

Caracterización química, fisicoquímica y nutracéutica de la semilla del aguacate (*Persea americana* Mill) para el uso en la industria

V. Sánchez-Quezada, y G. Loarca-Piña

Doctorado en Ciencia de los Alimentos, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.
vanelilla@hotmail.com

RESUMEN

Actualmente la fruta de mayor producción en México es el aguacate (*Persea americana* Mill), teniendo un crecimiento favorable en los últimos años la industria del guacamole y aceite. Sin embargo, este tipo de industria genera grandes cantidades de subproductos como: la semilla y la cáscara que resultan en pérdidas de aproximadamente 30% del peso total del fruto, que no tienen ningún uso industrial siendo desechadas o utilizadas como composta. Es por ello que el uso de estrategias como la economía circular nos abre alternativas en el uso principalmente de la semilla, para el desarrollo de alternativas como lo es un producto con fines de ingrediente alimenticio y/o cosmético. El objetivo de este trabajo fue correlacionar las características químicas, fisicoquímicas y nutracéuticas de semilla de aguacate con el fin de facilitar su posible uso en la industria y con ello el aprovechamiento de este subproducto. Se encontró una posible relación directamente proporcional entre la madurez del fruto y la capacidad antioxidante. En cuanto a compuestos fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante por DPPH* se observa un incremento con forme incrementa la madurez, la cual podría estar correlacionada con el color del fruto, lo que ayudaría a darle un futuro uso a este subproducto, facilitando su procesamiento y los métodos utilizados en la industria.

Palabras clave: Aguacate; semilla; subproductos.

ABSTRACT

The fruit with the highest production in Mexico is the avocado (*Persea Americana* Mill), the guacamole, and the oil industry, having a favorable growth in recent years. However, this type of industry generates large amounts of byproducts such as the seed and the peel that result in losses of approximately 30% of the total weight of the fruit, have no industrial use being discarded or used as compost. Using strategies such as the circular bioeconomy opens up alternatives in the use mainly of the seed to develop alternatives such as a product for a food ingredient and/or cosmetic. The objective of this work was to correlate the chemicals, physicochemical, and nutraceuticals characteristics of avocado seed extract to facilitate their use possible in industry and byproducts utilization in the industry. They find an achievable, directly proportional relationship between the maturity of the fruit and the antioxidant capacity. Regarding phenol compounds, flavonoids, and antioxidant capacity by DPPH*, an increase is observed with increasing maturity, which could be correlated with the color of the fruit, to help to byproducts utilization and to facilitate the process and methods used in the industry.

Keywords: Avocado; seed avocado; byproducts.

Área: Aprovechamiento y valorización de subproductos.

INTRODUCCIÓN

México es el principal exportador de aguacate a nivel mundial con un 54.10%; solo en 2019 se cosecharon 2.84 millones de toneladas del fruto, siendo la variedad Hass más demandada (SAGARPA, 2020). El aguacate es una fruta climatérica cuyo proceso de maduración se caracteriza por el aumento en la producción de etileno y en la tasa de respiración, así como ablandamiento del mesocarpio y en el caso específico de la variedad Hass el cambio de coloración (Donetti & Terry, 2015), es por ello que para tener una calidad específica y procesamiento estandarizado se requiere la medición de parámetros fisicoquímicos del fruto. En cuanto a su procesamiento industrial, el aguacate se utiliza para la elaboración del guacamole y el aceite, siendo éstos los principales productos industrializados; en 2018 se necesitaron 370,000 toneladas de aguacate para satisfacer el mercado industrial (SAGARPA, 2020). Los subproductos son una fuente interesante y más barata de ingredientes potencialmente funcionales dando un valor agregado (funcionalidad y bioactividad) y contribuyendo a la bioeconomía que busca generar los mínimos residuos (Figueroa *et al.*, 2018). La semilla representa del 16 al 22 % del peso de la fruta; sin embargo, no se ha encontrado evidencias de un uso comercial o de productos asociados a la industria alimenticia, es por ello que se necesita aún más la innovación y en desarrollo de nuevos productos. Dada la composición química de la semilla cenizas 2.25 %, proteína 8.35 %, grasas 30.83 %, carbohidratos 29.66 %, fibra cruda 3.76 %, vitamina A 200.23 µg/100g, vitamina C 2.76 mg/100g, fitoesteres, triterpenos entre otros (Figueroa *et al.*, 2018). Lo anterior sugiere un potencial biológico que puede ser explorado para el desarrollo de un ingrediente derivado del producto alimenticio con un valor agregado al ser incorporado a un alimento y con ello dar una función tecnológica y biológica (antiinflamatorio, antioxidante, anticancerígena), de la misma forma ayudar a contrarrestar las pérdidas industriales.

El objetivo de este trabajo fue correlacionar las características fisicoquímicas del fruto de aguacate con las características químicas, fisicoquímicas y nutraceuticas de la semilla con el fin de facilitar el posible uso en la industria para su aprovechamiento. Se encontró una correlación directamente proporcional con la madurez del fruto y las características químicas y nutraceuticas de los extractos de la semilla de aguacate, lo que sugiere el aprovechamiento de la semilla, orientando de este modo al uso en la industria alimenticia, cosmética o farmacéutica. Se llegó a la conclusión que por medio de las correlaciones puede ser un indicativo para poder delimitar el uso de la semilla del aguacate, sin necesidad de determinar las propiedades de la semilla, siendo un proceso fácil y práctico para las industrias, así como su alto contenido de fenoles totales y flavonoides que promueve el uso de la semilla para fines alimenticios o farmacéuticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Color: Se determinó el color por medio de un colorímetro portátil (MubuScan, HunterLab) (Cox *et al.*, 2004), se midieron los valores CIELAB L* (luminosidad, donde 0= negro, 100= blanco), a* (componente verde a rojo) y b* (componente amarillo a azul), se midió por triplicado de cada muestra (No.90 total) posteriormente se sacó el ángulo de tono (Hue°), con ayuda del programa MATLAB (<https://la.mathworks.com/>).

Dureza y firmeza: se realizó con muestras frescas con diferentes niveles de madurez y a temperatura ambiente. Se utilizó un texturometro (Texture Analyser; Brookfield CT3), una sonda modelo TA11/1000 (8 mm de diámetro) 10 g de carga en la celda, velocidad de 2.0 mm/seg, deformación de 50 %, con dos contadores de ciclo y tiempo de recuperación de 5seg.

Composición química: se llevaron acabo de acuerdo a los métodos reportados por la AOAC, y carbohidratos por diferencia. Lípidos (AOAC, 920.39), proteínas (AOAC, 954.01), humedad (AOAC, 925.09B) y cenizas (AOAC, 945.46).

Procesamiento de la semilla: se separó del resto del fruto y se llevaron a cabo secado convencional con diferentes condiciones: A (60°C por 2hrs) B (60°C por 4hrs) C (80 °C por 2hrs) y D (80 °C por 4 hrs). Se realizaron diferentes extractos con 1 gramo de muestra molida y seca y 10 mL de solvente (metanol, etanol, metanol:agua (1:1 v/v).y etanol:agua (1:1 v/v).

Fenoles totales. En cada pozo de una microplaca trasparente se colocaron 30 µL de cada uno de los extractos y se adiciona 30 µL el reactivo de Folin-Ciocalteu (1:1 v/v), se incubaba a 40°C con agitación y aislado de la

luz por 2 minutos, posteriormente la reacción se neutraliza con 240 μL de NaCO_3 al 7%, se incuba a 40°C con agitación por 20 minutos protegido de la luz, se lee con ayuda de un espectrofotómetro (UV-visible) a 765 nm (multimodo Synergy HT). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por gramos de muestra.

DPPH*. En una microplaca se añadió 20 μL de cada extracto y 200 μL de solución DPPH*. Se tomó la lectura a 0, 10, 30, 60 y 90 minutos un espectrofotómetro (UV-visible) a 560 nm (multimodo Synergy HT). Los resultados se expresaron como μg equivalentes de trolox por gramo de muestra.

Flavonoides totales. De las muestras y/o curva se tomaron 50 μL , se adicionaron a cada pozo además 180 μL de metanol (98 %) y 20 μL de 2-aminoetil borato (1 %), se leyó a 404 nm (multimodo Synergy HT). los resultados se expresaron como mg equivalentes de rutina por gramo de muestra.

Taninos condensados. Se tomó 50 μL de los extractos y se colocaron en los pozos de la microplaca transparente de 90 pozos, posteriormente se adicionó 200 μL de la solución de vainillina (0.5 %: 1% vainillina y 8 % de HCl (1:1 metanol)), más un blanco con 50 μL de los extractos y 200 μL de HCl (4 %), se almacena la microplaca a 30°C por 20 min. Se realizó la lectura a 492 nm en un lector de placas (multimodo Synergy HT). Los resultados se expresaron como mg equivalentes a (+)-catequinas en gramos de muestra.

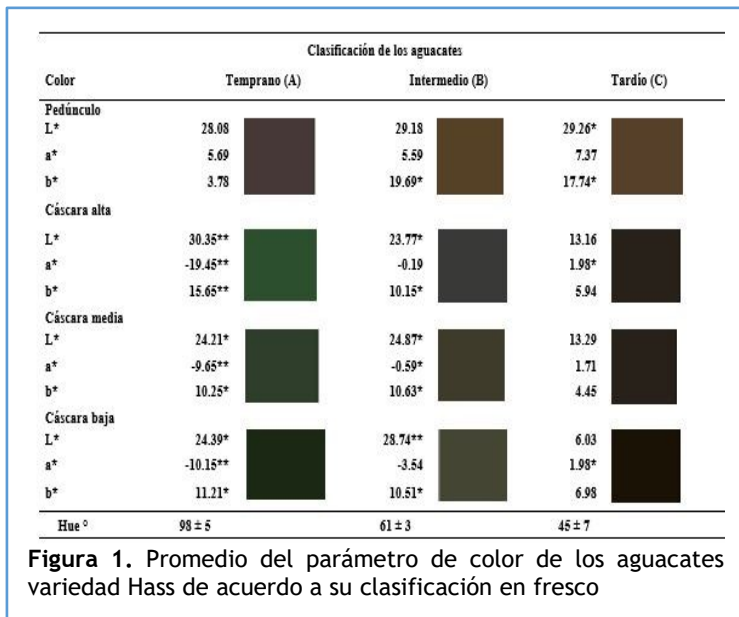
Análisis estadístico. Los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar (DE) y las diferencias estadísticas se determinaron mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las correlaciones entre los parámetros se determinaron mediante la prueba REML y muestran el coeficiente de Spearman (r). Todos los análisis estadísticos se realizaron con JMP versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

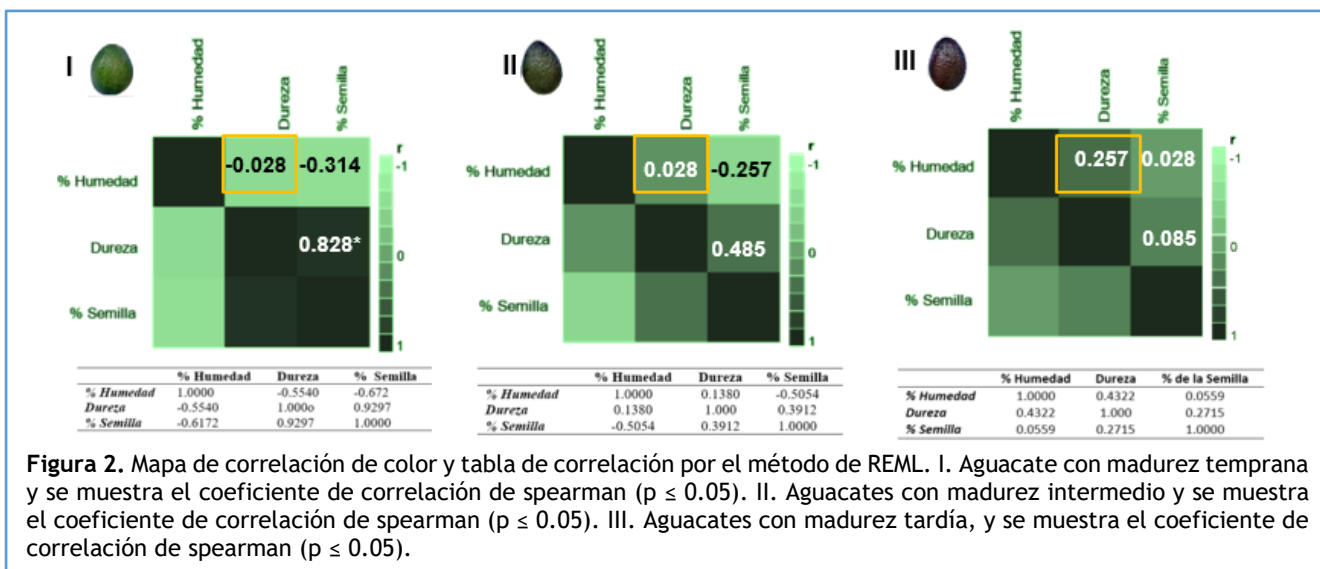
El color de los aguacates se evaluó en el pedúnculo, la cáscara alta, la cáscara media y la cáscara baja a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C), los resultados se muestran en la **Figura 1**. Se obtuvieron valores de L^* : 13-30, a^* : -0.19-19.45 y de b^* : 3.78-17.75, teniendo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los aguacates clasificados como temprano y los tardíos, en las tres clasificaciones de cáscara. Destacando los aguacates en estadio temprano con valores de a^* bajos lo que indica tonos verdes con luminosidad superior, mientras los tardíos se destacaron por presentar coloraciones más a lo negro, rojo y azul, siendo opaco, en cáscara alta, media y baja. Los resultados obtenidos concuerdan con lo descrito por Pisani *et al.* (2017) quienes describen valores de a^* fueron negativos inferiores a <0.1 en cáscara de aguacates para consumo variedad Hass, lo que les indica que los tonos estaban muy lejos de ser puros, siendo opacos y en tonalidades grises. Es importante destacar que el color en la cáscara de los aguacates es un indicador tanto en la industria como para los consumidores de madurez del fruto ya que el cambio de verde a negro/morado indica el progreso de la misma. Fisiológicamente esto se debe a la disminución de clorofila y un aumento en las antocianinas como la cianidina-3-glucosido, la síntesis de antocianinas se ha observado en respuesta al estrés ambiental, el cual aumenta con la temperatura y ayuda a evitar la invasión de microorganismos y diferentes géneros de ácaros (Cömert *et al.*, 2020).

Se evaluó y se correlacionaron los parámetros de % de humedad de la semilla, dureza de la semilla y porcentaje en peso de la semilla (**Figura 2**), por estadio de madurez de frutos de aguacate. El comportamiento en los frutos tempranos se correlaciona con 0.9297 entre la dureza y el porcentaje de humedad de la semilla, por lo que su relación lineal se ve relacionado directamente, en cuanto el parámetro de correlación con otros parámetros en casi nulo. En los frutos intermedios la dureza y % humedad fue 0.1380, dureza y porcentaje

total de peso de la semilla de 0.3912, siendo más baja el % total de semilla y % humedad que no se relaciona. Los frutos tardíos tuvieron el mismo comportamiento que los frutos intermedios, por lo anterior se puede sugerir que los parámetros que se relacionan con una madurez temprana es la dureza y el porcentaje de la semilla, mientras que para frutos con maduración superiores desde intermedios a tardíos se relaciona la dureza con el porcentaje de humedad. De acuerdo a la relación de p-spearman donde valores negativos indican valores absolutos (uno aumenta y el otro disminuye) y los valores positivos una relación directa (aumentan los dos). Tanto los frutos tempranos como intermedios tienen el mismo comportamiento la dureza y el porcentaje de humedad aumenta conforme incrementa la madurez. Indicando que el porcentaje de la semilla con respecto a la humedad no es proporcional, esto refiere a que el incremento la humedad se disminuye conforme a la relación en peso de la semilla, lo cual es esperado para los frutos climatéricos, ya que la semilla no tiene mecanismos de defensa contra la deshidratación como lo tiene la pulpa de aguacate (Adjei *et al.*, 2011).



La composición química fue comparada con semillas frescas, y se ajustó con base seca (**Tabla I**). Los porcentajes en la composición química en porcentaje (%) de proteína, humedad, cenizas, lípidos y carbohidratos se obtuvo a un 11 %, 20.5 %, 2.5 %, 8.9 %, 51.2 % respectivamente. Nuestros valores que coinciden con lo reportado por Ejiófor *et al.* (2018), quienes obtuvieron 15.55 % de proteína, 7.90 % de



lípidos, 53.03 % de carbohidratos, 2.26 % de cenizas. Otros autores reportan un contenido inferior de lípidos y proteínas de 4.05 % y 9.63 % respectivamente, así como humedad de 12.5 % y carbohidratos de 62 % (Arájú *et al.*, 2018). Estas variaciones en la composición química de la semilla de aguacate variedad Hass se atribuyen las condiciones climáticas y las prácticas agrícolas utilizadas durante el cultivo, la cosecha y la postcosecha, las cuales incluyen la región de producción del aguacate, el clima, la altitud, precipitación y la variación genética (Segovia *et al.*, 2016).

Tabla I. Composición química de la semilla del aguacate (Hass) con base seca a diferentes condiciones de secado

Los resultados expresan la media \pm DE de tres experimentos independientes expresado en porcentaje (%). Las letras minúsculas expresan

Semilla	Temperatura	Horas	Proteína	Humedad	Cenizas	Lípidos	Carbohidratos
Fresco	NA	NA	10.89 \pm 1.2 ^b	20.45 \pm 1.1 ^a	2.46 \pm 0.2	8.79 \pm 0.6 ^b	51.43 \pm 0.7 ^c
A	60	2	13.77 \pm 0.1 ^b	9.28 \pm 1.9 ^b	2.22 \pm 0.2	9.15 \pm 0.3 ^b	65.54 \pm 0.3 ^b
B	60	4	14.92 \pm 0.3 ^a	7.94 \pm 0.3 ^b	2.33 \pm 0.1	10.43 \pm 0.4 ^{ab}	64.35 \pm 0.8 ^b
C	80	2	13.11 \pm 0.2 ^b	3.81 \pm 0.1 ^c	2.61 \pm 0.1	11.40 \pm 0.8 ^c	68.54 \pm 0.7 ^a
D	80	4	15.05 \pm 0.2 ^a	4.31 \pm 0.5 ^c	2.60 \pm 0.3	11.77 \pm 0.3 ^c	66.21 \pm 1.6 ^a

la diferencia estadística entre muestras por columnas, analizado por Tukey ($p \leq 0.05$). A, B, C y D: harina de semilla de aguacate secada convencionalmente utilizando diferente tiempo y horas. NA: No Aplica.

La capacidad antioxidante y concentración de taninos y flavonoides totales se muestra en la Tabla II, la capacidad antioxidante determinada por el ensayo DPPH* se obtuvo valores superiores al 80 % de actividad antirradical lo que se traduce que son capaces de disminuir el 80 % del radical libre, siendo estos valores más altos al compararlo con otros autores que reportan valores no superiores del 70 % (Arancibia-Avila *et al.*, 2018). Los flavonoides totales de 470.9 mg equivalentes de rutina (Eq.RT)/g en la semilla de aguacate, sin embargo, al compararlo con otras partes del fruto como la pulpa (219.0 Eq. RT/g) los resultados son altos, mientras para la cáscara se han reportado valores parecidos de hasta 443 Eq. RT/g (Segovia *et al.*, 2016), esto debido a que los flavonoides en el fruto de aguacate se localizan en las partes de mayor contacto con el exterior (cáscara) siendo metabolitos de defensa contra patógenos y daños mecánicos, así como, donde se requiere contenido de metabolitos secundarios para la defensa del nuevo fruto en la semilla (Swallah *et al.*, 2020).

Tabla II. Capacidad antioxidante de extractos alcohólicos de la semilla de aguacate Hass a diferentes condiciones de secado

Tipo de secado	DPPH* ¹	% de inhibición actividad anti-radical	Flavonoides totales ²	Taninos condensados ³
A	664.95 \pm 2.17 ^c	81.22%	147.78 \pm 2.26 ^c	0.784 \pm 0.03 ^c
B	711.73 \pm 2.76 ^a	86.12%	200.02 \pm 7.46 ^a	1.071 \pm 0.08 ^a
C	692.17 \pm 2.36 ^b	84.06%	164.18 \pm 4.75 ^b	1.019 \pm 0.31 ^{ab}
D	693.83 \pm 2.12 ^b	84.24%	148.32 \pm 12.47 ^c	1.037 \pm 0.07 ^b

Los resultados son expresados como la media \pm DE de tres experimentos independientes. Letras minúsculas diferentes muestran diferencia significativa entre filas por el método de Tukey ($p \leq 0.05$). Expresados en ¹mg Eq. de trolox por g de semilla; ² Eq. de rutina por g de semilla; ³ mg Eq. a (+)-Catequina en 100g de semilla. A (60 °C por 2 horas); B (60 °C por 4 horas); C (80 °C por 2 horas); D (80°C por 4 horas).

El contenido de taninos condensados no tuvo diferencias significativas en las muestras con tratamiento B y C, y los tratamientos C y D, los resultados se encuentran dentro del intervalo de 0.744 a 1.071 mg equivalente a (+)-Catequina/100g. Figueroa *et al.* (2018) reportaron un contenido de taninos condensados de 7.5 mg equivalentes a (+)-Catequina/100g de semilla de aguacate con testa, sugiriendo que un contenido alto de taninos condensados en la semilla se encuentra en la testa de la semilla. Para obtener más información acerca de cuál madurez en el fruto es la adecuada para el aprovechamiento nutracéutico en la semilla, se determinó la relación entre el color total del fruto expresado como ángulo Hue y el contenido de fenoles totales en las semillas a diferentes estados de madurez (temprana, intermedia y tardía) **Figura 3**. Esto se debe a que el cambio de coloración en el aguacate indica cambios metabólicos en el fruto principalmente de defensa como lo es la síntesis de metabolitos secundarios, que incrementan conforme a la madurez postcosecha, pero disminuyen una vez que alcanzan cierta madurez y comienza los mecanismos de pudrición (Xoca-Orozco *et al.*, 2019). Actualmente se conoce esta relación en la pulpa del aguacate, sin embargo, no existe ningún dato acerca de la relación del color con los fenoles totales en la semilla de aguacate, al incrementar la madurez. Los resultados arrojan diferencias significativas únicamente la relación en los frutos tempranos. El contenido de fenoles incrementa en la semilla y se relaciona con el color en el fruto a través de la madurez postcosecha. Sin embargo, en los frutos con madurez tardía presentan una disminución de compuestos fenólicos no significativa. Los resultados anteriores nos llevan a deducir que los cambios en la composición nutracéutica de las semillas se relacionan con los primeros estados de madurez del aguacate, facilitando el procesamiento los aguacates con madurez.

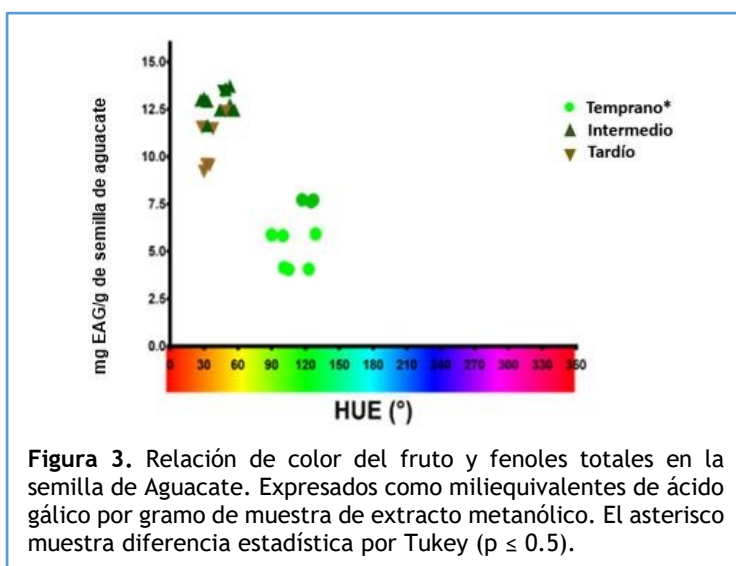


Figura 3. Relación de color del fruto y fenoles totales en la semilla de Aguacate. Expresados como miliequivalentes de ácido gálico por gramo de muestra de extracto metanólico. El asterisco muestra diferencia estadística por Tukey ($p \leq 0.5$).

BIBLIOGRAFÍA

- Adjei PY, Banful BK, Idun IA (2011). Seed size and seed cut-length effects on germination behavior and seedling growth of avocado (*Persea Americana* Merr.) Int J Agric Res.6(3):299–305.
- Arancibia-Avila, P., Toledo, F., Park, Y. S., Jung, S. T., Kang, S. G., Heo, B. G., Lee, S. H., Sajewicz, M., Kowalska, T., & Gorinstein, S. (2018). Antioxidant properties of durian fruit as influenced by ripening. LWT– Food Science Technology, 41, 2118-2125
- Cömert, E. D., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2020). Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. *Current Research in Food Science*, 2, 1-10.
- Donetti, M., & Terry, L. A. (2015). Investigation of skin colour changes as non-destructive parameter of fruit ripeness of imported “hass” avocado fruit. *Acta Horticulturae*, 945, 189–196.
- Ejiofor, N. C., Ezeagu, I. E., & Umera, E. A. (2018). Determination of the Chemical Composition of Avocado (*Persea Americana*) Seed. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences - Open Journal*, SE(2), S51–S55.
- Figuerola, J. G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2018). Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Research International*, 105, 752–763
- Pisani, C., Ritenour, M. A., Stover, E., Plotto, A., Alessandro, R., Kuhn, D. N., & Schnell, R. J. (2017). Postharvest and sensory evaluation of selected ‘hass’ × ‘bacon’ and ‘bacon’ × ‘hass’ avocado hybrids grown in East-Central Florida. *HortScience*, 52(6), 880–886.
- SAGARPA (2020). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, P. y A. (2017). *Agrícola Nacional AGUACATE*.
- Segovia, F. J., Corral-Pérez, J. J., & Almajano, M. P. (2016). Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. *Industrial Crops and Products*, 85, 213–220.
- Swallah, M. S., Sun, H., Affoh, R., Fu, H., & Yu, H. (2020). Antioxidant potential overviews of secondary metabolites (polyphenols) in fruits. *International Journal of Food Science*, vol. 2020.
- Xoca-Orozco, L. Á., Aguilera-Aguirre, S., Vega-Arreguín, J., Acevedo-Hernández, G., Tovar-Pérez, E., Stoll, A., & Chacón-López, A. (2019). Activation of the phenylpropanoid biosynthesis pathway reveals a novel action mechanism of the elicitor effect of chitosan on avocado fruit epicarp. *Food Research International*, 121, 586-592.