



Determinación de la composición química del aceite esencial de residuos de hojas de Arazá (*Eugenia stipitata*) y posibles aplicaciones agroindustriales

Determination of the chemical composition of the essential oil from Arazá (*Eugenia stipitata*) leaf residues and possible agroindustrial applications

Autores

***Angélica María Tasambay Salazar**

✉ atasambay@uea.edu.ec

Byron Giovanni Hidalgo Olmedo

✉ byron_18hidalgo@hotmail.es

Jannys Lizeth Rivera Barreto

✉ jl.riverab@uea.edu.ec

Sting Brayan Luna Fox

✉ stingfox03@gmail.com

Luis Ramón Bravo Sánchez

✉ lbravo@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica. Puyo,
Pastaza, Ecuador.

Citación sugerida: Tasambay Salazar, A. M., Hidalgo Olmedo, B. G., Rivera Barreto, J. L., Luna Fox, S. B. y Rivera Barreto, J. L. (2025). Determinación de la composición química del aceite esencial de residuos de hojas de Arazá (*Eugenia stipitata*) y posibles aplicaciones. *La Técnica*, 15(1), 9-20. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v15i1.7000>

Recibido: Septiembre 20, 2024

Aceptado: Noviembre 27, 2024

Publicado: Enero 26, 2025

Resumen

El aprovechamiento de residuos vegetales es un tema de interés actual debido a las afectaciones que provocan en el ambiente. Los residuos de las hojas de Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) no son aprovechados en Ecuador y en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica, ubicado en el cantón Santa Clara, provincia de Pastaza se obtiene una cantidad significativa de residuos de este tipo de cultivo, por lo cual el objetivo del estudio fue determinar la composición química de su aceite esencial, utilizando tres métodos de extracción, para evaluar la efectividad de estos métodos en términos de rendimiento y establecer sus posibles aplicaciones en el área agroindustrial. Se utilizó para la extracción del aceite esencial tres métodos: arrastre con vapor, maceración y extracción asistida por ultrasonido; para determinar los componentes químicos se empleó la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Los resultados determinaron que la extracción asistida por ultrasonido resultó ser más eficiente, con un rendimiento del 2,17%, se identificaron como componentes mayoritarios fenoles (47,75%), hidrocarburos (35,51%), ácidos y ésteres (6,10%); en la destilación por arrastre con vapor aunque menos eficiente en términos de rendimiento 0,01%, se identificaron terpenos (57,57%), alcoholes y otros compuestos (36,57%), sesquiterpenos (5,85%); y en el caso de la maceración dio un 1,5% de rendimiento, se identificaron fenoles (75,84%), ésteres y ácidos (12,91%) y amidas (6,17%). Esta composición rica de componentes bioactivos destaca su importancia como residuo por sus aplicaciones a nivel de la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética y fitosanitaria.

Palabras clave: procesos de extracción, rendimiento, aceites esenciales, arazá, composición química.

Abstract

The use of plant waste is a topic of current interest due to the environmental effects it causes on the environment. The waste from the leaves of Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) is not used in Ecuador and in the Amazonian Experimental Research and Production Center, located in the canton of Santa Clara, province of Pastaza, a significant amount of waste is obtained from this type of crop, therefore the objective of the study was to determine the chemical composition of its essential oil, using three extraction methods, to evaluate the effectiveness of these methods in terms of performance and establish their possible applications in the agroindustrial area. Three methods were used to extract the essential oil: steam drag, maceration and ultrasound-assisted extraction; to determine the chemical components, gas chromatography coupled to mass spectrometry was used. The results determined that ultrasound-assisted extraction turned out to be more efficient, with a yield of 2.17%, phenols (47.75%), hydrocarbons (35.51%), acids and esters (6.10%) were identified as major components; In steam distillation, although less efficient in terms of 0.01% yield, terpenes (57.57%), alcohols and other compounds (36.57%), sesquiterpenes (5.85%) were identified; and in the case of maceration it gave a 1.5% yield, phenols (75.84%), esters and acids (12.91%) and amides (6.17%) were identified. This rich composition of bioactive components highlights its importance as waste due to its applications in the food, pharmaceutical, cosmetic and phytosanitary industries.

Keywords: extraction processes, yield, essential oils, 'Arazá', chemical composition.



Introducción

El cuidado del ambiente es una prioridad a nivel global, por lo cual resulta indispensable el aprovechamiento de los residuos resultantes de las actividades agroalimentarias de frutos, que no tienen ningún uso (González-Díaz y Véliz-Jaime, 2020). Los residuos producidos luego de la cosecha de diferentes frutos o la poda de árboles pueden ocasionar graves problemas por su disposición en el mismo terreno lo cual, a su vez, dificulta el control de plagas al cultivo. Por otra parte, si se disponen en rellenos sanitarios origina costos elevados adicionales (Orrego et al., 2020). Un ejemplo de ello se presenta en la cadena productiva del fruto de Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) en Ecuador, en la cual se producen residuos resultantes de la poda de las hojas, los cuales no son aprovechados y que se podrían considerar en una valiosa materia prima para la obtención de subproductos con valor agregado para la obtención de aceites esenciales, que pueden tener diversas aplicaciones industriales (González-Díaz y Véliz-Jaime, 2020).

El arazá es un arbusto cuyo fruto es conocido por su exquisito aroma y su potencial aplicación en productos medicinales y gastronómicos. Esta planta, cuando se cultiva de forma extensiva para la producción de su fruto, es sometida a podas periódicas y el follaje residual está disponible, lo cual permitirá ser aprovechado para la extracción de aceites esenciales que ofrezcan una amplia gama de beneficios y aplicaciones (Pardo et al., 2023; Rodilla et al., 2024). El arazá (*E. stipitata*) es un fruto nativo de la región amazónica occidental, que pertenece a la familia Myrtaceae, se cultiva en varios países como Ecuador, Brasil, Perú, Bolivia, Costa Rica y Colombia. En Ecuador los cultivos de arazá están en las regiones de la costa-sierra y oriente (Reyes-Álvarez y Lanari, 2020).

Los aceites esenciales obtenidos de los frutos o algunas otras partes de la planta, son compuestos con un aroma agradable, son considerados como subproductos muy importantes que pueden ser empleados para diferentes fines acorde a sus características como en la industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica (Tekin et al., 2015). Son compuestos bioactivos con efectos antimicrobianos, antioxidantes, antifúngicos, antivirales (Ferrari et al., 2019; Rodilla et al., 2024). Actualmente en la agroindustria, la extracción de aceites esenciales a partir de nuevas fuentes vegetales resulta de gran importancia e interés para la fabricación de productos de alto valor agregado, no solamente por sus características desde el punto de vista organoléptico, sino también por sus propiedades útiles en otras áreas de la industria (Paucarchuco et al., 2023).

Sería interesante entonces extraer aceites esenciales a partir de las hojas del árbol de Arazá (*E. stipitata*), que se producen en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica

(CEIPA) y a través de la determinación de su composición química poder recomendar posibles usos a los residuos de la poda, que hasta el momento solo ocasionan impactos negativos al ambiente.

En caso de que los residuos de las hojas de Arazá fuesen adecuados para la producción de aceites esenciales con alto valor agregado, sería posible ofrecer una solución innovadora que contribuya a satisfacer las necesidades actuales de la población (Chen et al., 2022). En el cultivo de Arazá se pueden realizar tres tipos de poda, como son: la poda de formación y conformación, las podas fitosanitarias y de limpieza, y la poda renovación: que se realiza cuando las condiciones fisiológicas lo requieran (Hernández et al., 2006). La ausencia de investigaciones sobre el aprovechamiento de los residuos de las hojas de Arazá, representa un desafío significativo para definir sus posibles aplicaciones. Teniendo en cuenta estos antecedentes se formularon dos objetivos:

1. Evaluar los métodos de extracción de aceites esenciales a partir de las hojas de arazá utilizando destilación por arrastre de vapor (AV), extracción mediante maceración (MC) y la extracción asistida por ultrasonidos (UAE), con el propósito de definir el método más eficiente considerando su rendimiento.
2. Determinar la composición de los extractos según el método de extracción utilizado, mediante la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas, con vistas a determinar los posibles usos o aplicaciones agroindustriales de los compuestos mayoritarios.

Materiales y métodos

Ubicación del estudio: la investigación se realizó en la Amazonía ecuatoriana, en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA), en el cantón Santa Clara, localizado en la provincia de Pastaza, Ecuador. Se encuentra a una altitud de 940 msnm, con coordenadas geográficas GCS WGS 84; 1°14'19,46" S y 77°53'8,25" W de longitud. Los análisis de los métodos de extracción y de composición química se realizaron en los laboratorios de Química y Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica.

Preparación del material vegetal para la extracción: las muestras de residuos de las hojas de arazá se recolectaron del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA) en los meses de abril y mayo de 2024. Se seleccionaron las hojas libres de impurezas, limpias que no contenían daños de insectos o cualquier otro tipo de material contaminante. Se pesó el material vegetal previo a las extracciones para luego realizar el cálculo del rendimiento del aceite esencial obtenido por cada 100 g de material fresco (Stegmayer et al., 2021).

Extracción de aceite esencial por arrastre de vapor: se utilizaron 8 kg de residuos de hojas de Arazá con 10 litros de agua, en un extractor de vapor artesanal, a escala industrial de acero de 200 litros de capacidad. La base del extractor tiene una malla que separa el agua de las hojas, generando un flujo de vapor a través de la materia vegetal, suavizando las células y permitiendo que los aceites esenciales escapen en forma de vapor. Los vapores que ascendieron se enfriaron y se condensaron, obteniéndose un destilado líquido formado por una bicapa, la fase acuosa y la fase orgánica. La extracción duró tres horas, obteniéndose un aceite esencial de una elevada pureza según las condiciones recomendadas en Božović et al. (2017) y Wedamulla et al. (2022). Para separar la fase orgánica que correspondió al aceite esencial se utilizó un embudo de decantación de 500 mL. Con el aceite esencial obtenido se determinó su biomasa correspondiente para realizar el cálculo de rendimiento (Cedeño et al., 2023).

Rendimiento del aceite esencial: para el cálculo del rendimiento de la extracción se utilizó la ecuación (1) y se expresó como porcentaje (p/p) de aceite extraído (Nolazco et al., 2020). El aceite esencial se colocó en un recipiente de color ámbar en refrigeración para su conservación protegido de la luz (Melo-Guerrero et al., 2020).

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso aceite esencial extraído}}{\text{Peso inicial residuos de hojas}} \times 100 \quad (1)$$

Extracción de aceite esencial por maceración: los residuos de hojas de Arazá se secaron previamente en una estufa (BINDER de serie ED) a 30 °C por 72 horas, se molieron en un molino (Thomas Wiley USA, Modelo 4), se pesaron 25,01 g y luego se colocaron en un balón de vidrio de 600 mL, se adicionaron 500 mL de hexano como solvente y se tapó herméticamente. Se dejó en reposo durante 48 horas, se agitó ocasionalmente para que el disolvente se difundiera en la pared celular y pueda solubilizar los constituyentes presentes en el material vegetal. Posteriormente se filtró el líquido para separar el material vegetal sólido del extracto soluble, se efectuó una compresión sobre el material sólido para recuperar la mayor cantidad de solución ocluida, condiciones recomendadas en (Rasul, 2018; Melo-Guerrero et al., 2020; Wedamulla et al., 2022). El extracto se concentró para obtener el aceite esencial utilizando un evaporador rotatorio (Yamato RE-200) a 60 °C. Finalmente se pesó para determinar su rendimiento. El aceite se colocó en un frasco de color ámbar en refrigeración para su conservación protegido de la luz (Cedeño et al., 2023).

Extracción de aceite esencial asistida por ultrasonido: los residuos de hojas de Arazá se trataron de igual manera que en su fase preliminar de preparación de la muestra para la extracción por maceración, se molieron y pesaron 25,15 g y se colocaron en un balón de vidrio de 600 mL con 500 mL de hexano como disolvente. El balón con esta mezcla se colocó en el equipo de extracción asistida por ultrasonido (Branson 3800, modelo BGK0515659205) a la temperatura de 30 °C, se empleó el ultrasonido con una potencia de 110 W por una hora, condiciones

recomendadas en Paucarchuco et al. (2023) y Tekin et al. (2015). La extracción asistida por ultrasonido utiliza alta frecuencia con ondas sonoras que mejoran la extracción de compuestos. El ultrasonido en un líquido genera efectos sonoquímicos, que surgen de la presencia de la cavitación acústica. De esta manera el proceso de extracción mediante ondas genera la ruptura de la pared celular facilitando la entrada del disolvente al material por un mecanismo de cavitación ultrasónica (Ashaq et al., 2024). Transcurrido el tiempo de una hora se realizó una filtración al vacío para separar la mezcla líquida y material vegetal sólido. Luego de la filtración, el extracto se concentró eliminando el solvente en un evaporador rotatorio (Yamato RE 200) a 60 °C y se obtuvo el aceite esencial. Luego se pesó el aceite para determinar el rendimiento. Se conservó en un frasco ámbar en refrigeración (Melo-Guerrero et al., 2020; Tekin et al., 2015).

Los tres métodos de extracción del aceite esencial de las hojas de arazá fueron comparados y se verificó el mejor rendimiento obtenido en la extracción, se consideraron los factores que influyeron en cada tipo de extracción.

Determinación de la composición química del aceite esencial de los residuos de hojas de Arazá: se realizó de manera independiente con los aceites esenciales extraídos mediante los tres métodos de extracción, utilizando un cromatógrafo de gases, (Shimadzu, modelo GC-MS QP2020NX) equipado con un detector de espectrómetro de masas de simple cuadrupolo. Se utilizó una columna capilar con una fase estacionaria (5% difenil, 95% de dimetilpolisiloxano, de baja polaridad/bajo sangrado, de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno, y 0,25 µm de espesor, RTX5 MS). La temperatura programada que se empleó para la columna fue como sigue: Temperatura inicial, 50 °C durante 2 min, con un incremento de 15 °C·min⁻¹ hasta 140 °C por 2 min, luego se incrementó 5 °C·min⁻¹ hasta 180 °C por 3 min, adicionalmente un incremento de 10 °C·min⁻¹ hasta 270 °C mantenido por 10 min. Se fijaron las condiciones óptimas de trabajo en las determinaciones como: 1 µL de volumen de inyección, temperatura del inyector 250 °C, 1,25 mL·min⁻¹ de flujo del gas de arrastre (He), Inyector "Split/Splitless" (tiempo de "splitless" 1 min).

Los parámetros del espectrómetro de masas fueron: 270 °C de temperatura de interfase; 280 °C de la fuente de iones; barrido de masas en el rango de 15-400 m·z⁻¹; velocidad.; 1428 scan·seg⁻¹ y el tiempo total de corrida 40 minutos. La muestra de análisis de aceite esencial por cada método de extracción se preparó con un volumen de 0,1 mL de aceite esencial, se aforó con hexano en un matraz de 5 mL y se filtró con una membrana de 0,45 µm y finalmente se inyectaron en el equipo. Para la identificación y caracterización cromatográfica de los principales compuestos químicos por cada método de extracción, se compararon los tiempos de retención y los patrones de fragmentación de los espectros de masas de los picos experimentales más abundantes con la base de datos que dispone el equipo Biblioteca de Espectros de Masas del NIST. Posteriormente se realizó una clasificación mediante una reagrupación de los compuestos

volátiles identificados y se compararon los constituyentes obtenidos en cada método de extracción.

Determinación de las posibles aplicaciones del aceite esencial extraído de las hojas de Arazá: una vez clasificados e identificados los componentes mayoritarios por cada método de extracción se realizó una valoración de las posibles aplicaciones en la agroindustria tomando como referencia la revisión bibliográfica de estudios previos de aceites esenciales extraídos de diferentes muestras vegetales con potenciales aplicaciones.

Resultados y discusión

Evaluación de los métodos de extracción de aceites esenciales a partir de las hojas de arazá: en la tabla 1 se muestran los rendimientos en bruto y ajustados del aceite esencial obtenidos a partir de los residuos de hojas de arazá, el rendimiento ajustado correspondió a la exclusión de los componentes químicos que estaban fuera del perfil lipídico para cada método utilizado. Se observó que el método con mejor rendimiento fue la extracción asistida por ultrasonidos con un 2,17%, que ratificó ser uno de los métodos de mejor eficiencia de extracción en comparación con los métodos convencionales, además de ser un proceso verde como se reportó en Ashaq et al. (2024). Mediante la extracción de arrastre con vapor se obtuvo el menor porcentaje de rendimiento y que resultó también ser inferior a los datos reportados en otros residuos vegetales como en cáscara de mandarina (epicarpo; Briones-Sornoza et al., 2019).

Tabla 1. Rendimiento por método de extracción del aceite esencial a partir de los residuos de hojas de Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh).

Métodos de extracción	Residuos hojas de Arazá (g)	Rendimiento bruto (%)	Rendimiento ajustado (%)
Arrastre con vapor (AV)	8.000	0,01	0,01
Maceración (MC)	25,01	2,72	1,51
Asistida por ultrasonido (UAE)	25,15	3,34	2,17

Considerando las condiciones de trabajo en cada método de extracción, aquel con más tiempo de operación fue la maceración, que empleó 48 horas debido a la necesidad de mayor tiempo de contacto entre el material vegetal y el disolvente y se obtuvo un rendimiento con un valor intermedio entre los métodos analizados (1,51%). En la maceración un aspecto favorable del método fue la reducción del riesgo de la descomposición de los componentes extraídos por el uso del disolvente frío; sin embargo, se visualizaron algunos aspectos desfavorables en comparación

al uso del método moderno asistido por ultrasonidos, como fue una disminución del rendimiento de extracción, un consumo de cantidades significativas de disolventes que pueden ocasionar riesgos a la salud. El método por arrastre de vapor fue más rápido con 3 horas de operación en comparación a la maceración (tabla 2); sin embargo, el rendimiento fue el más bajo de los tres métodos empleados.

Tabla 2. Tiempos de extracción de aceites esenciales de residuos de hojas de Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) por método empleado.

Parámetro	Métodos de extracción		
	Arrastre por vapor	Maceración	Asistida por ultrasonido
Tiempo de extracción (h)	Moderado	Largo	Corto
	3	48	1
Solvente (mL)	Agua	Hexano	Hexano
	10	0,5	0,5

Por otro lado, el método asistido por ultrasonido se realizó en un tiempo menor a los otros métodos, solamente en una hora, y presentó la mejor eficiencia de los tres métodos, el rendimiento fue superior al obtenido en otros estudios realizados en Portugal utilizando hidrodestilación (0,35%) (Medeiros et al., 2003). También fue superior al rendimiento obtenido en las hojas de Arazá según estudio realizado en Brasil, con un 0,2% (Jerônimo et al., 2021). La extracción asistida por ultrasonidos fue un método que permitió observar un mejor proceso de extracción sólido-líquido; con el uso de hexano, se logró una extracción más completa y con el mejor rendimiento de extracción de aceite, comparada con los otros dos métodos convencionales empleados.

Se observó una correlación entre el tiempo de extracción y el rendimiento, para obtener un elevado rendimiento de extracción, se requiere una mejor retención de la biomasa en el hexano que fue lograda por el método asistido por ultrasonido. Los métodos de extracción del aceite esencial pueden ser seleccionados según los objetivos de la producción de aceite esencial de los residuos de hojas de arazá para su uso, independientemente del tiempo de extracción (Cedeño et al., 2023).

Identificación de los componentes químicos: se realizó la identificación de los componentes químicos volátiles del aceite esencial mediante cromatografía de gases acoplado a un detector de espectrómetro de masas. Se evaluó la variabilidad en la composición química por cada método de extracción, realizando una clasificación de los componentes acorde a sus propiedades

químicas, así como también se visualizaron los componentes de mayor concentración (Cedeño et al., 2023).

Extracción por arrastre con vapor: se identificaron 43 compuestos a diferentes tiempos de retención en un intervalo de 40 minutos de corrida cromatográfica (tabla 3). Los componentes químicos más abundantes fueron los terpenos con 57,57% a continuación, se encontraron los alcoholes y otros compuestos con 36,57% y finalmente los sesquiterpenos con un 5,85%. Esta composición resultó tener variaciones con relación a los componentes químicos encontrados; en otros estudios realizados en Perú, también en hojas de Arazá reportaron un alto porcentaje para fenoles seguido de triterpenos, taninos, flavonoides, saponinas y proteínas (Tenorio y Muñoz, 2021). Estas diferencias de composición con otros estudios pueden ser atribuidas a las condiciones geográficas, estado de madurez de la planta, forma de cultivo e incluso condiciones climáticas como se mencionó en otras investigaciones efectuadas con aceites esenciales (Ruiz et al., 2015). Estudios realizados en Brasil con el fruto de arazá determinaron un patrón complejo de sesquiterpenos, que fueron los compuestos que predominaron preferentemente en frutos amazónicos, siendo el germacrene D el compuesto principal con un 38%, un valor superior al encontrado en las hojas de arazá con un 3,76% (Franco y Shibamoto, 2000).

La composición química obtenida sugiere que el aceite esencial de los residuos de hojas de Arazá posee un perfil aromático rico y complejo, con una elevada concentración de compuestos bioactivos, siendo el compuesto de mayor concentración Propane, 2,2-dimethyl- (19,93%), un hidrocarburo, luego viene germacrene B (8,11%) seguido de caryophyllene (6,75%), δ -Cadinene (5,21%) y guaiol (4,70%), copaene (4,35%), γ -Elemene (2,90%), β -Nerolidol (2,10%), α -Elemene (2,66%). Que si se comparan con los estudios realizados en Portugal en hojas de Arazá se verificó una diferencia en la composición y concentración de los componentes mayoritarios en el cual se detectó E-caryophyllene (22,7%) y caryophyllene oxide (15,4%) y otros componentes diferentes germacrene D (11,8%) and Z- α -bisabolene (8,38%) en elevada concentración, y además algunos componentes comunes como δ -Cadinene (5,7%) Caryophyllene oxide (2,6%), δ -Elemene (1,9%), α -Copaene (1,7%), β -Elemene (0,6%), γ -Elemene (0,2%), Germacrene B (0,3%), E-Nerolidol (0,8%) en Jerônimo et al. (2021) cuyas concentraciones fueron menores a las determinadas en los residuos de hojas de Arazá del CEIPA en Ecuador.

Esta composición de componentes químicos es muy valiosa puede tener aplicaciones en diversas industrias para muchos propósitos importantes como se determina estudios realizados en productos naturales (Eddin et al., 2021; Rodilla et al., 2024). Siendo los terpenos el grupo de compuestos mayoritarios, éstos compuestos son los responsables de aromas y sabores característicos de las plantas que pueden ser empleados por sus diferentes propiedades como colorantes, saborizantes, aromáticas, antioxidantes, antibióticos, antitumorales, e incluso insecticidas (Schrader y Bohlmann, 2015).

Tabla3. Componentes químicos identificados en el aceite esencial de residuos de hojas de Arazá obtenidos por el método AV por CG-EM.

No. pico	Componentes	TR (min)	% A
1	Propane, 2,2-dimethyl-	2,145	19,93
2	Cyclopentane, methyl	2,710	0,63
3	Limonene	6,699	1,89
4	γ -Elemene	11,071	2,90
5	Cubebene <alpha-> (11.321 min)	11,321	2,47
6	Copaene	11,872	4,35
7	β -Elemene	12,059	2,66
8	Gurjunene <alpha->	12,510	1,47
9	Caryophyllene	12,723	6,75
10	Elemene <gamma->	12,833	1,84
11	cis-alpha.-Bergamotene	12,927	0,86
12	α -Guaiane	12,991	1,20
13	Aromadendrene	13,063	2,40
14	Cadina-3,5-diene	13,205	0,45
15	1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-	13,316	2,45
16	Caryophyllene <9-epi-(E)->	13,451	0,94
17	Ishwarane	13,560	0,47
18	Cadinene <gamma->	13,695	1,96
19	(-)-Germacrene D	13,839	3,76
20	(+)- β -Selinene	13,955	1,53
21	Isoledene	14,050	1,32
22	Germacrene B	14,216	8,11
23	Cyperene	14,390	0,61
24	Cadinene <gamma->	14,445	0,61
25	Cadinene <delta->	14,654	5,21
26	Aristolene	14,753	0,63
27	Cadina-1,4-diene <trans->	14,827	0,87
28	Maaliene <beta->	14,917	0,92
29	β - Nerolidol	15,299	2,10
30	1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8-(1-methylethylidene)- (E,E)	15,367	0,67
31	β -Maaliene	15,444	1,23
32	Sphatulenol	15,632	1,42
33	Caryophyllene oxide	15,764	0,75
34	(-)-Globulol	15,863	1,83
35	Guaiol	16,114	4,57
36	Rosifoliol	16,208	0,52
37	Viridiflorol	16,280	0,47
38	Selina-4,7 diol	16,616	0,62
39	Murolol <alpha-, epi->	16,947	1,07
40	Cadin-4-en-10-ol	17,208	1,10
41	trans-sesquisabinene hydrate	17,547	2,73
42	Henicos-1-ene	18,041	0,79
43	trans-Farnesyl acetato	21,694	0,93

TR: tiempo de retención; A: % área



Extracción por maceración: se identificaron nueve componentes químicos en una corrida cromatográfica de 40 minutos, con un porcentaje de área significativo correspondiente al compuesto 7, Bisalkofen BP con 75,84%, seguido del compuesto 8 que es el 2-Palmitoylglycerol con 9,06% y el compuesto 6 que correspondió a N,N-Dimethylpalmitamide con 6,16%, como se muestra en la tabla 4. Se determinó que los componentes mayoritarios estuvieron clasificados en tres grupos que fueron los compuestos fenólicos (75,84%), ésteres y ácidos (12,91%), amidas (6,17%), en menor proporción se encontraron compuestos nitrogenados (3,48%) e hidrocarburos (1,62%). Se destacó de esta manera la importancia de la presencia de compuestos fenólicos en las hojas de arazá, estudios realizados en el fruto y semillas de *E. stipitata* evidenciaron también un elevado contenido de compuestos fenólicos especialmente en la semilla y por consiguiente una gran capacidad antioxidante, aspecto que también es de interés debido a que esta fracción es generalmente desechada en el consumo y también en el procesamiento de esta fruta como tal.

Los compuestos fenólicos son sustancias sintetizadas en el metabolismo secundario de las plantas, están catalogados como compuestos no nutritivos, se encuentran en pequeñas cantidades en vegetales y frutos, juegan un papel prometedor en la prevención de enfermedades (de Araújo et al., 2021). Existen estudios que evidencian la relación de la dieta diaria con enfermedades crónicas, de esta manera resulta esencial la búsqueda de fuentes de compuestos fenólicos vegetales, y que actualmente está en incremento, debido a que muchos de ellos tienen aplicaciones bioactivas importantes, como antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, anti-obesidad, antitumorales, entre otras (de Araújo et al., 2019).

Tabla 4. Componentes químicos identificados en el aceite esencial de residuos de hojas de Arazá obtenidos por el método MC por CG-EM

No. Pico	Componentes	TR (min)	%A
1	Diethyl hexylmalonate	5,841	0,29
2	Oxalic acid, di(cyclohexylmethyl) ester	7,351	0,92
3	cis-3-hexyl tiglate	9,379	0,58
4	3',7'-Dimethyloct-6'-enyl-13-methyl-2-oxopentadecanoate	22,671	2,06
5	Phytane	22,964	1,62
6	N,N-Dimethylpalmitamide	28,288	6,17
7	Bisalkofen BP; Antioxidant 2246	29,855	75,84
8	2-Palmitoylglycerol	30,850	9,06
9	5-Amino-1-methyl-1H-pyrazole-4-carboxamide, 3TMS	30,974	3,48

TR: tiempo de retención; A: % de área

Extracción asistida por ultrasonido: se identificaron 48 componentes químicos en una corrida cromatográfica de 40 minutos como se indica en la (tabla 5), el componente que predomina significativamente corresponde al Bisalkofen BP (47,75%), seguidos de otros componentes mayoritarios importantes, que corresponden a 2-Palmitoylglycerol (4,54%), Dodecane (4,52%), n-Heptatriacontane (4,02%), Tetracosyl acetato 1,88%, Tridecane 1,85%, Cyclopentasiloxane decamethyl- (1.78).

Tabla 5. Componentes químicos identificados en el aceite esencial de residuos de hojas de Arazá obtenidos por el método UAE por CG-EM.

No. Pico	Componentes	TR (min)	%A
1	Cyclohexane, (2-methylpropyl)-	5,489	0,32
2	Cyclohexane, 1-ethyl-2-propyl-	5,796	0,42
3	Cyclohexane, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	5,923	0,35
4	(2E)-5-Methyl-2-undecene	6,060	0,53
5	Decano	6,421	1,68
6	Oxalic acid, 2-ethylhexyl pentyl ester	6,724	0,63
7	Cyclohexane, undecyl-	6,800	0,52
8	1-Stearoyl-1H-imidazole	6,867	1,12
9	Naphthalene, decahydro-, trans-	7,076	0,73
10	Heptane, 2,5,5-trimethyl-	7,176	0,38
11	2-Methyltetracosane	7,219	0,80
12	5-Isobutylnonano	7,296	0,47
13	Cyclohexane, 1-ethyl-1-methyl-(2,4-Dimethylcyclohexyl)methanol (isomer 3)	7,458	0,40
14	(isomer 3)	7,521	0,61
15	Dodecane	7,635	4,32
16	Trans-Decalin, 2-methyl-	7,766	0,89
17	Dodecano	7,860	0,56
18	9-Eicosyne	7,963	1,10
19	Undecane, 2-cyclohexyl-	8,039	0,91
20	1-Hexadecanol, 3,7,11,15-tetramethyl-	8,162	0,45
21	9-Octadecen-1-ol, (Z)-	8,216	0,58
22	Tridecano, 6 methyl-	8,284	1,07
23	Sulfurous acid, octadecyl pentyl ester	8,341	0,93
24	Undecane, 2-methyl-	8,394	1,11
25	Undecane, 3-methyl-	8,477	1,03

Tabla 5. Componentes químicos identificados en el aceite esencial de residuos de hojas de Arazá obtenidos por el método UAE por CG-EM. Continuación ...

26	Naphthalene, decahydro-1,6-dimethyl-	8,631	0,52
27	1,3-Dimethylcyclohexane	8,692	0,62
28	Cyclohexano, 1,1'-(1,2-dimethyl-1,2-ethanediyl)bis-, (R*,R*)-(./-./-)-	8,739	0,40
29	Dodecane	8,841	4,52
30	Undecane,2,5-dimethyl-	9,056	1,16
31	Dodecane, 4-methyl-	9,165	0,34
32	Tridecane, 6 methyl-	9,595	0,40
33	Dodecane, 2-methyl-	9,770	0,58
34	Dodecane, 4,6-dimethyl-	10,113	0,62
35	Tridecane	10,356	1,85
36	1-Tetradecene	11,973	0,65
37	1-Decanol, 2-hexyl-	12,199	1,25
38	Hentriacontane <n>	14,282	0,80
39	11-Methyltricosane	24,234	0,43
40	Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	27,551	1,37
41	Tetracosyl acetato	27,966	1,88
42	N,N-Dimethylpalmitamide	28,294	0,95
43	Cyclopentasiloxane, decamethyl-	29,265	1,78
44	Bisalkofen BP; Antioxidant 2246	29,858	47,75
45	1-Docosanol, acetate	30,097	0,97
46	N,N-Dimethylpalmitamide	30,457	0,70
47	2-Palmitoylglycerol	30,852	4,54
48	Heptatriacontane <n>	37,336	4,02

TR: tiempo de retención; A: % de área

Los componentes químicos identificados se clasificaron en siete grupos de compuestos, que correspondieron a los fenoles 47,75%, hidrocarburos 35,51%, ácidos y ésteres 6,1%, alcoholes y otros compuestos 3,66%, siloxanos 3,15%, amidas 2,79% e imidazoles 1,07%, de los cuales los compuestos de mayor concentración fueron los fenoles, seguidos de hidrocarburos, los ácidos y ésteres. Esta composición se destacó por el contenido de fenoles, al igual que en la maceración; sin embargo, fue diferente a la encontrada en otros estudios realizados también en el aceite esencial de las hojas de Arazá obtenida por hidrodestilación, donde se detectaron sesquiterpenos y monoterpenos con E-caryophyllene (22,7%), caryophyllene oxide (15,4%), α -pinene (14,1%), 4,8 α -epoxy caryophyllene (10,9%) y germacrene D (5,64%) como compuestos más importantes.

Estas características de composición presentaron propiedades antibacteriales contra *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* y *Pseudomonas aeruginosa* (Medeiros et al., 2003). De la misma manera la composición química del aceite de

las semillas del fruto de arazá efectuado en Colombia, también presentó diferencias significativas donde el limonene fue el componente principal, la mayoría de los compuestos volátiles fueron terpenos hidrocarbonados (90,4%), aldehídos alifático (7,1%). Esta diferencia en su composición puede ser atribuida, por la fracción del vegetal utilizada, el tipo de extracción utilizada y las condiciones ambientales (da Costa et al., 2020). Los terpenos presentes como el limonene le atribuyeron el olor ácido, mientras que los aldehídos como 9,17 octadecadial, octanal, β -sinensal, α -sinensal, nonanal, decanal, undecanal, dodecanal, fueron responsables del olor acre a madera durante la destilación de vapor (Fajardo et al., 2022).

Comparación de la composición de aceites esenciales: los resultados obtenidos del análisis del aceite esencial de los residuos de las hojas de Arazá mediante los tres métodos de extracción arrastre con vapor, maceración y asistida por ultrasonidos, permitieron establecer claramente las diferencias en la composición química como se ha verificado en cada uno de los análisis (figura 1). Cada método de extracción influyó de manera característica en la composición de los compuestos volátiles del aceite esencial de los residuos de hojas de Arazá, ofreciendo un perfil químico que los direccionaron a diferentes aplicaciones (Rasul, 2018). La presencia de componentes bioactivos estuvo relacionada con factores como el tipo de especie, condiciones edafoclimáticas, parte componente de la planta, solventes utilizados, etc. (Acosta-Vega et al., 2024).

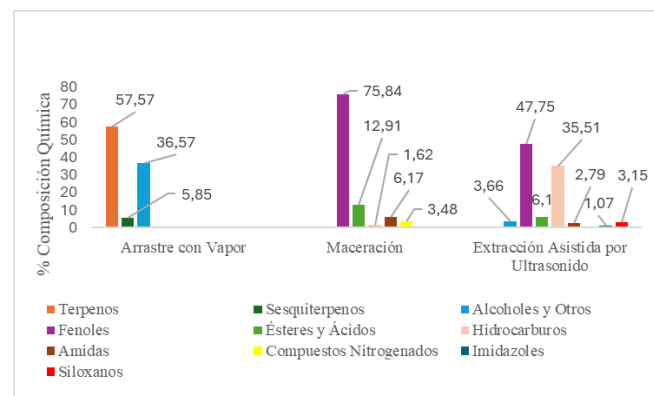


Figura 1. Comparación de compuestos químicos identificados en el aceite esencial.

El método de arrastre con vapor, un método convencional proporcionó altos niveles de terpenos 57,57%, la maceración y la extracción asistida por ultrasonido presentaron un alto contenido de fenoles (figura 1), que también destacó su importancia para su uso a nivel de agroalimentario, farmacéutica, cosmética, química entre otras. Los terpenos se pueden utilizar como elementos fundamentales de productos nutracéuticos y alimentos funcionales (González-López et al., 2016). En la composición del aceite esencial por arrastre con vapor se observó la presencia de Germanene B (8,11%), no detectado por los estudios en

Medeiros et al. (2003); pero con un valor menor en los residuos de hojas de Arazá comparados con 38,3% reportado en estudios con frutos de Arazá (Franco y Shibamoto, 2000). En el método de extracción de aceite esencial por maceración, que es otro método convencional, se evidenció una menor calidad de extracción debido al uso de hexano en la extracción del aceite esencial de las hojas de arazá, no se evidenciaron muchos de los compuestos importantes extraídos por arrastre con vapor como limonene, caryophyllene, entre otros.

Al comparar con el método de arrastre con vapor estas variaciones observadas pueden relacionarse con las limitaciones que tienen los métodos debido a la pérdida de componentes volátiles, la presencia de sustancias termosensibles, además que puede existir un arrastre de residuos del disolvente en el aceite esencial que pueden influir significativamente en su calidad y pureza final. En este aspecto, el método de arrastre a vapor se aproximó de mejor manera a la composición reportada en el aceite de las hojas de arazá realizado en Portugal y Brasil que fueron de los pocos estudios realizados en hojas de Arazá hasta el momento (Medeiros et al., 2003; Putnik et al., 2018).

Aun ante estos escasos estudios realizados en otros países, se informan algunas coincidencias, la composición química del arazá cultivado en la región amazónica ecuatoriana tuvo particularidades, las cuales deben tenerse en cuenta para su utilización en el país, de tal manera que el trabajo resulta novedoso.

En el método de extracción de aceite esencial asistida por ultrasonido, se obtuvo un mayor número de componentes químicos en comparación al método de arrastre con vapor y maceración, siendo los más abundantes los fenoles (47,75%) pero con un porcentaje menor comparado con el obtenido por maceración, le siguieron los hidrocarburos (35,51%) superior a los obtenidos por maceración, ésteres y ácidos (6,1%) valor superior también al obtenido por maceración, seguidos de alcoholes y otros compuestos (3,66%), valor inferior al obtenido en maceración, siloxanos (3,15%) no identificados en arrastre con vapor ni en maceración, amidas (2,79%) con un valor menor al identificado en arrastre de vapor, y los imidazoles (1,07%) que no fueron identificados ni en arrastre de vapor ni maceración.

Además, la extracción asistida por ultrasonido es un proceso limpio, se obtuvo como resultado el mejor rendimiento del aceite esencial, en menor tiempo de extracción, previniendo la degradación de los aceites y utilizando el menor volumen de disolvente, por lo cual es una buena elección de extracción a un bajo costo (Tekin et al., 2015; Dzah et al., 2020). Es una técnica no convencional, moderna con beneficios adicionales a

lo convencional porque toma en cuenta el cuidado del ambiente (Sabat et al., 2024).

Los tres métodos de extracción de aceite esencial: AV, MC y UAE mostraron perfiles químicos distintivos, cada uno con sus propias ventajas y limitaciones. La elección del método de extracción dependerá del perfil químico deseado en el aceite esencial de Arazá.

Tabla 6. Componentes químicos mayoritarios del aceite esencial de residuos de Arazá obtenidos mediante el método (AV) y sus usos en la agroindustria.

Componentes químicos	TR (min) A (%)	Aplicaciones en la agroindustria	Referencias
Limoneno	6 1,89	Por sus características aromatizantes se utiliza en industria alimenticia, elaboración de cosméticos y productos de limpieza	(Sánchez et al., 2021).
γ -Elemene	12 1,84	Por su agradable aroma amaderado se lo utiliza en cosmética para cremas hidratantes y productos de perfumería	(Gonzales et al., 2016).
Caryophyllene	12 6,75	Por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes se utiliza en acondicionadores capilares, en cosmética para cremas para la piel	(Ruiz Quiroz et al., 2021)
Germacrene D	13 3,76	Las propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas permiten su uso en la industria farmacéutica; industria cosmética para elaboración de productos del cuidado de la piel, como cremas y lociones.	(Xu y Dickschat, 2023)
δ -Cadinene	14 5,21	Las propiedades antiinflamatorias y los efectos calmantes y sedantes que presenta son útiles en para la industria farmacéutica	(Qin et al., 2024).
Guaiol	16 4,57	Por la actividad antimicrobiana y propiedades repelentes e insecticidas se utiliza para productos agroquímicos, fitosanitarios	(Liu et al., 2013)
Trans-sesquibabinene hydrate	17 2,73	Las propiedades antimicrobianas son útiles para su uso en la fabricación de productos de higiene íntima	(Noriega et al., 2020)

TR: tiempo de retención; A: % de área

El arrastre con vapor es preferible para obtener un aceite rico en terpenos y sesquiterpenos con alta pureza. La maceración es ideal para maximizar la extracción de fenoles, éteres y ácidos, aunque con el riesgo de contaminación por solventes, así como la extracción asistida por ultrasonido; sin embargo, este método proporciona un perfil más diverso de compuestos volátiles, siendo una opción versátil para diferentes aplicaciones del aceite esencial de Arazá, es la metodología de extracción más eficiente, confiable y rentable, que resulta de beneficio para la industria (Shen et al., 2023). La identificación de los constituyentes químicos predominantes en el aceite esencial de residuos de las hojas de Arazá permitió valorizar sus características y perfilar su uso para diferentes aplicaciones en la industria.

Determinación de posibles aplicaciones del aceite esencial: mediante arrastre con vapor la dominancia de terpenos indica un potencial uso en la perfumería y en productos de cuidado personal, mientras que los alcoholes y otros metabolitos secundarios pueden contribuir a la estabilidad y versatilidad del aceite esencial en aplicaciones medicinales y alimentarias tal como se reporta en estudios realizados en diversas plantas aromáticas peruanas (Pardo et al., 2023). La identificación de los compuestos químicos permitió evaluar sus posibles aplicaciones mediante estudios realizados en diversos tipos de aceites esenciales con componentes químicos comunes. Se destacan por sus usos en la industria alimenticia, cosmética, productos de limpieza, en la industria farmacéutica y agroquímica como se indica en la tabla 5.

Por maceración y extracción asistida por ultrasonidos los componentes químicos más importantes y mayoritarios identificados en el aceite esencial de los residuos de Arazá fueron el bisalkofen y 2-Palmitoylglycerol que tienen aplicaciones en la industria química, farmacéutica, del caucho, cosmética e industria alimentaria. En la extracción asistida por ultrasonidos el dodecane fue otro componente mayoritario con posibilidades de aplicación en la industria cosmética, alimentaria, productos de limpieza (Tabla 6). El N,N dimethylpalmitamide presente los dos métodos en alto porcentaje no reporta ninguna aplicación relevante hasta el momento.

Los residuos de hojas de Arazá (*E. stipitata*) representan una fuente valiosa para la obtención de metabolitos secundarios prometedores por sus aplicaciones en diferentes áreas de la agroindustria, (Pardo et al., 2023). La búsqueda de nuevos olores, sabores y características no comunes representa un elemento motivador para el desarrollo de productos alimenticios nuevos con el uso de fuentes no aprovechadas de la biodiversidad amazónica que puedan emplearse como para la creación de alimentos funcionales innovadores de características únicas exóticas mediante un enriquecimiento con sustancias bioactivas en beneficio de la salud humana (González-López et al., 2016).

Tabla 7. Aplicaciones de los compuestos químicos mayoritarios del aceite esencial de residuos de Arazá obtenidos mediante el método MC y UEA.

Componentes químicos	TR (min) A (%)	Aplicaciones en la agroindustria	Referencias
Dodecane	7 4,32	Como tensoactivo para fabricación de productos de limpieza. En la industria cosmética como emolientes para fabricar cremas y lociones; en industria alimentaria para mejorar texturas. Como materia prima para síntesis de otros compuestos químicos industriales	(Gonzales, 2024)
Bisalkofen BP o Antioxidante 2246	29 47,75	Para fabricación de adhesivos, aglutinante de polímeros, antioxidante del caucho, antioxidante de lubricantes, combustibles, fluidos hidráulicos. En la industria cosmética como antioxidante de fragancias y cosméticos.	(NICNAS, 2016; Chai et al., 2023).
2-Palmitoylglycerol	30 9,06	Como antibacteriano, antimicobacteriano; se lo utiliza como emulsionante en la industria alimentaria; en la industria cosmética para la elaboración de productos de belleza como cremas, bálsamos labiales, lociones.	(Njeru et al., 2020) (Huang et al., 2011).

TR: tiempo de retención; A: % de área

Conclusión

La extracción de aceites esenciales de los residuos de las hojas de Arazá se realizó utilizando tres métodos, dos métodos convencionales arrastre con vapor y maceración, y uno no convencional asistido por ultrasonidos, destacándose este último por la obtención del mejor rendimiento y en la mejor eficiencia en la identificación de componentes químicos activos con perfiles muy útiles en la agroindustria. Se debe considerar que el método de extracción influye significativamente en el rendimiento, la naturaleza y estabilidad de los compuestos bioactivos obtenidos. Los resultados demuestran una composición con alto predominio de fenoles, terpenos, sesquiterpenos, ésteres y ácidos, hidrocarburos y otros metabolitos secundarios, lo que sugiere que los residuos de hojas de Arazá pudieran representar una materia prima importante para la obtención de compuestos de

gran interés en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética y fitosanitaria.

Agradecimientos

A la Universidad Estatal Amazónica (UEA) por el apoyo financiero otorgado para la ejecución de la investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Acosta-Vega, L., Moreno, D. A. y Cuéllar Álvarez, L. N. (2024). Arazá: *Eugenia stipitata* Mc Vaught as a Potential Functional Food. *Foods*, 13(15), 2310. <https://doi.org/10.3390/foods13152310>
- Ashaq, B., Rasool, K., Habib, S., Bashir, I., Nisar, N., Mustafa, S., Ayaz, Q., Nayik, G. A., Uddin, J., Ramniwas, S., Mugabi, R. and Wani, S. M. (2024). Insights into chemistry, extraction and industrial application of lemon grass essential oil -A review of recent advances. *Food Chemistry*, X, 22, 101521. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101521>
- Božović, M., Navarra, A., Garzoli, S., Pepi, F. and Ragno, R. (2017). Essential oils extraction: a 24-hour steam distillation systematic methodology. *Natural Product Research*, 31(20), 2387-2396. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1309534>
- Briones-Sornoza, H. R. y Guerrero-Intriago, D. A. (2019). Extracción de aceites esenciales de mandarina (*Citrus reticulata*) y palo santo (*Bursera graveolens*) por el método de arrastre de vapor. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 2(3), 14-23. <https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.46296/ig.v2i3.0007>
- Cedeño Cevallos, J. L., Navarrete Alcívar, M. A., Sánchez Mendoz, V. y Moreira Mendoza, C. A. (2023). Eficacia en la extracción de aceite a partir de especies vegetales. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 10(2), 1-16. <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v10n2.a4137>
- Chen, Y., Xu, F., Pang, M., Jin, X., Lv, H., Li, Z. and Lee, M. (2022). Microwave-assisted hydrodistillation extraction based on microwave-assisted preparation of deep eutectic solvents coupled with GC-MS for analysis of essential oils from clove buds. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 27, 100695. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100695>
- da Costa, J. S., da Cruz, E. de N. S., Setzer, W. N., da Silva, J. K. do R., Maia, J. G. S. y Figueiredo, P. L. B. (2020). Essential oils from Brazilian *Eugenia* and *Syzygium* species and their biological activities. *Biomolecules*, 10(8), 1155. <https://doi.org/10.3390/biom10081155>
- de Araújo, F. F., de Paulo Farias, D., Neri-Numa, I. A. and Pastore, G. M. (2021). Polyphenols and their applications: An approach in food chemistry and innovation potential. *Food Chemistry*, 338, 127535. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127535>
- de Araújo, F. F., Neri-Numa, I. A., de Paulo Farias, D., da Cunha, G. R. M. C. and Pastore, G. M. (2019). Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. *Food Research International*, 121, 57-72. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.018>
- Dzah, C. S., Duan, Y., Zhang, H., Wen, C., Zhang, J., Chen, G. and Ma, H. (2020). The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review. *Food Bioscience*, 35, 100547. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100547>
- Eddin, L. B., Jha, N. K., Meeran, M. F. N., Kesari, K. K., Beiram, R. and Ojha, S. (2021). Neuroprotective potential of limonene and limonene containing natural products. *Molecules*, 26(15), 4535. <https://doi.org/10.3390/molecules26154535>
- Fajardo Contreras, J. D., Sánchez Plaza, F. A., Dueñas Rivadeneira, J. P. and Dueñas Rivadeneira, A. A. (2022). Extracción asistida por ultrasonido y su aplicación en la obtención de aceites vegetales. *Centro Azúcar*, 49, 125-143.
- Ferrari, V., Ibañez, F., Cabrera, D. y Pintado, B. (2019). Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en frutos nativos del Uruguay. *INNOTEC*, 19. <https://doi.org/10.26461/19.02>
- Franco, M. R. B. and Shibamoto, T. (2000). Volatile composition of some Brazilian fruits: Umbu-caja (*Spondias citræa*), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Araça-boi (*Eugenia stipitata*), and Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), 1263-1265. <https://doi.org/10.1021/jf9900074>

- González-Díaz, Y. y Véliz-Jaime, M. Y. (2020). Extracción y caracterización del aceite esencial de mango obtenido de residuos agroindustriales. *Tecnología Química*, 40, 488-501. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852020000300488&lng=es&tlng=es.
- González-López, A. M., Quiñones Aguilar, E. E. y Rincón-Enríquez, G. (2016). Los compuestos bioactivos y tecnologías de extracción. *Nanobio*, 33-49. https://www.researchgate.net/publication/328262044_2016_Gonzalez_et_al_terpenos
- Hernández, M. S., Barrera, J. A. y Carrillo, Marcela. (2006). *Arazá* (V. y D. T. Ministerio de Ambiente & D. de B. Universidad Nacional de Colombia, Eds.; Primera). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/araza_2web.pdf
- Jerônimo, L. B., da Costa, J. S., Pinto, L. C., Montenegro, R. C., Setzer, W. N., Mourão, R. H. V., da Silva, J. K. R., Maia, J. G. S. and Figueiredo, P. L. B. (2021). Antioxidant and cytotoxic activities of Myrtaceae essential oils rich in terpenoids from Brazil. *Natural Product Communications*, 16(2), 1934578X2199615. <https://doi.org/10.1177/1934578X21996156>
- Medeiros, J. R., Medeiros, N., Medeiros, H., Davin, L. B. and Lewis, N. G. (2003). Composition of the bioactive essential oils from the leaves of *Eugenia stipitata* McVaugh ssp. *sororia* from the azores. *Journal of Essential Oil Research*, 15(4), 293-295. <https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9712145>
- Melo-Guerrero, M. C., Ortiz-Jurado, D. E. and Hurtado-Benavides, A. M. (2020). Comparación de la composición y de la actividad antioxidante del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos y otras técnicas verdes. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44, 845-856.
- Nolazco Cama, D., Villanueva-Quejia, E., Hatta Sakoda, B. and Tellez Monzon, L. (2020). Extracción y caracterización química del aceite esencial de Eucalipto obtenido por microondas y ultrasonido. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22, 274-284.
- Orrego, C., Salgado, N. and Diaz, M. (2020). Productividad y competitividad frutícola andina. https://www.fontagro.org/New/Uploads/Productos/16111_-_Producto_9_Pdf.
- Pardo, F. T., Aparco, R. H., Quispe, I. M., Pacheco, N. F. F., Cerna, H. W. A., y Chipana, S. Q. (2023). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de aceites esenciales en hojas de plantas medicinales. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 7, 547-559.
- Paucarchuco Soto, J., Torres Gutiérrez, E. R., Javier Ninahuaman, H. J. y Flores Poma, I. G. (2023). Optimización de ultrasonido para extracción de aceites esenciales de manzanilla "*Chamaemelum nobile*" utilizando metodología superficie respuesta. *KANYÚ*, 1(1), 45-55. <https://doi.org/10.61210/rck.v1i1.28>
- Putnik, P., Lorenzo, J., Barba, F., Roohinejad, S., Režek Jambrak, A., Granato, D., Montesano, D. and Bursać Kovačević, D. (2018). Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods*, 7(7), 106. <https://doi.org/10.3390/foods7070106>
- Rasul, M. G. (2018). Conventional extraction methods use in medicinal plants, their advantages and disadvantages. *International Journal of Basic Sciences and Applied Computing (IJBSAC)*, 2(6), 1-5. <https://ijbsac.org/wp-content/uploads/papers/v2i6/F0082122618.pdf>
- Reyes-Álvarez, C. A. and Lanari, M. C. (2020). Storage stability of freeze-dried arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) powders. Implications of carrier type and glass transition. *LWT*, 118, 108842. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108842>
- Rodilla, J. M., Rosado, T. and Gallardo, E. (2024). Essential oils: Chemistry and food applications. *Foods*, 13(7), 1074. <https://doi.org/10.3390/foods13071074>
- Ruiz, C., Díaz, C. y Rojas, R. (2015). Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81, 81-94. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000200002&lng=es&nrm=iso.
- Sabat, M., Chavan, P., Sahni, O., Sudhakar, A. and Shelake, P. (2024). Chapter 8 - Aroma compounds from fruits waste. In S. P. Bangar & P. S. Panesar (Eds.), *Adding Value to Fruit Wastes* (pp. 215–231). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13842-3.00008-3>
- Schrader, J. and Bohlmann, J. (2015). *Biotechnology of isoprenoids*. Vol. 148. Springer.
- Shen, L., Pang, S., Zhong, M., Sun, Y., Qayum, A., Liu, Y., Rashid, A., Xu, B., Liang, Q., Ma, H. and Ren, X. (2023). A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, 101, 106646. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106646>
- Stegmayer, M. I., Fernández, L. N., Álvarez, N. H., Olivella, L., Gutiérrez, H. F., Favaro, M. A. y Derita, M. G. (2021). Aceites esenciales provenientes de plantas nativas para el control de hongos fitopatógenos que



afectan a frutales. *Fave. Sección Ciencias Agrarias*, 20(1), 317-329. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192021000100317&lng=es&tlng=es.

Tekin, K., Akalın, M. K. and Şeker, M. G. (2015). Ultrasound bath-assisted extraction of essential oils from clove using central composite design. *Industrial Crops and Products*, 77, 954-960. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.071>

Tenorio Huamani, S. G. y Muñoz Cordero, C. V. (2021). *Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de las hojas de Eugenia stipitata McVaugh (arazá) frente a Staphylococcus aureus, Escherichia coli y Salmonella enterica sv Enteritidis*. <https://hdl.handle.net/20.500.12970/334>

Wedamulla, N. E., Fan, M., Choi, Y.-J. and Kim, E.-K. (2022). Citrus peel as a renewable bioresource: Transforming waste to food additives. *Journal of Functional Foods*, 95, 105163. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105163>

Declaración de contribución a la autoría según CRediT

Angélica María Tasambay Salazar: metodología, investigación, análisis formal, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición. **Byron Giovanny Hidalgo Olmedo:** metodología, investigación, redacción-borrador original. **Jannys Lizeth Rivera Barreto:** metodología, investigación. **Sting Brayan Luna Fox** metodología, investigación. **Luis Ramón Bravo Sanchez** metodología, investigación, análisis formal, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición.