviembre a febrero y las máximas de junio a septiembre. La caracterización de los descriptores fisicoquímicos y morfológicos se llevó a cabo en el año 2019, durante el mes de julio, en condiciones de laboratorio, temperatura de 24 °C y una humedad de 17%.

Colecta de frutos de *Persea schiedeana* Nees

En julio de 2019, se realizó una selección al azar de cinco árboles para la cosecha manual de 44 frutos de *Persea schiedeana* Nees en su etapa fisiológica de madurez, alcanzada entre 91 y 97 días después del amarre del fruto (Cruz-Castillo *et al.*, 2007), en huertas particulares de cultivo de traspatio en las regiones de Soconusco en Tuxtla chico, Chiapas (SCH); Selva en Palenque, Chiapas (PCH); Chontalpa en Comalcalco, Tabasco (CHT) y Sierra nororiental en Teziutlán, Puebla (TPU). Inmediatamente después del corte, se acomodó a los frutos uno a uno en una reja de plástico y se empacó con papel estraza para evitar daños mecánicos durante su traslado.

El traslado a laboratorio ocurrió el mismo día de la cosecha, el tiempo de traslado fue de 3 h para TPU, 9 h para CHT, 11 h para PCH y 14 h para SCH. En laboratorio, se desempacó, lavó cada fruto con solución detergente al 10%, se enjuago con agua corriente, se secó con toalla de algodón y colocó sobre una mesa de trabajo para permitir su aclimatación a condiciones de laboratorio (CL) de 24 °C y 17% humedad. Enseguida se comenzó con la medición de algunos de los descriptores morfológicos de los frutos sin abrir (peso, longitud, diámetro, color y forma) y al término de las mediciones se mantuvo a los frutos a CL. El resto de los análisis morfológicos y químicos se realizó durante los siguientes siete días posteriores a su llegada a laboratorio. Durante las evaluaciones, la pulpa y cáscara se almacenó por separado en bolsas ziploc a temperatura de refrigeración (4 °C) y la semilla se guardó en costales de rafia a temperatura ambiente (26 °C).

Caracterización de los descriptores edafoclimáticos, morfológicos y fisicoquímicos

Los materiales colectados de *Persea schiedeana* Nees, se caracterizaron edafoclimáticamente de acuerdo con los datos registrados el año 2019 en el atlas digital geográfico del medioambiente, de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2019). Se evaluó las características morfológicas empleando los descriptores para *Persea* spp., reportados por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, actualmente Bioversity (IPGRI, 1995) y que concuerda con los establecidos por la Unión para la protección de Obtenciones Vegetales para *Persea americana* Mill. (UPOV, 2006).

En fruto: peso (g), forma, diámetro (mm), longitud (mm), forma de la base, forma del ápice, posición del ápice y posición del pedicelo. En cáscara: superficie, peso (g), grosor (mm), color y adherencia. En pulpa: peso (g), color cercano a la cáscara y cercano a la semilla. En semilla: forma, diámetro (mm), longitud (mm), peso (g), cubierta, posición, cotiledón (superficie, adherencia y color), cavidad de la semilla (longitud, diámetro y espacio libre), forma de sección transversal y posición del eje embrionario.

Aquellas características morfológicas que no reportan unidades, se les evaluó de manera visual cualitativamente por escala de valoración descriptiva de acuerdo en lo reportado por el IPGRI, 1995. Los pesos frescos de la fruta, la pulpa, la semilla y la cáscara de los 176 frutos se midieron en una balanza digital (modelo CS2000, marca Ohaus, Estados Unidos) y se realizó el cálculo del porcentaje de cada variable dentro de la fruta. La longitud, diámetro del fruto, diámetro de la semilla y grosor de la cáscara se midió con un vernier digital (Modelo HER-411, marca Steren, China).

La caracterización fisicoquímica se realizó por separado para cada uno de sus componentes (pulpa, cáscara y semilla), de acuerdo con las metodologías descritas por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 2000). El porcentaje de humedad (%H) y materia seca (%MS) se determinó por el método gravimétrico 2.166 de la AOAC, consiste en el secado de la muestra a 105 °C por 12 h hasta peso constante en un horno de secado (Modelo DX-61, marca American Scientific Products, Estados Unidos), el cálculo de %H se determinó por la diferencia de peso debida a la pérdida de agua en la muestra y el cálculo de %MS por diferencia (100 - %H); El contenido de ceniza (%C), método 2.173 de la AOAC, se define como el contenido de minerales totales obtenido después de la calcinación de 5 g de muestra seca a 550 °C por 12 h en una mufla (modelo MF4, marca Prendo, México) y el %C se calculó por la diferencia de peso dividida entre los gramos de la muestra.

El análisis de proteína se evaluó por el método Kjeldahl (método 2.055 de la AOAC), mide el contenido de nitrógeno total en la muestra (%N), se realizó la digestión de 1 g de muestra en una unidad de digestión y destilación micro Kjeldahl (Modelo DEK-1, marca Prendo, México), con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio y su posterior titulación con ácido clorhídrico, el cálculo se realizó multiplicando el %N por el factor de conversión 6.25. El análisis de grasa cruda se llevó a cabo con base en el método 5.011 de la AOAC, donde se cuantificó la grasa de 5 g de muestra extraída en un aparato de destilación Soxhlet (Modelo MC 301-4x4, marca Prendo, México) con éter de petróleo durante 6 h y se evaluó como porcentaje del peso después de evaporar el solvente.

Análisis experimental

La caracterización morfológica y fisicoquímica se evaluó utilizando 44 frutos de *Persea schiedeana* Nees colectados completamente al azar de cada uno de los municipios en las cuatro regiones estudiadas, dando un total de 176 frutos. Se realizó las determinaciones por triplicado para cada uno de los componentes del fruto (pulpa, semilla y cáscara), dando un total de 1 584 análisis por metodología analítica. A los resultados se les realizó un análisis de varianza (Anova), por sus siglas en inglés de un factor para encontrar las diferencias entre los municipios de cada región de estudio y una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias de los parámetros morfológicos y fisicoquímicos evaluados, haciendo uso del software estadístico Minitab® (Minitab, 2019) y el registro de los datos experimentales en una hoja de cálculo Excel® versión 16.45.

Resultados y discusión

Descriptores edafoclimáticos

En las regiones de estudio se mostraron diferencias en la temperatura ambiental registrada en el año de colecta de los frutos de *Persea schiedeana* Nees (Figura 1), se observó que, para la región de la Sierra Nororiental en Puebla, se tuvo un clima templado húmedo (15.5 °C) en comparación con la región de Soconusco en Chiapas, donde predominó un clima cálido subhúmedo (35 °C) y las regiones en Selva (26 °C) y Chontalpa (27 °C), que registraron un clima cálido húmedo. La humedad promedio entre regiones fue de 80%, equivalente a una humedad alta. Los promedios de precipitación pluvial fueron similares entre las regiones de Soconusco (2 433 mm), Selva (2 763 mm) y Chontalpa (2 550 mm) a diferencia de la región Sierra nororiental cuyo registro fue por debajo de los 2 000 mm (Cuadro 1).

El tipo de suelo en las cuatro regiones fue diferente entre cada una, con relación al parámetro de textura en suelos, existió similitud entre estas al presentar un suelo franco arcilloso, este tipo de suelo se caracteriza por ser rico en materia orgánica y contener porcentajes de 15-52% limo, 27-40% arcilla y 20-45% arena (FAO, 1990). Acorde a los resultados edafoclimáticos registrados (Cuadro 1) y su relación con resultados de los descriptores morfológicos (Cuadro 2), se logró apreciar que estos, son un factor determinante en el desarrollo y características de los frutos. Lo anterior, coincide con Cruz-Castillo *et al.* (2017), quienes en su estudio sobre ‘distribución de *Persea schiedeana* en México y potencial para la producción de frutos con aceite de alta calidad’, identificaron que los mejores lugares para el desarrollo óptimo del cultivo son los climas templado húmedo, cálido subhúmedo y cálido húmedo.



Figura 1. Distribución climática de las diferentes regiones de colecta de frutos de *Persea schiedeana* Nees en México (SEMARNAT, 2019; modificado por Quiñones-Islas, 2022).

Cuadro 1. Descriptores edafoclimáticos de las diferentes regiones de colecta de frutos de *Persea schiedeana* Nees en México (SEMARNAT, 2019).

Descriptores	Zona centro	Zonas del sureste		
	Sierra Nororiental en Teziutlán, Puebla	Soconusco en Tuxtla chico, Chiapas	Selva en Palenque, Chiapas	Chontalpa en Comalcalco, Tabasco
Altitud	1920 m	318 m	60 m	20 m
Coordenadas	19° 49' 03" N 97° 21' 39" O	14° 56' 00" N 92° 10' 00" O	17° 30' 33" N 91° 58' 56" O	18° 16' 48" N 93° 12' 06" O
Temperatura promedio (°C)	15.5	35	26	27
Humedad promedio (%)	80	86	74	80
Promedio de precipitación pluvial (mm)	1648	2433	2763	2550
Tipo de suelos	Andosol	Litosol	Leptosol	Vertisol
Textura de suelos	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso

Cuadro 2. Descriptores morfológicos en fruto, pulpa, semilla y cáscara de *Persea schiedeana* Nees de las diferentes regiones de colecta.

Región	Peso fruto (g)	Longitud fruto(cm)	Diámetro fruto (cm)	Peso pulpa (g)	%Pulpa en fruto	Peso semilla (g)	Longitud semilla (cm)	Diámetro semilla (cm)
SCH	326.9±76.3 _b	13.3±0.93 _c	7.79±0.34 _c	213.35±58.4 _b	64.64±3.9 _a	79.8±13.61 _b	7.94±0.68 _c	4±0.52 _c
PCH	417.5±69.7 _a	18.48±1.56 _a	7.62±0.47 _c	282.1±54.72 _a	67.5±5.98 _a	90.05±28.1 _b	9.37±2.64 _b	4.51±1.02 _b
CHT	338.55±51.2 _b	16.03±1.3 _b	20.4±1.16 _a	165.6±31.7 _c	49.03±7.2 _b	135.06±33.5 _a	11.5±0.45 _a	4.9±0.31 _b
TPU	165.6±19.73 _c	11.26±0.96 _d	18.4±0.88 _b	84.98±12.81 _d	51.42±5.5 _b	59.16±12.15 _c	8.51±0.77 _c	12.4±1.03 _a
	%Semilla en fruto	Longitud cavidad semilla (mm)	Diámetro cavidad semilla (cm)	Posición eje embrionario (mm)	Peso cáscara (g)	Grosor cáscara (mm)	%Cáscara en fruto	
SCH	24.99±3.97 _c	71.19±3.34 _d	4.33±0.27 _a	19.35±1.97 _b	33.8±9.35 _b	1.01±0.011 _c	10.36 ±1.61 _c	
PCH	21.67±6.21 _d	100.3±16.77 _b	4.63±0.64 _a	19.83±1.38 _b	45.4±9.3 _a	2.01±0.004 _b	10.82 ±10.77 _{b,c}	
CHT	39.81±7.11 _a	136.22±5.26 _a	15.1±69.4 _a	28.10±0.14 _a	37.9±6.4 _b	3.01±0.007 _a	11.16 ±0.27 _b	
TPU	35.63±5.5 _b	83.94±8.34 _c	4.15±0.42 _a	17.20±0.23 _c	21.4±2.56 _c	3.02±0.009 _a	12.94 ±0.06 _a	

a, b, c, d= letras diferentes indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$); SCH= Soconusco, Chiapas; PCH= Selva, Palenque Chiapas; CHT= Chontalpa, Tabasco; TPU= Sierra Nororiental, Teziutlán Puebla.

Descriptores morfológicos y fisicoquímicos

En la caracterización morfológica realizada a *Persea schiedeana* Nees (Cuadro 2), con relación al peso de los frutos frescos enteros, de la pulpa y de la cáscara se registraron los mayores valores en la región de la Selva, Palenque Chiapas (PCH). Además, se observó que, para la región del Soconusco, Chiapas (SCH) y la región de la Chontalpa, Tabasco (CHT) en los pesos de fruto fresco no existió diferencia significativa. En el peso de las semillas, el mayor valor lo registró la región CHT (135.06 ± 33.52 g) y los resultados para esta variable en las dos regiones de Chiapas (SCH y PCH) no fueron significativas.

Los frutos de la región Selva presentaron el mayor peso de pulpa fresca, con un valor de la media de 282.09 ± 54.72 g, a diferencia de los frutos de la Sierra nororiental (TPU) que registraron el menor peso de pulpa fresca, con una media de 84.98 ± 12.81 g. El mayor porcentaje de pulpa con respecto a la fruta entera se registró en las muestras de la región del Soconusco ($64.64 \pm 3.85\%$) y la región Selva ($67.49 \pm 5.98\%$) ambas de Chiapas. En el porcentaje de semilla en fruto entero, el mayor porcentaje lo registraron los frutos de la región Chontalpa ($39.81 \pm 7.11\%$), mientras que los mayores porcentajes de cáscara en fruto entero fue la región Sierra Nororiental ($12.94 \pm 0.06\%$).

Los frutos de la región de la Selva (PCH) fueron los de más alto peso y tamaño en fruto entero, presentando una mayor longitud y mayor contenido de pulpa. Por otro lado, el valor para el caso del porcentaje de semilla en fruto y porcentaje de cáscara en fruto entero fue menor.

Se observó que los frutos de PCH tuvieron una forma claviforme, mientras que las regiones de SCH y CHT mostraron formas obovadas anchas y claviformes curvadas, respectivamente. A diferencia de la zona centro, en la que la forma fue romboidal. Lo antes descrito, es similar a los

resultados obtenidos en frutos de *Persea schiedeana* Nees distribuidos en Los Tuxtlas, Veracruz (Joaquín-Martínez *et al.*, 2007). Las cuatro regiones evaluadas tuvieron similitudes para los parámetros de base del fruto tipo hundida, pedicelo cilíndrico, tonalidades en la cáscara desde verde a verde oscuro y del verde hasta el negro. La región Sierra Nororiental y Soconusco presentaron una forma del ápice redondeado.

La posición de ápice en los frutos de la región Sierra Nororiental y Chontalpa fueron del tipo central, a diferencia de las regiones Selva y Soconusco que fue asimétrico. La posición del pedicelos del fruto fue tipo central para la región Sierra Nororiental y Selva; y entre las regiones de la Chontalpa y Soconusco fue asimétrico (Figura 2).



TPU SCH PCH CHT

Figura 2. Descriptores morfológicos en fruto de *Persea schiedeana* Nees de las diferentes regiones en México (Quiñones-Islas, 2022). TPU= Sierra Nororiental, Teziutlán Puebla; SCH= Soconusco, Chiapas; PCH= Selva, Palenque Chiapas; CHT= Chontalpa, Tabasco.

Con respecto a la pulpa y semilla de *Persea schiedeana* Nees (Figura 3), hubo similitud entre los frutos de las cuatro zonas, que destacan: adherencia intermedia de cáscara a pulpa, color amarillo claro en la pulpa cercana a la cáscara y a la semilla, adherencia del cotiledón a la semilla del tipo adherido, una posición central de la semilla, sin espacio libre de la cavidad de la semilla y una forma elíptica de la sección transversal de la semilla. En la forma de la semilla, las regiones que mostraron similitudes fueron Soconusco y Sierra, con una forma del tipo obovada ancha.

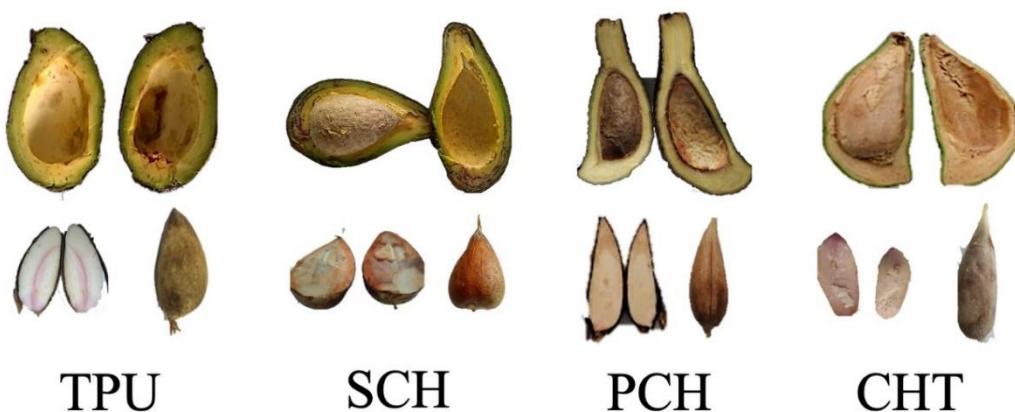


Figura 3. Descriptores morfológicos en pulpa y semilla de frutos de *Persea schiedeana* de las diferentes regiones en México (Quiñones-Islas, 2022). SCH= Soconusco, Chiapas; PCH= Selva, Palenque Chiapas; CHT= Chontalpa, Tabasco; TPU= Sierra Nororiental, Teziutlán Puebla.

La superficie y color del cotiledón de las regiones Chontalpa y Sierra fueron similares, presentando una superficie lisa y color amarillo anaranjado. La cubierta de la semilla fue muy diferente entre cada una de las regiones, mostrando una semilla adherida a cubierta sin adherir a la pulpa (región Soconusco), semilla libre con cubierta adherida a la pulpa (región Selva), semilla adherida con cubierta adherida a la pulpa (región Chontalpa) y semilla adherida con cubierta adherida a la pulpa (región Sierra Nororiental). En un estudio realizado por Rodríguez-Córdova *et al.* (2018), en la región central del estado de Veracruz, se obtuvieron valores similares para algunas de las variables de estudio anteriormente descritas para esta especie. Los resultados obtenidos muestran la diversidad morfológica entre los frutos de *Persea schiedeana* Nees de las regiones evaluadas, evidenciando su potencial como fuente de germoplasma.

En la caracterización fisicoquímica en frutos de *Persea schiedeana* Nees de las regiones de colecta (Cuadro 3), se obtuvieron humedades en la pulpa, semilla y cáscara similares a las reportadas para *Persea americana* Mill. en sus variedades Hass, Booth-8, Trinidad, Papelillo, Simmonds, Polloc, Choquette y Linda (Ceballos y Montoya, 2013; Fonseca-Duarte *et al.*, 2016). El contenido de humedad en frutos climáticos como *Persea schiedeana* Nees y *Persea americana* Mill, es un factor de calidad poscosecha importante a considerar en la conservación, al indicar la estabilidad del fruto, representando la presencia de reacciones de oxidación ocasionadas principalmente por la enzima polifenol oxidasa, en las cuales se lleva a cabo una liberación de agua que provoca el ablandamiento de los tejidos (Talabi *et al.*, 2016; Márquez *et al.*, 2016).

Cuadro 3. Descriptores fisicoquímicos en unidades porcentuales de la media obtenida por 100 gramos de fruto de *Persea schiedeana* Nees de las diferentes regiones (base seca)

Región/parte del fruto	% Humedad	% Materia seca	% Ceniza	% Proteína	% Grasa
SCH-P	82.59 \pm 1.51 _a	17.4 \pm 1.51 _c	3.25 \pm 0.67 _a	2.79 \pm 0.54 _a	20.6 \pm 0.43 _d
PCH-P	68.13 \pm 1.09 _c	31.86 \pm 1.09 _a	3.07 \pm 0.01 _a	1.74 \pm 0.01 _{b,c}	50.29 \pm 2.03 _a
CHT-P	73.59 \pm 0.54 _b	26.4 \pm 0.54 _b	3.88 \pm 0.02 _a	1.92 \pm 0.17 _b	26.23 \pm 0.02 _c
TPU-P	67.56 \pm 0.72 _c	32.43 \pm 0.72 _a	1.9 \pm 0.07 _b	1.11 \pm 0.1 _c	31.01 \pm 0.2 _b
SCH-C	59.34 \pm 3.58 _b	40.66 \pm 3.58 _a	2.51 \pm 0.18 _c	2.64 \pm 0.19 _a	3.18 \pm 0.84 _d
PCH-C	72.1 \pm 0.53 _a	27.89 \pm 0.53 _b	4.25 \pm 0.01 _{b,c}	1.77 \pm 0.04 _{b,c}	40.16 \pm 1.42 _a
CHT-C	71.9 \pm 0.4 _a	28.09 \pm 0.4 _b	6.51 \pm 0.11 _{a,b}	1.92 \pm 0.17 _b	11.53 \pm 0.29 _b
TPU-C	73.92 \pm 0.07 _a	26.07 \pm 0.08 _b	8.77 \pm 2.5 _a	1.39 \pm 0.17 _c	8.79 \pm 0.575 _c
SCH-S	65.25 \pm 1.63 _{a,b}	34.74 \pm 1.62 _{b,c}	2.84 \pm 0.66 _{a,b}	1.76 \pm 0.14 _a	3.81 \pm 0.23 _b
PCH-S	63.38 \pm 0.48 _b	36.61 \pm 0.48 _b	1.9 \pm 0.01 _c	0.52 \pm 0.01 _c	12.2 \pm 2.16 _a
CHT-S	66.51 \pm 0.31 _a	33.48 \pm 0.31 _c	3.04 \pm 0.02 _a	1.28 \pm 0.26 _b	7.08 \pm 0.7 _b
TPU-S	60.46 \pm 0.42 _c	39.53 \pm 0.42 _a	1.96 \pm 0.24 _{b,c}	0.81 \pm 0.1 _c	14.38 \pm 1.47 _a

a, b, c, d= letras diferentes hay diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$); SCH= Soconusco, Chiapas; PCH= Selva Palenque, Chiapas; CHT= Chontalpa, Tabasco; TPU= Sierra nororiental; Teziutlán Puebla; P= Pulpa; C= Cáscara; S= Semilla.

El contenido de materia seca indica el contenido de sólidos secos en los que se concentran los nutrientes (Obenland *et al.*, 2012; Bayram y Seyla, 2019). En los frutos de *Persea schiedeana* Nees evaluados, este parámetro osciló de 17.4 \pm 1.51% hasta el 40.66 \pm 3.58%, presentando para la región de la Sierra Nororiental los mayores porcentajes de materia seca en pulpa y semilla. En la cáscara,

el mayor porcentaje de materia seca fue obtenido en los frutos de la región del Soconusco, mostrando una relación con el contenido de proteína, al obtener el mayor porcentaje en la cáscara de los frutos de esta misma región. De acuerdo con los resultados obtenidos, estos evidencian una concentración de nutrientes comparable con lo reportado por Fonseca-Duarte *et al.* (2016), para *Persea americana* Mill.

Las concentraciones de ceniza en los frutos estudiados oscilaron de $1.9 \pm 0.01\%$ hasta un $8.77 \pm 2.5\%$. En cáscara, los mayores porcentajes fueron los de la región Sierra Nororiental. En pulpa y semilla los mayores porcentajes se obtuvieron en los frutos de la región Chontalpa. El contenido de proteína más alto en pulpa fue de $2.79 \pm 0.54\%$, mayor al reportado por Morales-Ramos (2018) en la pulpa de *Persea schiedeana* de la región occidente de Honduras, con un valor de 1.3%.

Los contenidos más altos de proteínas en todas las partes del fruto se encontraron en los de la región del Soconusco, Chiapas. Los porcentajes mayores de grasa en pulpa ($50.29 \pm 2.03\%$) se obtuvieron en los frutos de tamaño mayor (Cuadro 3), pertenecientes a la región Selva, Chiapas. Las determinaciones en los frutos de *Persea schiedeana* Nees en cada uno de sus componentes, presentaron valores muy similares y comparables a los obtenidos en *Persea americana* para las variedades Booth8, Trinidad y Papelillo (Ceballos y Montoya, 2013).

Conclusiones

Se logró establecer que el lugar en el que se desarrollan los frutos de *Persea schiedeana* Ness tiene influencia en el producto. Destacaron los frutos de la región de la Selva en Palenque, Chiapas, que presentaron los porcentajes mayores en contenido de pulpa y contenido de grasa tanto en pulpa como en cáscara. Los contenidos más altos de proteínas en todas las partes del fruto se encontraron en los obtenidos en la región del Soconusco, Chiapas. En general, los resultados obtenidos en el presente estudio indican la existencia de una importante diversidad entre los materiales de *Persea schiedeana* Nees, con base en las características morfológicas y edafoclimáticas evaluadas.

Lo anterior representa un factor determinante para su revalorización en el sector productivo, lo cual podría contribuir a estimular las economías locales y regionales. Asimismo, cuenta con potencial para ser aprovechado en múltiples aplicaciones industriales (aceites, pulpas, cosméticos, alimentación y agroindustria), en programas de mejoramiento genético y en programas de conservación de germoplasma de especies tradicionales en México.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA) del Instituto Politécnico Nacional y a la empresa BioAgrovia SA de CV por las facilidades otorgadas para el desarrollo de la investigación. Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por otorgar licencia para estudios doctorales a Nayeli Sarahí Quiñones-Islas.

Bibliografía

AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 17th Ed. Maryland, EE UU. 1(4):69-88.

- Bayram, S. and Tepe, S. 2019. Determination of some physicochemical properties in fruits of some avocado (*Persea americana* Mill.) cultivars during the harvesting periods. Turkey. Derim. 36(1):1-12. Doi: 10.16882/derim.2019.410329.
- Bost, J. B. 2014. *Persea schiedeana*: a high oil “cinderella species” fruit with potential for tropical agroforestry systems. Switzerland. Sustainability. 6(1):99-111. Doi: 10.3390/su6010099.
- Boza, E. J.; Tondo, C. L.; Ledesma, N.; Campbell, R. J.; Bost, J.; Schnell, R. J. and Gutiérrez, O. A. 2018. Genetic differentiation, races and interracial admixture in avocado (*Persea americana* Mill.). Switzerland. Genetic resources and crop evolution. 65(4):1195-1215. Doi: 10.1007/s10722-018-0608-7.
- Ceballos, A. M. and Montoya, S. 2013. Chemical evaluation of fiber nib, pulp and three shell avocado varieties. Colombia. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. 11(1):103-112.
- Cruz-Castillo, J. G.; Tinoco-Rueda, J. A. and Famiani, F. 2017. Distribution of *Persea schiedeana* in Mexico and potential for the production of fruits with high-quality oil. HortScience. 52(4):661-666. Doi: 10.21273/HORTSCI11411-16.
- Corona-Jácome, E. C.; Galindo-Tovar, M. E.; Lee-Espinosa, H. E. y Landero-Torres, I. 2016. Diversidad genética del aguacate (*Persea americana* Mill.) en cuatro zonas de su área de dispersión natural. México. Agroproductividad. 9(6):80-86.
- FAO. 1990. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Guidelines for soil profile description, 3rd Ed. 70 p.
- Fonseca-Duarte, P.; Alves-Chavez, M.; Dellinghausen-Borges, C. and Barboza-Mendoca, C. 2016. Avocado: characteristics, health benefits and uses. Brazil. Ciência Rural. 46(4):747-754. Doi: 10.1590/0103-8478cr20141516.
- Hurtado-Fernández, E.; Fernández-Gutiérrez, A. and Carrasco-Pancorbo, A. 2018. Avocado fruit *Persea americana*. In: exotic fruits. Ed. Academic press. Cambridge, Massachusetts. 37-48. pp. Doi: 10.1016/B978-0-12-803138-4.00001-0.
- INEGI. 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Puebla. México. 940 p.
- IPGRI. 1995. International Plant Genetic Resources Institute. Descriptores para aguacate (*Persea* spp.). Roma, Italia. 54 p.
- Joaquín-Martínez, M. C.; Cruz-Castillo, J. G.; Cruz-Medina, J. y Angel-Coronel, O. 2007. Distribución ecogeográfica y características del fruto de *Persea schiedeana* Nees. En los Tuxtlas, Veracruz, México. Rev. Fitotec. Mex. 30(4):403-410.
- Leakey, R. R. 2019. From ethnobotany to mainstream agriculture: socially modified cinderella species capturing ‘trade-ons’ for ‘land maxing’. Switzerland. Planta. 250(3):949-970. Doi: 10.1007/s00425-019-03128-z.
- López-Arce, L.; Ureta, C.; Granados-Sánchez, D.; Rodríguez-Esparza, L. and Monterroso-Rivas, A. 2019. Identifying cloud forest conservation areas in Mexico from the potential distribution of 19 representative species. Netherlands. Heliyon. 5(3):1-23. Doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01423.
- Márquez, C. J.; Yepes, D. P.; Sánchez, L. y Osorio, J. A. 2016. Cambios fisicoquímicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. “Hass”) en poscosecha para dos municipios de Antioquia. Colombia. Temas Agrarios. 19(1):32-47. Doi:10.21897/rta.v19i1.723.
- Minitab®. 2019. Minitab Statistical Software. Version 19. Minitab LLC.
- Nair, P. R.; Viswanath, S. and Lubina, P. A. 2017. Cinderella agroforestry systems. Agroforestry Systems. 91(5):901-917. Doi: 10.1007/s10457-016-9966-3.

- Obenland, D.; Collin, S.; Sievert, J.; Negm, F. and Arpaia, M. L. 2012. Influence of maturity and ripening on aroma volatiles and flavor in “Hass” avocado. Netherlands. Postharvest biology and technology. 71:41-50. Doi:10.1016/j.postharvbio. 2012.03.006.
- Reeksting, B. J.; Olivier, N. A. and Van, B. N. 2016. Transcriptome responses of an ungrafted Phytophthora root rot tolerant avocado (*Persea americana*) rootstock to flooding and *Phytophthora cinnamomi*. BMC plant biology. 16(1):1-19. Doi: 10.1186/s12870-016-0893-2.
- Morales-Ramos, V. 2018. Caracterización fisicoquímica de selecciones de chinene (*Persea schiedeana* Nees) en cafetales del centro de Veracruz. México. Agro productividad. 11(4):14-18.
- Rodríguez-Córdova, M. G.; Gómez-Salazar, J. A. y Elías-Román, R. D. 2018. Evaluación de materiales de chinene (*Persea Schiedeana* Nees) de Tabasco y Veracruz. 4(1):145-151.
- SEMARNAT. 2019. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Atlas digital geográfico del ambiente. (<https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/atlas2019/index.html#>).
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/snics/articulos/cartel-tematico-diversidad-de-aguacate-en-mexico-persea spp?idiom=es>.
- SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Talabi, J. Y.; Osukoya, O. A.; Ajayi, O. O. and Adegoke, G. O. 2016. Nutritional and antinutritional compositions of processed Avocado (*Persea americana* Mill) seeds. Pakistan. Asian J. Plant Sci. Res. 6(2):6-12.
- UPOV. 2006. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. *Persea americana* Mill. Aguacate. Ginebra, Suiza. 1-40. pp. <https://www.upov.int>edocs>tgdocs>.