

Capítulo 2

Economía circular y química verde en el aprovechamiento de subproductos de *Persea americana* Mill.: composición, valorización y aplicaciones en dermocosmética

Carmen Isolina Ayala Jara, Pedro Marcelo Alva Plasencia, Lennin Roswell Rodríguez Saavedra, Olga Elizabeth Caballero Aquino, Luis Fabrizio Seclén Ayala

Ayala Jara, C. I., Alva Plasencia, P. M., Rodríguez Saavedra, L. R., Caballero Aquino, O. E., & Seclén Ayala, L. F. (2026). Economía circular y química verde en el aprovechamiento de subproductos de *Persea americana* Mill: composición, valorización y aplicaciones en dermocosmética. En G. Barreno, (Coord). *Saberes en ejercicio. Desarrollos transdisciplinarios en salud desde territorios latinoamericanos (Volumen II)*. (pp. 36-54). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.432.c934>



02

Economía circular y química verde en el aprovechamiento de subproductos de Persea americana Mill.: composición, valorización y aplicaciones en dermocosmética

Resumen

Persea americana Mill. (aguacate) es un cultivo de alta relevancia agroindustrial a nivel mundial, cuya producción genera grandes volúmenes de subproductos, principalmente semillas, cáscaras y pulpa de descarte, que en muchos casos no son aprovechados adecuadamente. Estos materiales contienen una diversidad de compuestos bioactivos, tales como polifenoles, flavonoides, carotenoides, ácidos grasos y fitoesteres, que presentan propiedades de interés para su aplicación en diversos sectores productivos. En el contexto actual de sostenibilidad, los principios de la economía circular y la química verde ofrecen enfoques integrales orientados a la valorización de estos residuos agroindustriales, promoviendo su transformación en materias primas para el desarrollo de productos con valor agregado. El presente capítulo tiene como propósito analizar la composición química de los subproductos de *Persea americana* Mill. y explorar su potencial de aprovechamiento mediante estrategias sostenibles, así como describir sus posibles aplicaciones en el ámbito dermocosmético. Para ello, se realiza una revisión de literatura científica indexada en bases de datos reconocidas, priorizando estudios recientes y relevantes en torno a la caracterización de compuestos bioactivos y su uso en formulaciones innovadoras. Asimismo, se abordan alternativas de procesamiento y técnicas de extracción alineadas con los principios de la química verde, orientadas a la recuperación eficiente de estos compuestos y a la reducción del impacto ambiental asociado a su aprovechamiento.

Palabras clave: *Persea americana*; economía circular; química verde; compuestos bioactivos; cosmecéuticos

Introducción

En las últimas décadas, el interés por el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales ha adquirido una relevancia creciente debido a la necesidad de reducir el impacto ambiental de los sistemas productivos y promover modelos de desarrollo más eficientes. En este contexto, la economía circular emerge como un enfoque estratégico orientado a minimizar la generación de residuos mediante la reutilización, reciclaje y valorización de subproductos, favoreciendo el uso integral de materias primas y la transición hacia sistemas productivos sostenibles (Geissdoerfer et al., 2017; Nascimento et al., 2025a). Este paradigma ha cobrado especial importancia en el sector agroindustrial, donde se generan grandes volúmenes de residuos con potencial de revalorización.

Paralelamente, la química verde se ha consolidado como un marco científico fundamental para el diseño de procesos y productos que reduzcan o eliminen el uso y la generación de sustancias peligrosas. Este enfoque promueve el empleo de solventes seguros, procesos energéticamente eficientes y materias primas renovables, contribuyendo al desarrollo de tecnologías más limpias y sostenibles (Anastas & Zimmerman, 2022). La integración de la economía circular y la química verde permite establecer estrategias innovadoras para la valorización de residuos agroindustriales, transformándolos en recursos de alto valor agregado y fomentando el desarrollo de bioeconomías sostenibles (Nascimento et al., 2025b).

En el ámbito agroindustrial, la producción de frutas genera cantidades significativas de residuos sólidos que, en muchos casos, son descartados sin un adecuado aprovechamiento. Entre estos cultivos destaca *Persea americana* Mill. (aguacate), cuya creciente demanda a nivel global ha incrementado significativamente la generación de subproductos, principalmente semillas y cáscaras, que pueden representar hasta el 20–30% del peso total del fruto (Dreher & Davenport, 2013). Estos residuos, lejos de ser desechos, constituyen matrices ricas en compuestos bioactivos de alto interés industrial y científico.

Diversos estudios recientes han demostrado que los subproductos de *Persea americana* contienen una amplia variedad de metabolitos secundarios, incluyendo compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides, ácidos grasos y fitoesteroles, los cuales presentan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Olas, 2024; Nascimento et al., 2025a). En particular, los extractos de semilla han mostrado actividades biológicas relevantes, como la inhibición de la tirosinasa y la neutralización de radicales libres, lo que respalda su potencial en aplicaciones cosméticas y dermatológicas (Do et al., 2022).

En el campo de la dermocosmética, la creciente demanda de ingredientes naturales y sostenibles ha impulsado el estudio de extractos vegetales como alternativas a compuestos sintéticos. En este sentido, los compuestos bioactivos presentes en los subproductos de *Persea americana* han demostrado un notable potencial para su incorporación en formulaciones destinadas al cuidado de la piel, debido a su capacidad para modular procesos relacionados con el estrés oxidativo, la inflamación y la proliferación microbiana (Charles et al., 2022; Nascimento et al., 2025b). Asimismo, el aprovechamiento de estos subproductos se alinea con las tendencias actuales hacia el desarrollo de cosméticos ecoeficientes y basados en principios de sostenibilidad.

Desde una perspectiva tecnológica, la aplicación de principios de química verde en la extracción de compuestos bioactivos a partir de residuos de *Persea americana* ha permitido el desarrollo de metodologías más sostenibles, incluyendo el uso de solventes verdes, extracción asistida por ultrasonido y otras tecnologías de bajo consumo energético, que mejoran la eficiencia de recuperación y reducen el impacto ambiental (Chemat et al., 2012; Olas, 2024). Estas innovaciones contribuyen a la obtención de ingredientes funcionales con alto valor añadido y menor huella ecológica.

A pesar de los avances en la caracterización química y en la identificación de aplicaciones potenciales de los subproductos del aguacate, aún persisten desafíos relacionados con la estandarización de procesos, la escalabilidad industrial y la validación de su eficacia en

formulaciones dermocosméticas. En este sentido, estudios recientes destacan la necesidad de integrar enfoques interdisciplinarios que permitan vincular la investigación básica con el desarrollo tecnológico y su transferencia efectiva hacia el sector productivo (Nascimento et al., 2025a; Olas, 2024; Nascimento et al., 2025).

En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo analizar la composición química de los subproductos de *Persea americana* Mill, evaluar su potencial de valorización bajo los principios de la economía circular y la química verde, y discutir sus aplicaciones en el campo de la dermocosmética a partir de la evidencia científica reciente.

Metodología

El presente capítulo se desarrolló mediante un estudio de tipo **revisión bibliográfica descriptiva**, orientado a analizar la composición química, el potencial de valorización y las aplicaciones dermocosméticas de los subproductos de *Persea americana* Mill. en el marco de la economía circular y la química verde. Este enfoque permitió integrar y sistematizar la información científica disponible sobre el aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales, siguiendo lineamientos metodológicos ampliamente aceptados para revisiones narrativas y sistemáticas (Page et al., 2021).

La búsqueda de información se realizó en bases de datos científicas internacionales de alta relevancia, entre ellas **Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect y Google Scholar (fuente complementaria)**, debido a su amplia cobertura en áreas relacionadas con ciencias farmacéuticas, química, biotecnología y ciencias ambientales. Estas bases han sido reconocidas por su calidad y alcance en la recuperación de literatura científica indexada (Mongeon & Paul-Hus, 2016).

Para la identificación de los estudios se emplearon combinaciones de palabras clave en inglés, utilizando operadores booleanos. Entre los términos utilizados se incluyen: *Persea americana*, avocado by-products, avocado seed, avocado peel, circular economy, green chemistry, bioactive compounds, phenolic compounds, antioxidant activity y

dermocosmetics. Estas palabras clave fueron combinadas mediante los operadores **AND** y **OR** con el objetivo de ampliar o delimitar la búsqueda según la temática específica, siguiendo estrategias de búsqueda estructurada recomendadas para revisiones científicas (Bramer et al., 2018).

Los resultados obtenidos fueron exportados y gestionados mediante herramientas digitales de apoyo para revisiones, lo que permitió identificar y eliminar duplicados, así como organizar los estudios para su posterior análisis. En este proceso, el uso de plataformas como **Rayyan** facilitó la clasificación y selección de los artículos mediante criterios predefinidos (Ouzzani et al., 2016).

Se establecieron criterios de inclusión para la selección de los documentos. Se priorizaron artículos científicos publicados en revistas indexadas durante los últimos cinco años (2020–2025), con el fin de garantizar la actualidad de la información, manteniendo además una proporción menor de estudios previos relevantes para sustentar bases teóricas. Se incluyeron artículos originales, revisiones y capítulos de libro que abordaran la composición química, bioactividad, técnicas de extracción sostenible y aplicaciones de subproductos de *Persea americana* en contextos de economía circular y química verde (Nascimento et al., 2025a; Olas, 2024).

Como criterios de exclusión, se descartaron publicaciones duplicadas, documentos sin revisión por pares y estudios cuyo contenido no estuviera directamente relacionado con la valorización de subproductos de *Persea americana*. Asimismo, se excluyeron fuentes con información insuficiente o sin respaldo metodológico claro, con el fin de asegurar la calidad científica de la evidencia seleccionada.

Los estudios seleccionados fueron sometidos a un proceso de **lectura crítica y análisis comparativo**, identificando los principales compuestos bioactivos presentes en los subproductos del aguacate, así como sus propiedades biológicas, métodos de extracción y posibles aplicaciones en el ámbito dermatológico. Este análisis se realizó con-

siderando la calidad metodológica de los estudios y la consistencia de los resultados reportados.

La información recopilada fue organizada en **tablas y esquemas de síntesis**, permitiendo estructurar los hallazgos en función de tres ejes principales: (i) composición química y perfil fitoquímico, (ii) estrategias de valorización bajo enfoques de economía circular y química verde, y (iii) aplicaciones dermocosméticas de los compuestos bioactivos. Este proceso de sistematización facilitó la interpretación crítica de la evidencia disponible y la identificación de tendencias emergentes en el área.

Finalmente, a partir de la revisión de la literatura científica, se integraron los hallazgos para construir una visión actualizada del estado del conocimiento, destacando el potencial de los subproductos de *Persea americana* como fuente sostenible de ingredientes funcionales y estableciendo bases para futuras investigaciones orientadas al desarrollo de productos dermocosméticos innovadores y sostenibles.

Resultados

Composición química de los subproductos de *Persea americana* Mill

Los subproductos derivados del procesamiento de *Persea americana* Mill., principalmente la semilla, la cáscara y la pulpa de descarte, constituyen matrices complejas ricas en compuestos bioactivos de interés para diversas aplicaciones industriales, particularmente en el ámbito dermocosmético. La composición química de estos subproductos varía según factores como la variedad del fruto, las condiciones de cultivo, el grado de madurez y los métodos de procesamiento; sin embargo, en términos generales, presentan una elevada concentración de metabolitos secundarios con propiedades biológicas relevantes (Olas, 2024; Nascimento et al., 2025a).

En el caso de la semilla de aguacate, diversos estudios han evidenciado que contiene una alta proporción de compuestos fenólicos,

incluyendo flavonoides, taninos condensados y ácidos fenólicos, los cuales están asociados con una destacada actividad antioxidante (Do et al., 2022; Nascimento et al., 2025a). Asimismo, se ha reportado la presencia de almidón, compuestos nitrogenados y fracciones lipídicas. La riqueza en polifenoles confiere a los extractos de semilla propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias, lo que los posiciona como candidatos potenciales para su aplicación en formulaciones dermocosméticas. Además, la capacidad de estos compuestos para neutralizar radicales libres respalda su uso en productos antienvjecimiento.

Por otro lado, la cáscara de *Persea americana* se caracteriza por su alto contenido de compuestos fenólicos, carotenoides y fibra dietaria. Estos compuestos desempeñan un papel clave en la protección frente al estrés oxidativo y en la estabilización de sistemas biológicos (Olas, 2024). La cáscara presenta concentraciones significativas de flavonoides y otros compuestos con capacidad antioxidante, los cuales han sido asociados con efectos protectores a nivel celular. Asimismo, su contenido de pigmentos naturales y compuestos lipofílicos sugiere aplicaciones en formulaciones cosméticas como agentes protectores y antioxidantes naturales.

En cuanto a la pulpa de descarte, aunque su contenido en compuestos fenólicos es menor en comparación con la semilla y la cáscara, constituye una fuente importante de lípidos, especialmente ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico, así como fitoesteroles y compuestos liposolubles (Dreher & Davenport, 2013). Estos componentes presentan propiedades emolientes, regeneradoras y protectoras de la barrera cutánea, lo que resulta particularmente relevante en el desarrollo de productos dermocosméticos. Además, a partir de la pulpa residual es posible recuperar aceite de aguacate mediante procesos de extracción sostenible, el cual es altamente valorado por su estabilidad oxidativa y su contenido en compuestos bioactivos (Nascimento et al., 2025b).

En conjunto, la evidencia científica disponible indica que cada subproducto de *Persea americana* presenta un perfil químico diferen-

ciado y complementario. Mientras la semilla y la cáscara destacan por su contenido en compuestos fenólicos con actividad antioxidante y antimicrobiana, la pulpa de descarte se posiciona como una fuente relevante de lípidos funcionales. Esta complementariedad refuerza la importancia de un enfoque integral de aprovechamiento, en concordancia con los principios de la economía circular y la química verde.

Tabla 1.
Compuestos bioactivos en subproductos de *Persea americana* y su aplicación dermo-cosmética

Subproducto	Compuesto bioactivo	Tipo	Actividad biológica	Aplicación dermo-cosmética	Referencia
Semilla	Catequinas	Polifenoles	Antioxidante	Antienvjecimiento	Do et al., 2022
Semilla	Taninos	Fenoles	Antimicrobiana	Antiacné	Nascimento et al., 2025a
Semilla	Ácido gálico	Ácido fenólico	Antioxidante	Protección celular	Olas, 2024
Cáscara	Quercetina	Flavonoides	Antiinflamatoria	Cosmética calmante	Olas, 2024
Cáscara	Carotenoides	Pigmentos	Antioxidante	Fotoprotección	Nascimento et al., 2025a
Pulpa	Ácido oleico	Ácido graso	Emoliente	Hidratación	Dreher & Davenport, 2013
Pulpa	Fitoesteroides	Lípidos	Regeneradora	Reparación cutánea	Nascimento et al., 2025b
Pulpa	Vitamina E	Antioxidante	Antienvjecimiento	Protección dérmica	Olas, 2024

Nota: elaboración propia con base en literatura científica reciente.

Bioactividad de los compuestos presentes en los subproductos de *Persea americana* Mill.

Los compuestos bioactivos presentes en los subproductos de *Persea americana* han sido ampliamente estudiados en los últimos años debido a su potencial en aplicaciones farmacológicas y dermocosméticas.

cas. Estos incluyen principalmente polifenoles, flavonoides, ácidos grasos y fitoesteroles, los cuales presentan diversas actividades biológicas de interés (Olas, 2024; Nascimento et al., 2025a).

La actividad antioxidante es una de las propiedades más relevantes, atribuida principalmente a los compuestos fenólicos presentes en la semilla y la cáscara. Estos compuestos son capaces de neutralizar radicales libres y reducir el estrés oxidativo, proceso directamente relacionado con el envejecimiento cutáneo (Do et al., 2022).

Asimismo, se ha reportado actividad antimicrobiana frente a microorganismos asociados a afecciones cutáneas como *Staphylococcus aureus* y *Cutibacterium acnes*, lo que respalda su aplicación en formulaciones antiacné (Charles et al., 2022).

Adicionalmente, se ha evidenciado actividad antiinflamatoria mediante la modulación de mediadores inflamatorios, lo que resulta relevante en el desarrollo de productos para pieles sensibles o irritadas (Nascimento et al., 2025b).

Por su parte, los lípidos presentes en la pulpa y el aceite de aguacate presentan actividad emoliente y regeneradora, favoreciendo la hidratación y la restauración de la barrera cutánea (Dreher & Davenport, 2013).

Aplicaciones dermocosméticas y valorización de los subproductos de *Persea americana* Mill.

El aprovechamiento de los subproductos de *Persea americana* bajo enfoques de economía circular y química verde ha permitido su incorporación en el desarrollo de productos dermocosméticos sostenibles (Geissdoerfer et al., 2017; Nascimento et al., 2025a).

Los extractos de semilla han demostrado potencial en formulaciones con actividad antioxidante, antimicrobiana y antiinflamatoria, siendo útiles en productos antiacné y antienvejecimiento (Do et al., 2022; Charles et al., 2022).

La cáscara, rica en compuestos fenólicos y carotenoides, puede emplearse como fuente de antioxidantes naturales y agentes protectores frente al daño oxidativo.

El aceite obtenido de la pulpa residual destaca por sus propiedades hidratantes, emolientes y regeneradoras, ampliamente utilizadas en cremas, sérums y productos para piel seca (Dreher & Davenport, 2013).

Desde la química verde, el uso de tecnologías como extracción con solventes verdes y ultrasonido permite obtener estos compuestos de manera sostenible (Chemat et al., 2012).



Figura 1. Esquema de valorización de subproductos de *Persea americana* Mill., bajo principios de economía circular y química verde
Nota: elaboración propia basada en Geissdoerfer et al. (2020) y Chemat et al. (2020).

Discusión de resultados

El análisis de la literatura científica evidencia que los subproductos de *Persea americana* Mill. representan una fuente relevante de

compuestos bioactivos con aplicaciones potenciales en el ámbito dermocosmético, lo cual coincide con tendencias actuales orientadas hacia la valorización de residuos agroindustriales en el marco de la economía circular (Geissdoerfer et al., 2017). La presencia de metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, flavonoides y ácidos grasos ha sido ampliamente documentada, destacando su papel en la protección frente al estrés oxidativo y en la modulación de procesos biológicos relevantes para la salud cutánea.

En relación con la **semilla de aguacate**, los resultados revisados confirman que constituye una de las fracciones con mayor concentración de compuestos fenólicos, lo que coincide con estudios recientes que reportan una alta capacidad antioxidante en extractos obtenidos de este subproducto (Araújo et al., 2018). Esta característica sugiere su potencial aplicación en formulaciones dermocosméticas orientadas a la prevención del envejecimiento cutáneo. Asimismo, la actividad antimicrobiana observada frente a microorganismos patógenos respalda su posible uso en productos destinados al tratamiento del acné, en concordancia con investigaciones que destacan el papel de los compuestos fenólicos en la inhibición del crecimiento bacteriano.

En el caso de la **cáscara de *Persea americana***, la literatura indica que su contenido en compuestos antioxidantes y pigmentos naturales la convierte en un subproducto de interés para aplicaciones cosméticas. Diversos estudios han señalado que los extractos de cáscara presentan actividad antioxidante significativa, lo cual puede contribuir a la protección frente al daño celular inducido por radicales libres. Estos hallazgos coinciden con investigaciones que proponen el uso de residuos vegetales como fuentes de compuestos funcionales en formulaciones dermocosméticas sostenibles.

Por otro lado, la **pulpa de descarte y el aceite de aguacate** han demostrado poseer propiedades emolientes y regeneradoras asociadas a su contenido en ácidos grasos monoinsaturados, especialmente ácido oleico, así como en fitoesteroles y compuestos liposolubles (Dreher & Davenport, 2013). Estos resultados son consistentes con estudios que

destacan el uso del aceite de aguacate como ingrediente activo en productos hidratantes y reparadores de la piel, debido a su capacidad para mejorar la función de barrera cutánea y favorecer la regeneración tisular.

Desde una perspectiva integral, los resultados evidencian que los diferentes subproductos de *Persea americana* presentan perfiles químicos complementarios, lo que permite su aprovechamiento conjunto en el desarrollo de formulaciones dermocosméticas multifuncionales. Este enfoque coincide con los principios de la economía circular, que promueven el uso eficiente de los recursos y la reducción de residuos mediante su reintegración en cadenas de valor productivas.

Asimismo, la aplicación de principios de química verde en la obtención de compuestos bioactivos a partir de estos subproductos ha sido ampliamente discutida en la literatura reciente. El uso de solventes seguros, tecnologías limpias y procesos energéticamente eficientes no solo mejora la sostenibilidad de los procesos, sino que también favorece la calidad de los extractos obtenidos (Chemat et al., 2012). Estos enfoques resultan fundamentales para la transición hacia modelos de producción más sostenibles en la industria cosmética.

Un aspecto relevante que emerge de la literatura analizada es la necesidad de establecer correlaciones más robustas entre la composición fitoquímica de los subproductos y su eficacia en aplicaciones dermocosméticas específicas. Si bien numerosos estudios reportan actividades biológicas a nivel *in vitro*, aún existe una brecha significativa en la validación clínica de estos compuestos, lo cual limita su transferencia directa hacia el desarrollo de productos comerciales. En este sentido, la estandarización de extractos y la identificación de biomarcadores de actividad constituyen líneas prioritarias de investigación.

Sin embargo, a pesar del potencial identificado, existen limitaciones relacionadas con la variabilidad en la composición química de los subproductos, la falta de estandarización en los métodos de extracción y la necesidad de estudios clínicos que respalden su eficacia en formulaciones dermocosméticas. Muchos de los estudios disponibles

se han desarrollado a nivel *in vitro*, lo que evidencia la necesidad de avanzar hacia investigaciones aplicadas que permitan validar su uso en condiciones reales.

A partir de estos hallazgos, futuras investigaciones deberían orientarse hacia la optimización de procesos de extracción bajo principios de química verde, la caracterización más detallada de los compuestos bioactivos y la evaluación de su eficacia en formulaciones dermocosméticas mediante estudios clínicos. La integración de estos enfoques permitirá fortalecer la base científica para el desarrollo de productos innovadores y sostenibles a partir de subproductos de *Persea americana* Mill., promoviendo modelos de producción más sostenibles en la industria cosmética.

Conclusiones

El análisis de la literatura científica evidencia que los subproductos de *Persea americana* Mill., especialmente la semilla, la cáscara y la pulpa de descarte, constituyen una fuente relevante de compuestos bioactivos con potencial aplicación en el ámbito dermocosmético. La presencia de polifenoles, flavonoides, carotenoides y ácidos grasos permite asociar estos subproductos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y regeneradoras, fundamentales para el desarrollo de formulaciones destinadas al cuidado de la piel (Olas, 2024; Nascimento et al., 2025a).

Los resultados revisados indican que la semilla de aguacate destaca por su elevado contenido en compuestos fenólicos y su notable actividad antioxidante y antimicrobiana, lo que respalda su potencial en formulaciones dirigidas al tratamiento de afecciones cutáneas como el acné y el envejecimiento prematuro (Do et al., 2022). Por su parte, la cáscara presenta compuestos con capacidad antioxidante que contribuyen a la protección frente al daño celular, mientras que la pulpa de descarte, a través del aceite recuperado, aporta lípidos funcionales con propiedades emolientes y regeneradoras de la piel (Dreher & Davenport, 2013; Nascimento et al., 2025b).

El aprovechamiento integral de estos subproductos bajo los principios de la economía circular permite reducir la generación de residuos agroindustriales y transformar materiales de descarte en ingredientes de alto valor agregado para la industria cosmética (Geissdoerfer et al., 2017). Asimismo, la aplicación de la química verde en los procesos de extracción contribuye a la obtención de compuestos bioactivos mediante metodologías más sostenibles, eficientes y seguras (Chemat et al., 2012).

A pesar del potencial identificado, aún persisten desafíos relacionados con la estandarización de procesos, la variabilidad en la composición química y la limitada evidencia clínica sobre su eficacia en formulaciones dermocosméticas. En este sentido, resulta necesario impulsar investigaciones orientadas a la validación experimental, incluyendo estudios in vivo y ensayos clínicos, que permitan consolidar su aplicación a nivel industrial (Olas, 2024; Nascimento et al., 2025a).

La valorización de los subproductos de *Persea americana* Mill. no solo representa una estrategia viable para la gestión sostenible de residuos agroindustriales, sino que también constituye una oportunidad concreta para la innovación en el desarrollo de productos dermocosméticos con alto valor agregado. La articulación entre investigación científica, desarrollo tecnológico y sostenibilidad será clave para consolidar su aplicación a escala industrial. En este contexto, estos hallazgos posicionan a dichos subproductos como una alternativa estratégica para el desarrollo de dermocosméticos sostenibles en el marco de la bioeconomía y la economía circular.

Referencias

- Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2022). The 12 principles of green engineering as a foundation for sustainability. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10(1), 1–7.
- Araújo, R. G., Rodriguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Pintado, M. M. E., & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Bramer, W. M., de Jonge, G. B., Rethlefsen, M. L., Mast, F., & Kleijnen, J. (2018). A systematic approach to searching: An efficient and complete method to develop literature searches. *Journal of the Medical Library Association*, 106(4), 531–541. <https://doi.org/10.5195/jmla.2018.283>
- Charles, D. J., Morales, P., & Gunther, G. (2022). Bioactive compounds from avocado waste and their dermocosmetic potential. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21(9), 4120–4130.
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: Concept and principles. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8615–8627. <https://doi.org/10.3390/ijms13078615>
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., et al. (2022). Effect of extraction solvent on total phenol content and antioxidant activity of avocado seed extracts. *Journal of Food and Drug Analysis*, 30(1), 111–121.
- Dreher, M. L., & Davenport, A. J. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(7), 738–750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: A comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Nascimento, K. A., Silva, E. O., Carvalho, A., et al. (2025a). Sustainable valorization of avocado by-products: Bioactive compounds and industrial applications. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18.
- Nascimento, K. A., Silva, E. O., Carvalho, A., et al. (2025b). Green extraction approaches applied to avocado residues for cosmetic applications. *Journal of Cleaner Production*, 420.
- Olas, B. (2024). Biological properties of avocado (*Persea americana*) and its components: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113840>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—A web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Carmen Isolina Ayala Jara

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0002-4926-6497>

cayala@unitru.edu.pe

ayalajaracarmen@gmail.com

Doctora en Farmacia y Bioquímica e investigadora de la Universidad Nacional de Trujillo (Perú). Su trabajo se centra en la valorización de recursos naturales y subproductos agroindustriales, con énfasis en compuestos bioactivos, química verde y desarrollo de productos farmacéuticos, nutraceuticos y cosméticos sostenibles.

Pedro Marcelo Alva Plasencia

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0002-0009-7143>

palva@unitru.edu.pe

pmap2007@hotmail.com

Doctor en Farmacia y Bioquímica y Magíster por la Universidad de Chile. Investigador en Tecnología Farmacéutica y Biofarmacia de la UNT. Trayectoria estudios en bioequivalencia in vitro, validación de métodos analíticos y optimización de procesos farmacotécnicos.

Lennin Roswell Rodríguez Saavedra

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0001-8377-6434>

lrodriguezsa@unitru.edu.pe

lerodriguezsaa@gmail.com

Químico Farmacéutico (UNT) y Magíster en Docencia e Investigación (UNMSM), actualmente doctorando en Ciencias Farmacéuticas en la Universidad de Chile como becario ANID. Posee una amplia trayectoria en docencia universitaria, industria y gestión sanitaria bajo estándares BPM, BPA y BPL. Se desempeña como Docente a Tiempo Completo en el Departamento de Bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo.

Olga Elizabeth Caballero Aquino

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0003-4770-8113>

ocaballero@unitru.edu.pe

oecla1416@gmail.com

Docente investigadora de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo, asesora de estudios e investigaciones en el área de las ciencias farmacéuticas en pregrado y posgrado, con Maestría en Farmacia Clínica y Doctorado en Farmacia y Bioquímica.

Luis Fabrizzio Seclén Ayala

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0002-1766-1548>

lseclena@unitru.edu.pe

Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional de Trujillo (Perú), con experiencia en gestión estratégica, análisis de datos y mejora de procesos organizacionales. Ha participado en proyectos vinculados a granos andinos (quina y tarwi), transferencia tecnológica y gestión de información mediante herramientas como Excel, VBA y Power BI. Interesado en innovación, optimización de procesos y desarrollo tecnológico.

Circular economy and green chemistry in the valorization of Persea americana Mill. by-products: Composition, valorization, and applications in dermocosmetics

Abstract

Persea americana Mill. (avocado) is a crop of high agro-industrial relevance worldwide, whose production generates large volumes of by-products, mainly seeds, peels, and discarded pulp, which are often underutilized. These materials contain a wide range of bioactive compounds, including polyphenols, flavonoids, carotenoids, fatty acids, and phytosterols, with potential applications across different productive sectors. Within the current sustainability framework, the principles of circular economy and green chemistry provide integrated approaches for the valorization of these agro-industrial residues, promoting their transformation into raw materials for the development of value-added products. This chapter aims to analyze the chemical composition of *Persea americana* by-products and to explore their potential for utilization through sustainable strategies, as well as to describe their possible applications in the dermocosmetic field. To this end, a structured review of scientific literature indexed in recognized databases was conducted, prioritizing recent and relevant studies focused on the characterization of bioactive compounds and their use in innovative formulations. In addition, processing alternatives and extraction techniques aligned with green chemistry principles are addressed, aiming to enhance the efficient recovery of these compounds while reducing the environmental impact associated with their utilization.

Keywords: *Persea americana*; circular economy; green chemistry; bioactive compounds; cosmeceuticals

Economia circular e química verde no aproveitamento de subprodutos de Persea americana Mill.: Composição, valorização e aplicações em dermocosméticos

Resumo

Persea americana Mill. (abacate) é uma cultura de elevada relevância agroindustrial em nível mundial, cuja produção gera grandes volumes de subprodutos, principalmente sementes, cascas e polpa de descarte, que em muitos casos não são adequadamente aproveitados. Esses materiais contêm uma diversidade de compostos bioativos, tais como polifenóis, flavonoides, carotenoides, ácidos graxos e fitoesteróis, que apresentam propriedades de interesse para aplicação em diversos setores produtivos. No contexto atual de sustentabilidade, os princípios da economia circular e da química verde oferecem abordagens integrais voltadas à valorização desses resíduos agroindustriais, promovendo sua transformação em matérias-primas para o desenvolvimento de produtos com valor agregado. O presente capítulo tem como propósito analisar a composição química dos subprodutos de *Persea americana* Mill e explorar seu potencial de aproveitamento por meio de estratégias sustentáveis, bem como descrever suas possíveis aplicações no âmbito dermocosmético. Para tanto, realiza-se uma revisão da literatura científica indexada em bases de dados reconhecidas, priorizando estudos recentes e relevantes acerca da caracterização de compostos bioativos e seu uso em formulações inovadoras. Ademais, abordam-se alternativas de processamento e técnicas de extração alinhadas aos princípios da química verde, orientadas para a recuperação eficiente desses compostos e para a redução do impacto ambiental associado ao seu aproveitamento.

Palavras-chave: *Persea americana*; Economia circular; Química verde; Compostos bioativos; Cosméticos