



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE
NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS
EMPREDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieras Agroindustriales

Autoras:

Caluguillin Pulamarin Melany Beatriz
Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina

Tutora:

Trávez Castellano Ana Maricela

LATACUNGA – ECUADOR
Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Caluguillin Pulamarin Melany Beatriz, con cédula de ciudadanía No. 1755314679 y Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina con cédula de ciudadanía No. 1727833343, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, siendo la Ingeniera Mg. Ana Maricela Trávez Castellano, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 20 de febrero del 2026

Melany Beatriz Caluguillin Pulamarin
C.C: 1755314679
ESTUDIANTE

Lisbeth Carolina Quingalombo Ramos
C.C: 1727833343
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CALUGUILLIN PULAMARIN MELANY BEATRIZ**, identificada con cédula de ciudadanía **1755314679** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** ; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: abril 2022 - agosto 2022

Finalización de la carrera: octubre 2025 – marzo 2026

Tutora: Ing. Mg Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: **“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 20 días del mes de febrero del 2026

Melany Beatriz Caluguillin Pulamarin
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **QUINGALOMBO RAMOS LISBETH CAROLINA** identificada con cédula de ciudadanía **1727833343** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** ; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2020 - marzo 2021

Finalización de la carrera: octubre 2025 – marzo 2026

Tutora: Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: **“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, **CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 20 días del mes de febrero del 2026

Lisbeth Carolina Quingalombo Ramos
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”, de Caluguillin Pulamarin Melany Beatriz y Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 20 de febrero del 2026

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.
C.C: 0502270937
DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Caluguillin Pulamarin Melany Beatriz y Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina, con el título del Proyecto de Investigación: **“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 20 de febrero del 2026

Quím. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.
C.C: 0502645435
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán, Mg.
C.C: 0503352122
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.
C.C: 17171222483
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios por estar siempre conmigo, en guiar mi camino, por la salud y sabiduría que me ha dado durante mis estudios académicos y por llegar a culminar esta etapa de mi vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme ser parte de la institución y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, en especial a la carrera de Agroindustria por los conocimientos brindados y creer como profesional, y como no también agradecerles a todos los docentes por la paciencia en enseñarnos sus conocimientos teóricos y prácticos, que fueron de importancia para mi formación académica y para la realización de este trabajo.

Agradezco a mi tutora de tesis Ing. Mg, Ana Maricela Trávez Castellano por su guía, paciencia y su dedicación durante este proceso de investigación. A los lectores de mi tesis, les agradezco por sus observaciones, sugerencias y tiempo ya que han sido fundamentales para la realización de este proyecto.

Melany Beatriz Caluguillin Pulamarin

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por el don de la vida, por brindarme salud, paciencia y sabiduría a lo largo de este camino, y por darme la fortaleza necesaria para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

Expreso mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres y abuelitos, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. Su amor incondicional, apoyo constante y palabras de aliento me han permitido superar cada obstáculo presentado durante esta etapa académica. Gracias por creer en mí, por acompañarme en los momentos difíciles y por ser mi mayor inspiración para seguir adelante.

Agradezco profundamente a cada uno de mis docentes, quienes fueron parte esencial de mi formación profesional. Gracias por compartir sus conocimientos con dedicación, compromiso y vocación, contribuyendo significativamente a mi crecimiento académico y personal.

De manera especial, expreso mi sincera gratitud a mi tutora, Ing. Maricela Trávez, por su paciencia, guía constante y valiosos consejos, los cuales fueron fundamentales para culminar con éxito este proyecto de investigación.

Lisbeth Carolina Quingalombo Ramos

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, Elsa Pulamarin y José Caluguillin, por siempre estar a mi lado, a motivarme a seguir con mis estudios, por sus esfuerzos de cada día que me han permitido alcanzar un título profesional, cumpliendo una meta más en mi vida.

A mis hermanos, Nayeli y Jefferson que han sido un pilar fundamental para cumplir cada una de mis metas, también a mis 2 queridos sobrinos Alejandro y Dafne por su cariño que me han motivado a seguir adelante y no rendirme en medio del camino.

A mis queridos abuelitos paternos Rosa y Juan, y maternos Ercilia y Nieves por sus oraciones, consejos y palabras de motivación que me impulsaron en seguir estudiando y por creer en mí cuando dude de mí misma.

Finalmente dedico este trabajo a mis tíos y primos en especial a Jeniffer el apoyo emocional en este trabajo de investigación.

Melany Beatriz Caluguillin Pulamarin

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a mis amados padres, Fabián Quingalombo y Jimena Ramos, por su esfuerzo, apoyo y confianza en mí. Gracias por motivarme siempre a seguir adelante y por enseñarme el valor de la constancia y el trabajo.

A mis queridos abuelitos, Emiliano Ramos y Teresa Ramos, por su cariño y sus consejos, que han sido un apoyo importante en mi vida y en mi formación.

A mis hermanos Wilson y Emilia, por su compañía y apoyo en cada etapa de este camino.

Finalmente, a mi hijo, Samir Rivera, mi mayor inspiración para superarme cada día, y a mi pareja, Cristian Rivera, por su comprensión y apoyo permanente a lo largo de esta etapa académica.

Con profundo amor y gratitud, dedico este logro a todos ustedes.

¡LOS AMO!

Lisbeth Carolina Quingalombo Ramos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”.

Autoras:

Caluguillin Pulamarin Melany Beatriz
Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina

RESUMEN

Se evaluó la obtención y caracterización del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) generada en pequeños emprendimientos de la ciudad de Latacunga, con enfoque en la valorización de residuos agroindustriales. La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental cuantitativo, empleando un diseño factorial 2×3 con dos repeticiones. El factor A correspondió al estado de la materia prima (fresca y seca) y el factor B al medio de extracción (agua, alcohol y maceración), estableciéndose doce tratamientos. La extracción se realizó mediante destilación por arrastre de vapor. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey ($p < 0,05$), determinándose diferencias significativas entre factores y su interacción. El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento cáscara fresca-agua (1,95 %), mientras que el menor correspondió a cáscara seca-macerado (0,68 %). El aceite esencial del tratamiento óptimo presentó pH 5,0, densidad 0,867 g/cc, índice de refracción 1,470, acidez 2,21 mg NaOH/g e índice de peróxidos 104,10 meq O₂/kg. El análisis del perfil químico mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas permitió identificar 31 compuestos, con predominio de α -felandreno (47,933 %), β -pineno (12,377 %) y linalol (9,920 %), evidenciando un perfil dominado por monoterpenos hidrocarbonados y compuestos oxigenados. La capacidad antioxidante, evaluada mediante ABTS y FRAP, mostró un CI₅₀ de 0,64 mg/mL y valores de 42,3; 30,2 y 25,1 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ a concentraciones de 4, 2 y 1 mg/mL, respectivamente. Se concluye que la cáscara de naranja constituye una materia prima viable para la obtención de aceite esencial con características fisicoquímicas y actividad antioxidante de interés agroindustrial.

Palabras clave: Aceite esencial, cáscara de naranja, residuos agroindustriales, GC-MS, ABTS/FRAP., rendimiento

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

TITLE: "OBTAINING ESSENTIAL OIL FROM ORANGE PEELS (*Citrus sinensis*) PRODUCED IN SMALL BUSINESSES IN THE CITY OF LATACUNGA."

Authors:

Caluguillin Pulamarin Melany Beatriz
Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina

ABSTRACT

The extraction and characterization of essential oil from orange peel (*Citrus sinensis*) produced in small businesses in the city of Latacunga was evaluated, with a focus on the valorization of agro-industrial waste. The research was conducted using a quantitative experimental approach, employing a 2×3 factorial design with two replicates. Factor A corresponded to the state of the raw material (fresh and dry) and factor B to the extraction medium (water, alcohol, and maceration), establishing twelve treatments. The extraction was carried out by steam distillation. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test ($p < 0.05$), determining significant differences between factors and their interaction. The highest yield was obtained in the fresh peel–water treatment (1.95%), while the lowest was obtained in the dry peel–maceration treatment (0.68%). The essential oil from the optimal treatment had a pH of 5.0, density of 0.867 g/cc, refractive index of 1.470, acidity of 2.21 mg NaOH/g, and peroxide index of 104.10 meq O₂/kg. Analysis of the chemical profile using gas chromatography coupled with mass spectrometry identified 31 compounds, predominantly α -phellandrene (47.933%), β -pinene (12.377%), and linalool (9.920%), showing a profile dominated by hydrocarbon monoterpenes and oxygenated compounds. Antioxidant capacity, evaluated using ABTS and FRAP, showed an IC₅₀ of 0.64 mg/mL and values of 42.3, 30.2, and 25.1 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ at concentrations of 4, 2, and 1 mg/mL, respectively. It is concluded that orange peel is a viable raw material for obtaining essential oil with physicochemical characteristics and antioxidant activity of agroindustrial interest.

Keywords: Essential oil, orange peel, agro-industrial waste, GC-MS, ABTS/FRAP, yield

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
1. Datos generales.	3
2. Diseño del proyecto.....	4
2.1. Planteamiento del problema	4
2.2. Marco contextual	5
2.3. Formulación del problema.....	6
2.4. Objetivos.....	6
2.4.1. Objetivo General.....	6
2.4.2. Objetivos Específicos	6
2.5. Cuadro de actividades.....	7
2.6. Fundamentación teórica o Marco referencial.	9

2.6.1. Marco Teórico	9
2.6.1.1. Antecedentes	9
2.6.1.2. Naranja.....	10
2.6.1.3. Anatomía	11
2.6.1.4. Taxonomía.....	11
2.6.1.5. Valor nutricional	12
2.6.1.6. Características de la naranja.....	12
2.6.1.7. Variedades de Naranja (Citrus x sinensis)	13
2.6.1.8. Producción de naranja a nivel mundial y en Ecuador.	14
2.6.1.9. Generalidades de la cáscara de la naranja	14
2.6.1.10. Propiedades Físicas de la cáscara de naranja	15
2.6.1.11. Caracterización química y aporte nutricional de la cáscara de naranja	15
2.6.1.12. Beneficios de la cáscara de la naranja.....	16
2.6.1.13. Aplicaciones industriales de la cáscara de naranja.....	16
2.6.1.14. Impacto de los residuos de la cáscara del naranja.....	17
2.6.1.15. Aceite esencial.....	18
2.6.1.16. Aceites esenciales de naranja	18
2.6.1.17. Parámetros físico-químicos en aceites esenciales	18
2.6.1.18. . Componente D-Limoneno en aceites del residuo de la naranja	19
2.6.1.19. Capacidad antioxidante del aceite esencial	20
2.6.1.20. Caracterización química de los extractos esenciales.....	20
2.6.1.21. Métodos de extracción de aceites esenciales.....	21
2.6.2. Marco conceptual	23
2.7. Metodología del proyecto de investigación.....	25
2.7.1. Tipo y diseño investigativo	25
2.7.1.1. Investigación experimental	25
2.7.1.2. Investigación descriptiva.....	25
2.7.1.3. Investigación cuantitativa.....	26
2.7.1.4. Investigación bibliográfica.....	26
2.7.2. Métodos de investigación	26
2.7.2.1. Método experimental.....	26

2.7.2.2.	Método analítico.....	26
2.7.2.3.	Método estadístico.....	27
2.7.3.	Técnicas de investigación.....	27
2.7.3.1.	Observación.....	27
2.7.3.2.	Recolección.....	28
2.7.3.4.	Obtención de datos.....	28
2.7.4.	Instrumentos de investigación.....	28
2.7.5.	Materiales, reactivos y equipos.....	29
2.7.5.1.	Materiales.....	29
2.7.5.2.	Reactivos.....	29
2.7.5.3.	Equipos.....	30
2.7.6.	Metodología del pretratamiento de la materia prima.....	30
2.7.6.1.	Recepción.....	30
2.7.6.2.	Limpieza.....	31
2.7.6.3.	Desinfección.....	31
2.7.7.	Caracterizar la cáscara de naranja por análisis físico-químicos.....	32
2.7.7.1.	Humedad.....	32
2.7.7.2.	Proteína.....	33
2.7.7.3.	Cenizas.....	33
2.7.7.4.	Grasa total.....	34
2.7.7.5.	Fibra.....	34
2.7.7.7.	Energía total.....	34
2.7.8.	Metodología para el secado de la cáscara de la naranja.....	35
2.7.8.1.	Recepción.....	35
2.7.8.2.	Troceado.....	35
2.7.8.3.	Secado.....	36
2.7.9.	Metodología para la Extracción del aceite esencial por arrastre de vapor.....	37
2.7.9.1.	Recepción.....	37
2.7.9.2.	Extracción.....	37
2.7.9.3.	Condensación.....	38

2.7.9.4.	Separación	38
2.7.9.5.	Envasado	39
2.7.10.	Determinación del rendimiento del aceite esencia de la cáscara de naranja (Citrus sinensis)	40
2.7.11.	Determinar las propiedades físico-químicas en el aceite esencial.	41
2.7.12.	Metodología para determinar para los compuestos volátiles del aceite esencial. 42	
2.7.13.	Metodología para determinar la capacidad antioxidante del aceite de esencial de la cáscara de la naranja	42
2.7.13.1.	Ensayo FRAP (Poder Antioxidante Reductor Férrico)	42
2.7.13.2.	Ensayo ABTS (Captación de radicales libres ABTS ⁺)	43
2.8.	Hipótesis o preguntas científicas	43
2.8.1.	Hipótesis nula	43
2.8.2.	Hipótesis alterna	43
2.8.3.	Validación de la hipótesis.....	44
2.9.	Diseño experimental	44
2.9.1.	Esquema del análisis de varianza	44
2.9.2.	Tratamientos	45
2.9.3.	Variables e indicadores.....	46
2.10.	Análisis y discusión de resultados	47
2.10.1.	Aprovechamiento de la cáscara de naranja.....	47
2.10.1.2	. Cantidad recolectada	47
2.10.2.	Análisis físicoquímicos en la materia prima	48
2.10.3.	Cálculo para determinar el rendimiento del aceite de la cáscara de naranja (Citrus sinensis).	49
2.10.4.	Análisis de varianza en el rendimiento del aceite esencial de la cáscara de naranja (Citrus sinensis).....	50
2.10.5.	Pruebas de Tukey del rendimiento ($\alpha = 0.05$)	52

2.10.6.	Caracterización del aceite esencial del mejor tratamiento mediante análisis físicos químicos	58
2.10.7.	Composición de compuestos volátiles del aceite esencial de la cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>) mediante cromatografía (GC-MS).....	59
2.10.8.	Evaluación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de cáscara de naranja mediante métodos espectrofotométricos FRAP y ABTS	64
3.	Impactos del proyecto.	66
3.1.	Impacto técnico.....	66
3.2.	Impacto social	66
3.3.	Impacto económico	66
3.4.	Impacto ambiental	67
	Recursos y presupuestos	67
	Conclusiones.....	69
	Recomendaciones	70
	Bibliografía.....	71
	Anexos.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Cuadro de actividades programadas</i>	7
Tabla 2.	<i>Taxonomía de la naranja.....</i>	11
Tabla 3.	<i>Valor nutricional de la Naranja</i>	12
Tabla 4.	<i>Características del fruto Naranja</i>	13
Tabla 5.	<i>Propiedades Físicas de la cáscara de naranja</i>	15
Tabla 6.	<i>Composición química proximal de la cáscara de naranja.....</i>	15
Tabla 7.	<i>Limoneno</i>	19
Tabla 8.	<i>Factores de estudio.....</i>	44
Tabla 9.	<i>Esquema ADEVA planteado.....</i>	44
Tabla 10.	<i>Tratamientos de estudios</i>	45
Tabla 11.	<i>Tipos de variables.....</i>	46
Tabla 12.	<i>Cantidad de cáscara por emprendimiento</i>	47
Tabla 13.	<i>Resultados físico-químicos de la cáscara de la naranja.</i>	48

Tabla 14. <i>Análisis de varianza (ADEVA) para el parámetro del rendimiento</i>	50
Tabla 15. <i>Prueba de Tukey en las repeticiones</i>	52
Tabla 16. <i>Prueba Tukey para determinar el efecto de rendimiento en el factor estado de la materia prima.</i>	53
Tabla 17. <i>Prueba Tukey para determinar el efecto de rendimiento en el factor medio de extracción</i>	54
Tabla 18. <i>Prueba Tukey para determinar el efecto del rendimiento en la interacción de los factores</i>	56
Tabla 19. <i>Análisis fisicoquímicos al mejor tratamiento</i>	58
Tabla 20. <i>Compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de la cáscara de naranja</i>	60
Tabla 21. <i>Capacidad antioxidante mediante FRAP y ABTS</i>	64
Tabla 22. <i>Presupuestos del proyecto de investigación</i>	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Recolección de las cáscaras de naranja</i>	30
Figura 2. <i>Limpieza de la cáscara del endocarpio</i>	31
Figura 3. <i>Desinfección de la cáscara de naranja.</i>	31
Figura 4. <i>Diagrama de flujo del pretratamiento de la cáscara de naranja</i>	32
Figura 5. <i>Recepción de la cáscara</i>	35
Figura 6. <i>Troceado de la cáscara</i>	35
Figura 7. <i>Secado de las cáscaras</i>	36
Figura 8. <i>Metodología para el secado de las cáscaras</i>	36
Figura 9. <i>Recepción de las cáscaras</i>	37
Figura 10. <i>Extracción del aceite por arrastre de vapor</i>	37
Figura 11. <i>Proceso de condensación</i>	38
Figura 12. <i>Separación del aceite e hidrolato</i>	38
Figura 13. <i>Envasado del aceite</i>	39
Figura 14. <i>Diagrama de flujo de la extracción de aceite esencial por arrastre de vapor</i>	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Rendimiento	57
Gráfico 2. Cronograma por GC-MS del aceite esencial de cáscara de naranja .	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de vida de la tutora	77
Anexo 2. hoja de vida del estudiante.....	78
Anexo 3. hoja de vida del estudiante.....	79
Anexo 4. Datos obtenidos del rendimiento de la extracción del aceite esencial...	80
Anexo 5. Resultado de análisis de la cáscara de naranja.....	81
Anexo 6. Análisis de la cáscara de naranja	82
Anexo 7. resultados del aceite esencial al mejor tratamiento.....	82
Anexo 8. Resultados de cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masa	82
Anexo 9. Cronograma de picos del aceite esencial	82

INTRODUCCIÓN

La agroindustria contemporánea enfrenta el desafío de desarrollar procesos productivos sostenibles que permitan reducir el impacto ambiental generado por los residuos agroindustriales, al mismo tiempo que se promuevan los beneficios de los recursos disponibles. En este contexto, la industria de los cítricos se posiciona como uno de los sectores con mayor generación de subproductos, debido a que aproximadamente entre el 40 % y 50 % del peso total del fruto corresponde a residuos como cáscaras, membranas y semillas, los cuales, en muchos casos, no reciben un tratamiento adecuado y son destinados a su disposición final sin ningún tipo de valorización (Muñoz et al., 2021).

La cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) constituye uno de los principales residuos generados durante la elaboración de jugos naturales, especialmente en pequeños emprendimientos urbanos, donde su manejo inadecuado contribuye a problemas de contaminación ambiental y desaprovechamiento de compuestos de valor. No obstante, diversos estudios han demostrado que este subproducto posee un elevado contenido de compuestos bioactivos, entre los que destacan los aceites esenciales, flavonoides y otros metabolitos secundarios con propiedades antioxidantes, antimicrobianas y aromáticas, ampliamente demandadas por diversas industrias, (Pacaya, 2021).

El aceite esencial de la cáscara de naranja se identifica por su elevado contenido de d-limoneno, compuesto mayoritario responsable de su aroma característico y de múltiples aplicaciones industriales. Este compuesto puede representar hasta el 90 % de la composición total del aceite esencial, dependiendo de la variedad del fruto y del método de extracción empleado (Juárez et al., 2010). La obtención de este aceite esencial puede realizarse mediante diferentes métodos; sin embargo, la destilación por arrastre de vapor se destaca como uno de los procedimientos más utilizados debido a su eficiencia, simplicidad operativa y calidad del producto obtenido, al permitir la extracción de compuestos volátiles sin el uso de solventes químicos y con mínima degradación térmica (Tenorio, 2016)

El rendimiento del aceite esencial extraído depende de diversos factores, entre los cuales se encuentran el estado de la materia prima (cáscara fresca o seca), la relación

cáscara/solvente y las condiciones del proceso. Investigaciones previas han evidenciado que estas variables influyen significativamente en la eficiencia del proceso y en la liberación de los compuestos volátiles, por lo que resulta necesario evaluarlas experimentalmente con el fin de identificar el tratamiento más adecuado (Colina et al., 2022).

Ubicada en el corazón de Cotopaxi, la ciudad de Latacunga existe la actividad comercial relacionada con la venta de jugos naturales, desarrollada principalmente por pequeños emprendimientos urbanos. Estas actividades generan grandes cantidades de cáscara de naranja, las cuales son de fácil recolección y es la materia prima para productos con valor agregado. Sin embargo, en la actualidad, estos residuos no son aprovechados de manera técnica ni sostenible, lo que evidencia la necesidad de desarrollar alternativas agroindustriales que permitan su valorización, (Muñoz et al., 2021)

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo la obtención y caracterización del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) generada en pequeños emprendimientos de la ciudad de Latacunga que utilizan la destilación por arrastre de vapor. El estudio incluyó la caracterización fisicoquímica de la materia prima, la evaluación del rendimiento del aceite esencial bajo diferentes condiciones experimentales y la identificación de sus compuestos volátiles mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) (Ayala et al., 2025).

Adicionalmente, la actividad antioxidante del extracto se determinó a través de las metodologías FRAP y ABTS, los cuales son ampliamente utilizados para determinar el potencial antioxidante de compuestos naturales y aceites esenciales (Yáñez et al., 2007)

De esta manera, la investigación contribuye al aprovechamiento de residuos agroindustriales, al fortalecimiento del conocimiento científico en el área de procesos agroindustriales y a la promoción de prácticas productivas sostenibles, fomentando la reducción de residuos y la generación de productos con valor agregado a partir de subproductos tradicionalmente considerados desechos, (Cerón & Cardona, 2011).

1. Datos generales.

Título del proyecto

Obtención del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) generados en pequeños emprendimientos de la ciudad de Latacunga

Fecha de inicio: octubre 2025

Fecha de finalización: marzo 2026

Lugar de ejecución

Barrio: Salache bajo

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Agroindustria

Equipo de trabajo

Tutor: Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg.

Autoras:

Caluguillin Pulamarin Melany Beatriz

Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina

Línea de investigación:

Línea: Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

Sub línea: Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales.

2. Diseño del proyecto

2.1. Planteamiento del problema

La industria cítrica mundial supera los 120 millones de toneladas anuales de producción, de las cuales aproximadamente el 40 % se destina a la elaboración de zumo. Este proceso genera grandes volúmenes de residuos agroindustriales, principalmente cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), cuyo aprovechamiento industrial aún es limitado y, en muchos casos, carece de sistemas técnicos adecuados para su manejo. La disposición inadecuada de estos residuos representa un desafío ambiental significativo, ya que incrementa el desperdicio de alimentos y contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (Pacheco et al., 2024).

La naranja es una de las frutas con gran volumen de producción e industrialización a escala mundial su procesamiento genera considerable de residuos, entre los cuales la cáscara representa el componente predominante. En la carrera de ingeniería agroindustrial, se plantea el aprovechamiento integral de este subproducto mediante procesos de extracción y transformación orientados a su valorización (Frag et al., 2020).

Según, (Topuz et al., 2005) la cáscara de naranja presenta componentes compuestos bioactivos en la industrial en cuales se encuentran aceites esenciales, flavonoides, carotenoides, ácidos fenólicos, pectinas, fibra dietética y vitaminas, cuya recuperación puede integrarse en esquemas de procesamiento orientados a la generación de productos con valor agregado.

En Colombia, (Yanez et al., 2007) cultivan naranjas de dos variedades, pero solo se aprovecha el jugo resultante del prensado del fruto, para la producción de vino de naranja la cascara es un residuo que se acumula al aire libre, para ser procesado como abono orgánico.

En Ecuador, los residuos de la naranja son un problema porque solo se aprovecha el 50% de la fruta y su complemento es un residuo como la cáscara, membranas y semillas. Esto genera aproximadamente 71 mil toneladas de residuos anuales en el país. Estos residuos pueden ser aprovechados para obtener productos de valor agregado, como aceite esencial, pectina y bioetanol, (Muñoz et al., 2021)

En la ciudad de Latacunga, se caracteriza por poseer una importante actividad comercial y gastronómica, en los alrededores de la ciudad existen puestos, kioscos y locales dedicados a la venta de jugos naturales, en los mismos el consumo de la naranja es alto debido a la vitamina C que es un antioxidante que refuerza el sistema inmune es por ello que genera residuos como la cascara donde algunos se aprovechan como abono orgánico y en otras terminan en los eco tachos de la ciudad.

Entre los principales desechos producidos se encuentran las cáscaras de naranja, que constituyen un subproducto del proceso de elaboración de jugos. Estas cáscaras, al ser separadas del resto de los residuos orgánicos, resultan de fácil recolección y manipulación, convirtiéndose en un material idóneo para el desarrollo de la presente investigación. Sin embargo, la cáscara de naranja contiene compuestos de valor como aceites esenciales, los cuales podrían ser extraídos y aprovechados como insumos en cosmética, alimentos o limpieza, brindando una oportunidad de valor agregado (Geanella & Victoria, 2021)

2.2. Marco contextual

El presente trabajo se desarrolló en la ciudad de Latacunga, Ecuador, específicamente en los sectores de la FAE, la Estación y El Salto, EL Mall, donde operan pequeños emprendimientos dedicados a la extracción de jugos de naranja (*Citrus sinensis*). Como resultado de esta actividad, se generan residuos, los cuales la cáscara de naranja constituye el principal subproducto, siendo utilizada en esta investigación para la extracción de aceites.

La investigación contó con la participación de cinco pequeños emprendimientos, de los cuales se recolectaron aproximadamente 43 kg de naranja con pulpa por emprendimiento. Posteriormente, mediante un proceso de separación manual, se eliminó la pulpa, obteniéndose en promedio 21,07 kg de cáscara de naranja por cada emprendimiento. Esta cantidad corresponde aproximadamente al 40,9 % del peso total inicial, fracción que fue empleada en su totalidad para la extracción del aceite. En la investigación se enfoca en utilizar la cascara de naranja como residuo aprovechable para obtener aceites esenciales es por ello que la investigación tiene como objetivo extraer y caracterizar para aprovecharlos en productos promoviendo los emprendimientos locales.

2.3. Formulación del problema

¿De qué manera inciden las condiciones físicas de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y las características del medio de extracción sobre el rendimiento obtenido en la recuperación de su aceite esencial?

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo General

Obtención y caracterización del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) mediante el método de arrastre de vapor de los pequeños emprendedores de la ciudad de Latacunga.

2.4.2. Objetivos Específicos

- Contribuir al aprovechamiento de residuos agroindustriales, mediante la transformación de las cáscaras en aceite esencial con valor agregado.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) provenientes de emprendimientos de elaboración de jugo para la extracción del aceite esencial.
- Determinar el proceso de extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) según el estado de la cáscara y la relación cáscara/solvente por el método de arrastre de vapor en función al rendimiento.
- Evaluar las características fisicoquímicas y cuantificar los compuestos volátiles del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) mediante cromatografía (GC-MS).
- Determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial de la cáscara de naranja mediante la metodología de FRAP y ABTS.

2.5. Cuadro de actividades

Tabla 1. Cuadro de actividades programadas

Objetivo	Actividad	Metodología	Resultados
Contribuir al aprovechamiento de residuos agroindustriales, mediante la transformación de las cáscaras en aceite esencial con valor agregado.	Recolección y pesaje de las cáscaras recolectadas por los emprendimientos. Determinar la cantidad de residuo generado y cuanto se transforma en producto útil.	Limpieza y desinfección de la cáscara Análisis de aprovechamiento de las cáscaras. Balance de masa en el proceso de extracción del aceite esencial.	Cantidad de los residuos de la tabla ver en: Tabla 12 Diagrama de flujo del pretratamiento de la cáscara ver en: Figura4.
Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>) provenientes de emprendimientos de elaboración de jugo para la extracción del aceite esencial.	Análisis de las propiedades fisicoquímicas para determinar humedad, cenizas, proteína, grasa total, fibras,	Propiedades fisicoquímicas -Humedad INEN ISO 1442 -Proteína INEN ISO 937 -Ceniza INEN ISO 93 Proximales -Grasa total INEN ISO 1443 -Fibras INEN 522 -Carbohidratos totales- cálculos -Energía total- calculo	Resultados de propiedades fisicoquímicas y proximales de la cáscara de naranja ver en: Anexo 5,6 Análisis y discusiones de resultados ver en: Tabla 13
Determinar el proceso de extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>) según el estado de la cáscara y la relación cáscara/solvente por el método de arrastre de vapor en función al rendimiento.	Aplicar un diseño para la extracción del aceite esencial de la cáscara. Extracción del aceite esencial mediante el estado de la cáscara y la relación cáscara/solvente. -Cálculo del rendimiento.	Cálculo del rendimiento del aceite por la formula gravimétrica de porcentaje de aceite extraído, según (Méndez et al., 2015)	Cálculo del rendimiento obtenido ver en: Anexo 4 Registro de análisis y discusión de resultados del rendimiento ver en: Tabla 14, 15,16, 17,18.
Evaluar las características fisicoquímicas y cuantificar los compuestos volátiles del		Análisis físico químico Densidad (NTE INEN 35:2012).	Resultados de análisis físico químicos y compuestos volátiles

aceite esencial de la cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>) mediante cromatografía (GC-MS).	Análisis físico químico (pH, Densidad, Índice de refracción, Acidez, Índice de peróxidos y color)	Índice de refracción (AOAC 921.08). Índice de acidez (AOAC 940.28).	en el aceite esencial ver en: Anexo 7,8,9
	Compuestos volátiles, por cromatografía de gases acoplado a Espectrometría de Masas	Índice de peróxidos (AOAC 965.33) Cromatografía de gases (GC-FID) (AOAC 996.06).	Análisis de resultados obtenido en: Tabla 19,20 y grafica 2
Determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial de la cáscara de naranja mediante la metodología de FRAP y ABTS.	Tomar la muestra del mejor tratamiento para determinar la capacidad antioxidante del mejor tratamiento mediante la metodología:	Ensayos espectrofotométricos FRAP Y ABTS para evaluar la capacidad antioxidante	Resultados obtenidos del FRAP Y ABTS ver en: Tabla21
	<ul style="list-style-type: none"> • FRAP y ABTS 		

Elaborado por: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.6. Fundamentación teórica o Marco referencial.

2.6.1. Marco Teórico

2.6.1.1. Antecedentes

Según (Köse & Oguz, 2018) menciona que la naranja tiene una alta proporción de pectina y valiosos aceites esenciales, para poder obtener aceites esenciales de la cáscara de naranja utiliza el método de destilación. Se aplicaron análisis para determinar su cantidad del componente principal mediante GC, los resultados mostraron el rendimiento de la producción obtuvo un 0,19 % y una cantidad de 94% de d-limoneno, en la que la cantidad de dicho componente puede variar entre 32% y 98% dependiendo de la variedad de naranja.

Por otro lado, Colina-Márquez et al. (2022) desarrollaron un estudio comparativo entre la destilación por arrastre de vapor y la hidrodestilación utilizando cáscara de pomelo como materia prima. En dicha investigación se evaluaron variables operativas como el tamaño de partícula y el tiempo de extracción. Los resultados demostraron que la destilación por arrastre de vapor presentó un rendimiento significativamente superior, alcanzando un 1,8 %, en comparación con la hidrodestilación, que evidenció valores inferiores. Asimismo, se concluyó que la disminución del tamaño de partícula y el incremento del tiempo de extracción favorecen la liberación del aceite esencial, debido al aumento del área de contacto sólido-vapor y a una mayor eficiencia en la transferencia de masa durante el proceso.

En esta investigación (Ayala et al., 2025) realiza la caracterización química del aceite esencial para identificar los compuesto volátiles mediante cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas, para determinar el d-limoneno como el componente mayoritario superior acompañado con otros compuestos como linalol, terpineno y mirceno, responsables del aroma característico. Los resultados destacan que la calidad del aceite depende del método de extracción y de las condiciones del proceso.

Según (Guajala et al., 2025) su investigación consistió en la extracción, caracterización, evaluación y rendimiento de los aceites esenciales obtenidos de la cáscara de naranja, por un método destilación por arrastre de vapor con diferentes

factores, con diferentes variedades (naranja criolla y naranja lima) y a temperaturas de (90°C y 70 °C). Los resultados demostraron que el t_1 corresponde a la naranja criolla destilada por arrastre de vapor a 90°C, con rendimiento de 17%, en los parámetros de olor, color y aceptación global se clasificó como “agradable” y un 41,56% de limoneno.

Estos antecedentes evidencian la pertinencia de desarrollar el presente proyecto de extracción de aceite esencial a partir de cáscara de naranja, con el propósito de proponer una alternativa económicamente viable para el aprovechamiento de este residuo agroindustrial. Asimismo, se considera el estado del material y el medio de extracción como factores determinantes para identificar el tratamiento más eficiente en función del mayor rendimiento obtenido.

2.6.1.2. Naranja

Según (Márquez, 2003), Las variedades más comunes de naranjo incluyen la naranja y la mandarina. Su fruto se compone de múltiples gajos que son fáciles de separar, cada uno con una pulpa de color variable, ya sea anaranjada o rojiza, que es jugosa y a menudo contiene varias semillas; este fruto está recubierto por una piel que generalmente es naranja, mientras que la parte interna de la piel es blanca y está llena de glándulas que contienen aceites esenciales. Los cítricos pueden cultivarse en todo el territorio con excepción de las áreas frías de la sierra.

Desde el punto de vista nutricional, la naranja constituye una fuente relevante de fibra soluble, particularmente pectinas, compuestos asociados a efectos fisiológicos como la regulación de los niveles de colesterol, el control de la glucemia y el mantenimiento del equilibrio del microbiota intestinal. Este fruto contiene ácido ascórbico puede aportar alrededor de 82 mg de micronutriente, valor que supera el requerido diario estimado en 60 mg para la población adulta (M. Muñoz & Veloz, 2020).

Ilustración 1. Naranja (citrus sinensis)

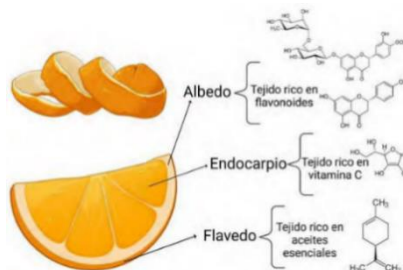


Fuente: (Instituto Misael Acosta Solís, 2021)

2.6.1.3. Anatomía

La naranja presenta una estructura anatómica compuesta por el exocarpo, mesocarpo y endocarpo. El exocarpo o flavedo corresponde a la capa externa pigmentada, caracterizada por la presencia de cromoplastos y glándulas secretoras de aceites esenciales. El mesocarpo o albedo es la porción interna blanca de la cáscara, constituida principalmente por tejido parenquimático rico en pectinas y flavonoides. El endocarpo conforma la fracción comestible del fruto, integrada por segmentos distribuidos radialmente alrededor del eje central. En términos de composición de azúcares, predominan la glucosa (63 %), la fructosa (20 %) y la sacarosa (16 %) (Callupe, 2022).

Ilustración 2. Anatomía de la naranja (*Citrus sinensis*)



Fuente: (Ortiz et al., 2023)

2.6.1.4. Taxonomía

La taxonomía de la naranja establece la clasificación de las especies, variedades, híbridos y portainjertos pertenecientes al género *Citrus* y grupos relacionados. Esta organización se basa en criterios morfológicos y genéticos que permiten su diferenciación en sistemas de cultivo y en poblaciones naturales. La taxonomía de la naranja se muestra en la siguiente tabla (M. Muñoz & Veloz, 2020).

Tabla 2. Taxonomía de la naranja

Taxonomía de la naranja	
Familia	Rutaceae
Genero	<i>Citrus</i>
Especie	<i>Citrus sinensis</i>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindale

Fuente:(M. Muñoz & Veloz, 2020)

2.6.1.5. Valor nutricional

La naranja es una fruta muy rica por su contenido nutritivo y medicinal a nivel industrial. La naranja Valencia es muy conocida alimento dietético y terapéutico de primer orden y se debe a sus vitaminas, como la vitamina C, A, B1 y B2, y sus minerales como el potasio, calcio, fósforo, entre otras (M. Muñoz & Veloz, 2020). En la tabla 3 se describe el contenido nutritivo del cítrico.

Tabla 3. Valor nutricional de la Naranja

Parámetro	Cantidad
Calcio	36
Hierro	0,3
Yodo	2
Magnesio	12
Zinc	0,18
Sodio	3
Potasio	200
Fósforo	28
Selenio	1
Tiamina	0,1
Vitamina B6	0,06
Vitamina A	40
Folato	37

Fuente: (M. Muñoz & Veloz, 2020).

2.6.1.6. Características de la naranja

En la investigación de (Almache & Escudero, 2021), presenta las siguientes características físicas y morfológicas:

- **Diámetro y masa:** Diámetro entre 6 y 10 cm. Masa del fruto entre 150 y 200 g, sin considerar la cáscara.
- **Forma:** Geometría esférica con ligera depresión en los extremos.
- **Cáscara:** Coloración variable de verde a anaranjado según madurez. Constituida por una capa externa pigmentada y una capa interna blanca de naturaleza esponjosa que protege la pulpa.
- **Pulpa:** Compuesta por 8 a 12 segmentos con alto contenido de jugo. El sabor depende de la relación azúcares/ácidos.

- **Sistema radicular:** Raíces primarias y secundarias con profundidad aproximada de hasta 1 m.

Además, El Instituto de investigaciones Valencia Agrarias menciona características adicionales en cuanto al peso, contenido líquido como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. *Características del fruto Naranja*

Características del fruto	
Peso (g)	170-200
Diámetro	67-72
Forma	Redonde diámetro /altura =1.01
Color	Naranja índice de color 10

Fuente: (Almache & Escudero, 2021).

2.6.1.7. Variedades de Naranja (*Citrus x sinensis*)

En Ecuador, las principales variedades de naranja cultivada incluyen Valencia tardía, Valencia común, Valencia delta, Thompson, Washington, Naranja lima, Naranja pomelo y Naranja agria, siendo la Valencia es la de mayor demanda en el mercado nacional por su elevado rendimiento en jugo y a su concentración de azúcares, características que influyen en su aprovechamiento para consumo fresco e industrialización (Campelo & Romero, 2020).

- **Naranja valencia**

La variedad Valencia es dulce de maduración tardía, clasificada dentro del grupo de naranjas blancas. Desde el punto de vista tecnológico tiene como característica con un elevado rendimiento en jugo y un perfil sensorial definido por una relación azúcares/ácidos que favorece su utilización de la elaboración de zumos, bebidas procesadas y otros derivados industriales donde la posiciona como materia prima frecuente en la industria citrícola.

- **Naranja agria (*Citrus x aurantium*)**

En esta variedad la naranja se caracteriza por sus hojas que son lanceoladas y agudas, utilizadas en gran parte en la industria para la obtención de perfumes, aceites, medicina natural o saborizantes, la extracción de esencias, debido al alto contenido de jugosidad y también en la agroindustria para elaborar bebidas o preparaciones dulces y bebidas alcohólicas (Almache & Escudero, 2021).

2.6.1.8. Producción de naranja a nivel mundial y en Ecuador.

El origen de la naranja se sitúa en regiones del sudeste asiático, principalmente China y Japón, desde donde su cultivo se expandió hacia Europa a escala mundial, Brasil y Estados Unidos se mantienen como principales productores, destinando gran parte de su volumen a la industrialización para la obtención de zumo. España lidera la exportación de cítricos en fresco; en 2018 registró una producción superior a 3,8 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente 2 millones correspondieron a la Comunidad Valenciana.

En Ecuador, existen registros productivos desde 1961, con un promedio histórico cercano a (172 125) toneladas anuales. El mayor volumen se reportó en 1980 con (533 493) toneladas, mientras que en 2011 se registró el nivel más bajo, con (36 607) toneladas (M. Muñoz & Veloz, 2020).

2.6.1.9. Generalidades de la cáscara de la naranja

El epicarpio corresponde a la capa externa pigmentada del fruto, responsable de su coloración anaranjada característica que cumple la función de protección y fisiológica del tejido interno. En esta fracción se localizan las glándulas oleíferas que contienen aceite esencial, cuyo componente mayoritario es el d-limoneno.

Es un subproducto común en pequeños emprendimientos de procesamiento de jugos y frutas, contiene compuestos bioactivos de gran valor, entre ellos aceites esenciales, flavonoides, y otros metabolitos secundarios con propiedades antioxidantes, antimicrobianas y aromáticas (Pacaya, 2021).

Durante el procesamiento industrial para la obtención de jugo, la cáscara representa aproximadamente el 50 % de la masa del fruto, siendo el principal residuo sólido del proceso. La composición varía en función de la especie, grado de madurez de la fruta, desde el punto de vista composicional, la cáscara contiene alto porcentaje de humedad, fibra dietética, compuestos fenólicos, carotenoides, vitaminas y minerales, debido a esta composición, puede incorporarse en procesos de transformación para la obtención de infusiones, ingredientes para productos de panificación y bebidas, así como en la producción de compuestos aromáticos utilizados como ambientadores (Pacaya, 2021).

Asimismo, la cáscara de naranja constituye una fuente de compuestos bioactivos con actividad antioxidante, entre ellos flavonoides y polifenoles que presenta un contenido significativo de fibra dietética que permiten su incorporación como ingrediente funcional en formulaciones alimentarias (Pacaya, 2021).

2.6.1.10. Propiedades Físicas de la cáscara de naranja

Las propiedades físicas comúnmente utilizadas como estándar para el aceite esencial se presentan en la tabla, una de estas propiedades es el índice de refracción y poder rotatorio, estos parámetros pueden proporcionar una visión de la pureza del aceite esencial, sea o no el aceite deseado (Yáñez et al., 2007).

Tabla 5. Propiedades Físicas de la cáscara de naranja

Características	Valor
Densidad a 15°C	0,8419 a 0852
Poder rotatorio a 20°C	92° a 99 °
Índice de refracción a 20°	1,4710 a 1,4750
Residuo Fijo	1,5% a 4%

Fuente: (Tenorio, 2016)

2.6.1.11. Caracterización química y aporte nutricional de la cáscara de naranja

La corteza naranja contiene más proteínas, carbohidratos, fibra dietética y fosfato en comparación con otros componentes dentro de ella. Los estudios indican que los pelados derivados de naranjas cultivadas en diferentes árboles cítricos contienen compuestos antioxidantes naturales conocidos como polifenoles (Tenorio, 2016).

Tabla 6. Composición química proximal de la cáscara de naranja

Parámetro	% base húmeda	% base seca
Agua	70,44	
Materia seca	29,56	
Proteína	0,58	1,96
Grasa	0,65	2,20
Fibra	8,06	27,27
Cenizas	1,16	3,92
Carbohidratos	19,11	64,65

Fuente: (Tenorio, 2016)

2.6.1.12. Beneficios de la cáscara de la naranja.

- **Fuente de fibra natural**

La cáscara de naranja constituye una fuente significativa de fibra dietética, asociada a efectos fisiológicos en el sistema gastrointestinal donde su consumo regula la glucosa en la sangre y protege la mucosa gástrica frente a procesos irritativos, contribuye a la disminución de alteraciones digestivas como hiperacidez, distensión abdominal y variaciones en el tránsito intestinal.

En términos composicionales, 100 g de cáscara contienen aproximadamente 10,6 g de fibra. Una forma de aprovechamiento es su preparación en infusión posterior a comidas con elevado contenido lipídico, con el fin de favorecer el proceso digestivo (M. Muñoz & Veloz, 2020).

- **Reducción del colesterol**

La cáscara de naranja contiene hesperidina, flavonoide asociado al metabolismo de lípidos plasmáticos su concentración en el epicarpio es superior a la presente en la pulpa y el zumo; donde la cáscara aporta limonoides, compuestos responsables del sabor amargo característico de los cítricos y con actividad biológica de interés funcional

- **Refuerzo para bajar de peso.**

El epicarpio presenta polisacáridos estructurales, entre ellos pectina y otras fracciones de fibra dietética no soluble compuestos que favorecen el tránsito intestinal y contribuyen a la regulación metabólica, la incorporación en la alimentación se asocia a estrategias nutricionales orientadas al control del peso corporal (M. Muñoz & Veloz, 2020).

2.6.1.13. Aplicaciones industriales de la cáscara de naranja

Entre los productos elaborados a partir de cáscara de naranja se encuentran: las frutas confitadas, harina de cáscara de naranja, alimentos balanceados y mermelada.

- **Fruta confitada**

El aprovechamiento de la cáscara de naranja mediante procesos de confitado permite conservar atributos sensoriales del fruto, tales como color y compuestos aromáticos, lo que facilita su incorporación en matrices alimentarias, estos

ingredientes pueden integrarse en formulaciones de panificación, productos lácteos y mezclas a base de cereales. Desde la industria la producción de cáscara confitada se basa en operaciones unitarias simples, principalmente deshidratación osmótica y concentración de azúcares, sin requerir infraestructura de alta complejidad. Esta característica posibilita su implementación en sistemas productivos de pequeña escala (Díaz & Medranda, 2014).

- **Elaboración de harina.**

Otra estrategia de valorización consiste en la obtención de harina a partir de cáscara de naranja este proceso comprende operaciones de deshidratación controlada, seguidas de molienda y clasificación granulométrica hasta alcanzar un tamaño de partícula fino y homogéneo. La harina obtenida puede incorporarse como ingrediente en el pan y galletas, con el propósito de incrementar el contenido de fibra dietética y compuestos bioactivos (García et al., 2021)

2.6.1.14. Impacto de los residuos de la cáscara del naranja.

La cáscara de naranja constituye uno de los principales residuos agroindustriales generados durante el procesamiento y consumo de cítricos, especialmente en pequeños emprendimientos dedicados a la elaboración de jugos naturales (FAO, 2019; Ayala et al., 2025). Se estima que entre el 40 % y 50 % del peso total de la fruta corresponde a residuos, los cuales, al no recibir un manejo adecuado, generan impactos ambientales negativos significativos (Guajala Sánchez et al., 2025; Restrepo et al., 2020).

La acumulación de cáscaras en espacios abiertos favorece procesos de descomposición que contribuyen a la contaminación del suelo y del agua debido a su alto volumen y lenta degradación, provocando la emisión de malos olores, la proliferación de insectos y la generación de lixiviados capaces de afectar cuerpos de agua cercanos (Rodríguez et al., 2018; FAO, 2019). Asimismo, esta situación representa una pérdida de recursos potencialmente aprovechables, ya que la cáscara de naranja contiene compuestos de alto valor agregado como aceites esenciales, pectinas, flavonoides y fibra dietética, con aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (Bocco et al., 2017; García et al., 2021).

- **Ámbito socioeconómico**

El aprovechamiento de la cáscara de naranja permite generar alternativas productivas sostenibles para pequeños emprendimientos, promoviendo la obtención de subproductos con valor agregado, como el aceite esencial (Bocco et al., 2017; García et al., 2021). Esta práctica no solo contribuye a la reducción de los costos asociados a la disposición final de residuos, sino que también fomenta la creación de nuevas oportunidades de ingreso y empleo local, fortaleciendo los principios de sostenibilidad y economía circular en el sector agroindustrial (FAO, 2019; Restrepo et al., 2020).

2.6.1.15. Aceite esencial

El aceite esencial de naranja se obtiene del epicarpio del fruto donde se concentran las glándulas secretoras de compuestos volátiles su composición está dominada por monoterpenos, en la industria se extrae mediante prensado en frío o destilación por arrastre de vapor dependiendo del rendimiento está condicionado por la materia prima y por las variables del proceso se utilizan como insumo aromático y como agente con actividad biológica en aplicaciones alimentarias, cosméticas y farmacéuticas (Pérez et al., 2018).

2.6.1.16. Aceites esenciales de naranja

Este compuesto por una mezcla de monoterpenos, sesquiterpeno y compuestos oxigenados (ésteres, alcoholes, cetonas, aldehídos). Los terpenos constituyen la mayor parte del aceite esencia, seguido por los sesquiterpeno, que contribuyen en menor medida de aroma y sabor, ya que principalmente actúan como soporte para los compuestos oxigenados, los cuales aportan la mayor parte del olor y sabor característicos del aceite. (J. C. A. Ayala et al., 2025),

2.6.1.17. Parámetros físico-químicos en aceites esenciales

- **Densidad:** Según la norma técnica colombiana NTC 336 (2016). Los aceites que tienen una densidad menor a la del agua son altos en hidrocarburos, alcohol, aldehídos y cetona. El aceite tiene una densidad mayor a 1g/mL contienen fenoles, éteres y derivados fenolíticos.

- **Índice de refracción:** Se relaciona con la calidad del aceite cuanto mayor sea el índice de refracción mayor pureza y mayor calidad. El aceite de naranja tiene un promedio de 1,5 (López de la Cruz y Caso Orihuela, 2015).
- **Índice de acidez:** Es importante para conocer la calidad del aceite, los aceites que son recién extraídos contienen un bajo índice acidez, pero si llega a tener un valor alto puede ser por un mal almacenamiento u/o acondicionamiento debido a la inestabilidad termina de aldehídos, hidrocarburos, terpenos y esterres que en contacto con el aire libre se oxidan generando ácidos carboxílicos con mal olor.
- **Índice de peróxidos:** Indica el nivel de degradación lo cual conlleva a una baja calidad del aceite haciendo que el aceite esencial tome un olor y sabor desagradable (HANNA Instruments, s. f.).

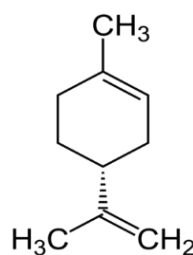
2.6.1.18. Componente D-Limoneno en aceites del residuo de la naranja

El d-limoneno constituye el aceite esencial extraído del epicarpio con una proporción que puede alcanzar hasta el 90 % del total de compuestos volátiles del grupo de los monoterpenos y es responsable del aroma característico de la cáscara, desde la fisicoquímica, se presenta como un líquido de tonalidad amarillo a naranja, con densidad comprendida entre 0,842 y 0,846 g/cm³ a condiciones ambientales (Juárez et al., 2010).

Tabla 7. *Limoneno*

Descripción	Detalle
Fórmula molecular	$C_{10}H_{16}$
Masa Atómica	136,21 g/mol
Densidad	0,842 g/mol
Solubilidad en agua	Ninguno
Punto de ebullición	178 °C
Punto de Fusión	-75 °C
Punto de inflamación	48 °C
Temperatura de ignición	237 °C

Estructura



Fuente: (Juárez et al., 2010)

2.6.1.19. Capacidad antioxidante del aceite esencial

La actividad antioxidante corresponde a la capacidad para neutralizar radicales libres o interrumpir reacciones de oxidación, el aceite esencial de naranja, esta propiedad se asocia a la presencia de compuestos fenólicos y terpenoides con potencial reductor. Los antioxidantes se clasifican en primarios, que actúan como captadores directos de radicales libres, y secundarios, que limitan la propagación de la oxidación mediante mecanismos como la quelación de metales.

La determinación de esta actividad se realiza mediante ensayos espectrofotométricos como son métodos como DPPH y ABTS cuantifican la disminución de radicales libres, mientras que técnicas como FRAP u ORAC evalúan la capacidad reductora del sistema (Juárez et al., 2010).

- **FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*)**

Es una metodología utilizada en el ámbito agroalimentario para la determinación cuantitativa de la actividad antioxidante en matrices vegetales y productos procesados. También se utiliza en estudios de salud para investigar la relación entre la ingesta de antioxidantes y la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (Yanez et al., 2007).

- **ABTS (*ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)*)**

Se utiliza para evaluar la capacidad antioxidante de diversas sustancias, incluyendo extractos de plantas, alimentos y compuestos químicos este método se basa en la generación de un radical catiónico, ABTS•+, que presenta un intenso color verde-azul; la intensidad de este color disminuye cuando los antioxidantes presentes en la muestra neutralizan el radical, que mide la capacidad antioxidante de la muestra (Yanez et al., 2007).

2.6.1.20. Caracterización química de los extractos esenciales

Los aceites esenciales corresponden a sistemas multicomponente formados por sustancias orgánicas volátiles, que predomina los monoterpenos y sesquiterpenos, junto con derivados oxigenados como alcoholes, cetonas, aldehídos, ésteres y óxidos. La proporción de estos compuestos depende de factores vegetales, la

identificación y separación de compuestos se realiza mediante cromatografía de gases, técnica que discrimina los analitos según su afinidad con la fase estacionaria y su comportamiento en una corriente gaseosa a temperatura programada, permitiendo el análisis individual de cada componente.

La espectrometría de masas es un procedimiento analítico que determinan la masa molecular y los patrones de fragmentación de los compuestos la técnica presenta limitaciones en la identificación de mezclas debido a la superposición de señales. La combinación de ambas técnicas en cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) que permite la separación previa de los componentes y su posterior identificación estructural (J. C. A. Ayala et al., 2025).

2.6.1.21. Métodos de extracción de aceites esenciales

- **Método Arrastre de vapor**

La destilación por arrastre de vapor es un procedimiento ampliamente utilizado para la extracción de aceites esenciales a partir de muestras vegetales, debido a su capacidad para recuperar la fracción volátil con mínima alteración de sus componentes. Este método consiste en hacer pasar vapor de agua a través del material vegetal, provocando la ruptura de las glándulas oleosas y la liberación de los compuestos volátiles, los cuales son posteriormente condensados y separados del agua (Tenorio, 2016).

El arrastre de vapor puede aplicarse tanto a cáscara fresca como seca, utilizando agua como medio generador de vapor, lo que permite la extracción de aceites esenciales sin la utilización de solventes químicos. El proceso del estado de la cáscara, el tamaño de partícula y la adecuada relación entre la cantidad de material vegetal y el vapor generado, ya que estos influyen directamente en la liberación y recuperación de los compuestos aromáticos.

Las principales ventajas del método de arrastre permiten obtener aceites esenciales de mayor pureza, ya que es mínimo los residuos de solventes en el producto final, a diferencia de la extracción por solventes. Además, el arrastre de vapor reduce la degradación térmica de los compuestos volátiles, conservando mejor las

características químicas y sensoriales del aceite esencial extraído (Colina-Márquez et al., 2022).

Por estas razones, el método de arrastre de vapor es ampliamente utilizado tanto a nivel de laboratorio como industrial para la extracción de aceites esenciales a partir de residuos agroindustriales, constituyéndose en una alternativa eficiente y sostenible para el aprovechamiento de subproductos como la cáscara de naranja (Tenorio, 2016).

- **Método de extracción por solventes**

El método de extracción por solventes se rige en la capacidad de ciertos disolventes de solubilizar los compuestos aromáticos presentes en la matriz vegetal, permitiendo la obtención de extractos ricos en sustancias volátiles. En el caso de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), este método puede aplicarse tanto a cáscara fresca como seca, empleando solventes polares como el etanol, el cual facilita la extracción de los componentes aromáticos contenidos en las glándulas oleosas de la cáscara (Tenorio, 2016).

El método depende del estado físico de la cáscara, del tipo de solvente utilizado y de la relación cáscara-solvente, ya que estos factores influyen directamente en la transferencia de masa y en la productividad del extracto obtenido. Sin embargo, este proceso ofrece ciertos inconvenientes, como la obtención de extractos más oscuros, debido a la disolución simultánea de pigmentos y otros compuestos no volátiles presentes en la planta o en la cáscara. Además, la solubilidad de los aceites esenciales en alcohol diluido resulta menor en comparación con los aceites obtenidos por métodos de destilación, lo que puede afectar la pureza del producto final (Colina-Márquez et al., 2022).

Otro aspecto desfavorable de la extracción por solventes es que requiere instalaciones más complejas y costosas, así como un control riguroso durante la manipulación y recuperación del solvente, ya que pueden generarse pérdidas durante el proceso, afectando la eficiencia global de la extracción y aumentando los costos operativos (Tenorio, 2016; Colina-Márquez et al., 2022).

2.6.2. Marco conceptual

- **Aceite esencial**

Son mezclas complejas de compuestos orgánicos volátiles, principalmente terpenos y compuestos oxigenados. Estos compuestos se caracterizan por su aroma intenso y por presentar propiedades antioxidantes, antimicrobianas y aromáticas (Juárez et al., 2010).

- **D-limoneno**

Un mono terpeno cíclico considerado el componente mayoritario del aceite esencial de naranja, más del 90% (Juárez et al., 2010).

- **Terpeno**

Compuestos orgánicos naturales presentes en muchas plantas y frutas, con base química de los aceites esenciales y contribuyen a sus propiedades aromáticas (Gonzales et al., 2016).

- **Cromatografía de gases**

Utilizada para separar, identificar y cuantificar compuestos volátiles, presentes en una muestra (J. C. A. Ayala et al., 2025).

- **Espectrometría de masa.**

Para identificar compuestos químicos mediante la medición de la relación masa/carga de fragmentos iónicos (Yanez et al., 2007).

- **ABTS**

Se evalúa la actividad antioxidante equivalente a Trolox, evaluar la capacidad antioxidante de diversas sustancias, incluyendo extractos de plantas, alimentos y compuestos químicos (Yanez et al., 2007).

- **FRAP**

Ensayo que cuantifica la capacidad antioxidante mediante la conversión del hierro en estado férrico (Fe^{+3}) a su forma ferrosa (Fe^{+2}), reacción inducida por agentes reductores presentes en la muestra y proporcional a su poder reductor.

- **Rendimiento**

El rendimiento es el porcentaje que representa el aceite obtenido respecto a la materia prima utilizada que permite evaluar la eficiencia del proceso de extracción (Méndez et al., 2015).

- **Residuos agroindustriales**

Son subproductos generados durante el procesamiento de la materia prima agrícolas, con alto potencial de valorización (Colina-Márquez et al., 2022).

- **Cáscara de naranja**

Un subproducto que representa el 40% y 50% del peso total del fruto, constituida por dos capas principales: flavedo de color naranja y el albedo parte interna blanca (Pacaya, 2021).

- **Flavedo**

Capa externa de la naranja de color anaranjado, donde se encuentran las glándulas oleosas que almacenan el aceite esencial y alto contenido de compuestos aromáticos (Callupe, 2022).

- **Albedo**

Parte interna blanca de la cáscara de naranja, con alto contenido de fibras, pectinas y flavonoides. No contiene de grandes cantidades de aceite esencial (Callupe, 2022).

- **Destilación por arrastre de vapor**

Consiste en pasar vapor de agua por la materia vegetal, provocando la ruptura de las glándulas oleosas y la volatilización de los compuestos aromáticos, se condensan y separan por diferencia de densidades (Tenorio, 2016).

- **Alambique**

Aparato para destilar formado por un recipiente, donde se calienta un líquido hasta convertirlo en vapor, y un conducto refrigerado (Bernal, 2010).

- **Relación cáscara/solvente**

Es la proporción de material vegetal (cáscara de cítricos) respecto al agua, crucial para optimizar el rendimiento y evitar sobrecalentamientos. Una relación común es 1:2 o 1:3 en peso (Burgos et al., 2021).

- **Etanol (alcohol etílico)**

Es un solvente versátil utilizado para extraer, disolver y purificar aceites, especialmente aceites esenciales botánicos, cannabis y en la elaboración de perfumes o cosméticos (Colina-Márquez et al., 2022).

2.7. Metodología del proyecto de investigación

La presente investigación es de tipo aplicado y experimental, ya que busca generar conocimiento que permite aprovechar los residuos agroindustriales de la cáscara de naranja para obtener un producto como es el aceite esencial. En esta investigación primero se realiza una investigación bibliográfica para identificar métodos adecuados para la extracción, para definir las variables de estudio y conocer los análisis importantes para incorporar en este proyecto. Así mismo se considera una investigación cuantitativa, debido a los ensayos químicos, y compuesto volátiles con el fin de comparar los resultados de las diferentes metodologías de extracción.

2.7.1. Tipo y diseño investigativo

2.7.1.1. Investigación experimental

Esta investigación es de tipo experimental ya que se manipulan de manera controlada variables como el estado de la materia prima y el medio de extracción, con el fin de evaluar la influencia sobre el rendimiento y las características del aceite obtenido, ese tipo de investigación permite establecer relaciones de causa-efecto entre las variables estudiadas (Hernández & Mendoza, 2018).

2.7.1.2. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva incluye la descripción, el registro, el análisis y la interpretación a través del análisis se explora y analiza las características y propiedades para poder clasificarlas, agruparlas o resumirlas mediante la aplicación de una evaluación específica, el estudio descriptivo se centra en la realidad de los hechos y en la interpretación correcta. (Moreira P, 2023). Se enfoca en describir, registrar, analizar e interpretar las características y propiedades de un fenómeno para luego poder clasificar, agrupar o sintetizar la información, con el objetivo de comprender mejor la realidad de los hechos.

2.7.1.3. Investigación cuantitativa

Desde el enfoque metodológico, este tipo de investigación se basó en la obtención y análisis de datos numéricos relacionados con el rendimiento, las propiedades fisicoquímicas y la composición volátil del aceite esencial, los cuales fueron procesados mediante análisis estadísticos con el fin de validar las hipótesis planteadas (Guajala Sánchez et al., 2025).

2.7.1.4. Investigación bibliográfica

Cosiste en la recopilación de información y datos de todo tipo de información científica actualizada relacionada al que se está investigando, sobre los métodos de extracción, caracterización y aprovechamiento de residuos cítricos, sirviendo como base teórica para el desarrollo experimental del estudio (Colina-Márquez et al., 2022).

2.7.2. Métodos de investigación

2.7.2.1. Método experimental

El método experimental se fundamenta en la manipulación intencional de una o más variables independientes bajo condiciones controladas, con el propósito de observar y analizar su efecto sobre una o varias variables dependientes (Hernández et al., 2014). Este método es ampliamente utilizado en investigaciones de tipo agroindustrial, ya que permite evaluar procesos productivos y determinar condiciones óptimas de operación. Este método se aplicó durante la fase de obtención del aceite esencial, mediante el proceso de destilación por arrastre de vapor, manteniendo una temperatura constante de 90 °C. Se consideraron como variables independientes el estado de la materia prima (cáscara fresca y cáscara seca) y los medios de extracción (agua, etanol y macerado), mientras que la variable dependiente fue el rendimiento del aceite esencial.

2.7.2.2. Método analítico

El método analítico consiste en la descomposición de un fenómeno o proceso en sus elementos constitutivos, con el fin de estudiarlos de manera detallada y

comprender su comportamiento (Bernal, 2010). Este método resulta fundamental para interpretar los resultados obtenidos en investigaciones experimentales.

En esta investigación, el método analítico se utilizó en la fase de procesamiento y análisis de resultados, permitiendo evaluar de manera individual los rendimientos obtenidos en cada tratamiento. Asimismo, se aplicó para analizar las características del aceite esencial obtenido, facilitando la interpretación del efecto del estado de la cáscara y del medio de extracción sobre la eficiencia del proceso.

2.7.2.3. Método estadístico

Es una serie de procedimientos con el propósito de obtener resultados sobre el tema investigado. La aplicación rigurosa de estos pasos resultó fundamental para garantizar la validez de los datos y evitar la obtención de conclusiones erróneas (Burgos et al., 2021). El análisis de datos es mediante el programa estadístico Infostat, con el fin de obtener resultados estadísticamente significativos sobre las variables de estudio, específicamente el estado de la cáscara y la relación cáscara/solvente.

2.7.3. Técnicas de investigación

Son procedimientos sistemáticos que se emplean para recolectar, procesar y analizar datos de manera objetiva, con el propósito de dar respuesta a las preguntas planteadas en una investigación científica. (Medina et al., 2023). En el caso de proyectos experimentales, se obtiene el aceite esencial que combinaron técnicas de laboratorio e instrumentales con el fin de garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos.

2.7.3.1. Observación

Una técnica en la cual implica el registro sistemático de fenómenos tal como ocurren en el contexto natural o experimental, en la que permiten al investigador captar información precisa y directa sobre las condiciones de la materia prima (cáscara fresca y seca), la operación de equipos, el comportamiento de variables como tiempo y temperatura y las condiciones de la extracción. Esta técnica es especialmente útil para detectar variaciones en el diseño experimental y para

documentar hallazgos que pueden ser evidentes únicamente con mediciones numéricas, contribuyendo a la validez interna del estudio (Sánchez Martínez, 2022).

2.7.3.2. Recolección

Técnica mediante la cual se reúnen datos cuantitativos y cualitativos que se describen características físico-químicas de la naranja, y los tipos aceites esenciales obtenidos, la recolección puede realizarse a través de instrumentos como fichas de laboratorio. Esto permite organizar adecuadamente los datos para sus análisis posteriores, asegurando que la información sea completa y comparable entre los tratamientos experimentales (Sánchez Martínez, 2022).

2.7.3.4. Obtención de datos

La obtención de datos comprende el registro ordenado y sistemático de la información generada durante el desarrollo de la investigación, con el fin de facilitar su análisis e interpretación posterior (Hernández et al., 2014)

Esta técnica se aplicó para el registro de los rendimientos del aceite esencial obtenidos en cada tratamiento y repetición, así como para la recopilación de observaciones realizadas durante el proceso de extracción. Los resultados se presentan en tablas y gráficos, lo que permite el análisis comparativo y la elaboración de conclusiones.

2.7.4. Instrumentos de investigación

Los instrumentos de investigación constituyen herramientas fundamentales para la recolección, medición y registro sistemático de los datos necesarios para el desarrollo del estudio, permitiendo obtener información objetiva y verificable en función de los objetivos planteados, (Hernández & Mendoza, 2020). Es la presente investigación de la obtención y caracterización del aceite esencial de la cáscara de naranja, se emplearon diversos instrumentos como: el registro de la cantidad de las cáscaras, fichas para la recopilación de datos de análisis realizados. La correcta selección y aplicación de estos instrumentos asegura la validez, confiabilidad y reproducibilidad de los resultados experimentales, aspectos esenciales en investigaciones de carácter agroindustrial (Pandey & Pandey, 2015).

2.7.5. Materiales, reactivos y equipos

Los materiales, reactivos y equipos utilizados en el proceso de obtención del aceite esencial a partir de cáscaras de naranja generadas en pequeños emprendimientos de la ciudad de Latacunga se describen a continuación:

Material vegetal

Cáscara de naranja (*Citrus sinensis*): serán recolectadas de los residuos generados por los 4 pequeños emprendimientos que venden jugos de naranja en los siguientes sectores “La FAE”, “El Moll”, “La estación” y “Paso lateral, Saquisilí” ubicadas en la capital de la provincia de Cotopaxi.

2.7.5.1. Materiales

- Balanza de plataforma electrónica
- Balanza digital
- Mesa de trabajo.
- Frascos goteros de vidrio color ámbar.
- Tubo de decantación
- Soporte universal.
- Embudo de vidrio.
- Cuchillos.
- Cucharas
- Vaso de precipitación.
- Bomba de agua.
- Mangueras.
- Baldes con medida.
- Limpión

2.7.5.2. Reactivos

- Agua destilada.
- Ácido peracético al 0.3%.
- Buffer ácido acético-acetato de sodio.
- Cloruro férrico (FeCl_3).

- Etanol etílico.
- Sal de Mohr.
- Reactivo TPTZ
- Persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$)
- Trolox
- Solución ABTS

2.7.5.3. Equipos

- Deshidratador: estufa con circulación de aire caliente
- Destilador de acero inoxidable capacidad de 50 litros.
- Cocina industrial a gas.
- Rebanador manual de frutas
- Picnómetro: g/mL o g/cm³

2.7.6. Metodología del pretratamiento de la materia prima

2.7.6.1. Recepción

Las cáscaras de naranja son recolectadas en la ciudad de Latacunga, en pequeños emprendimientos identificados en, la FAE, la estación y el mall, con una cantidad de aproximadamente 43kg con toda la pulpa.

- Las cascaras una vez extraídas del jugo, se debe recoger en fundas plásticas transparentes y libres de basura inorgánica.

Figura 1. *Recolección de las cáscaras de naranja*



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.6.2. Limpieza

Primeramente, las cáscaras son separadas del endocarpio la parte interna de la naranja, con ayuda de una cuchara o cuchillo.

Figura 2. *Limpieza de la cáscara del endocarpio*



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.6.3. Desinfección

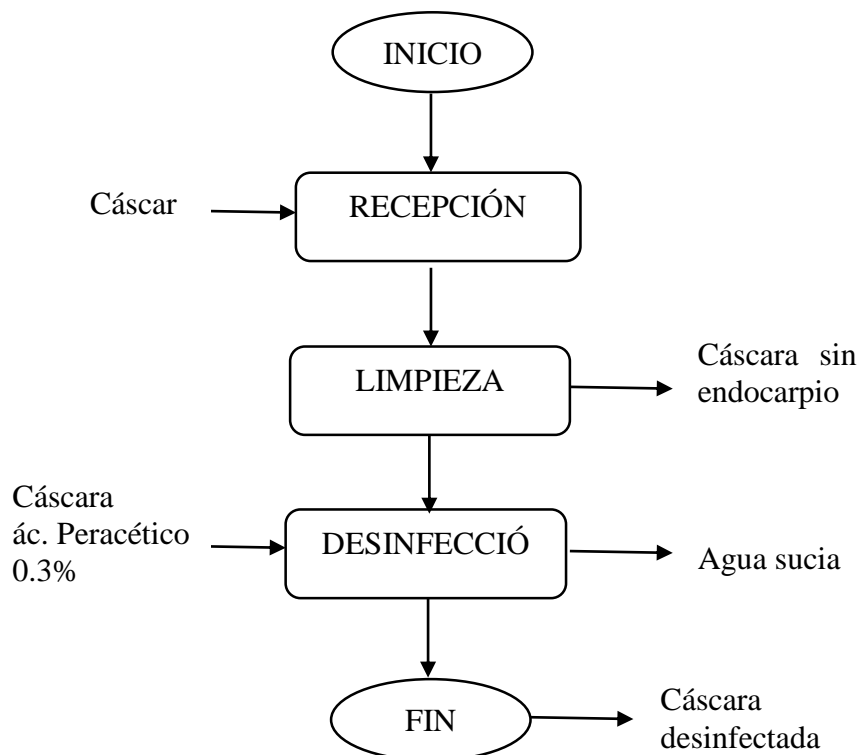
Finalmente, las cáscaras se desinfectan con agua y ácido peracético al 0.3% por 5 minutos y se enjuagan con agua purificada para eliminar la suciedad y restos de pulpa.

Figura 3. *Desinfección de la cáscara de naranja.*



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

Figura 4. Diagrama de flujo del pretratamiento de la cáscara de naranja



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.7. Caracterizar la cáscara de naranja por análisis físico-químicos.

2.7.7.1. Humedad

Este análisis se realizó mediante el método INEN ISO 1442. El contenido en humedad, expresando como porcentaje en masa.

- Se determinó la masa inicial de la muestra antes del proceso de secado.
- Se colocaron 10 g de muestra en un recipiente de aluminio previamente tarado y seco.
- El recipiente se introdujo en una estufa con temperatura estabilizada a 104,0 °C.
- La muestra se mantuvo en secado durante 4 horas; posterior se realizaron periodos adicionales de 1 hora para verificación de masa constante.
- Finalizado el secado, el recipiente se transfirió a un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente, evitando la absorción de humedad.

Se calculará la pérdida de humedad mediante la fórmula:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100\% \quad (\text{Ecuacion 1})$$

En donde:

m_0 : la masa del recipiente en gramos.

m_1 : la masa del recipiente en gramos y la muestra antes de ser desecada en gramos.

m_2 : la masa del recipiente en gramos y la muestra después de ser desecada en gramos.

2.7.7.2. Proteína

Se utiliza el método Kjeldahl para medir el nitrógeno total.

- Digestión: La muestra de cáscara se somete a digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores, con el propósito de transformar el nitrógeno orgánico en sulfato de amonio.
- Destilación: Posteriormente, se adiciona hidróxido de sodio para alcalinizar el medio y liberar el amoníaco generado, el cual es arrastrado y capturado en una solución receptora de ácido bórico.
- Titulación: El amoníaco retenido se valora mediante titulación con una solución patrón de ácido, permitiendo la cuantificación del contenido de nitrógeno en la muestra.

Calculo:

$$P = \frac{(V_s N_b - V_2 N_2) \times N_{acid} \times 0,014 \times 100}{m} \quad (\text{Ecuacion 2})$$

Siendo:

V_s: volumen de la solución de ácido gastado en a muestra

V_b: volumen de la solución de ácido gastado en blanco

N_{acid}: normalidad de la solución de ácido Sulfúrico

M: masa de la muestra en gramos

2.7.7.3. Cenizas

Se realizado por calcinación y utilizando a formula siguiente;

- Se pesó el crisol vacío, registrar el peso inicial y tarar.

- Pesar la muestra fresca y registra el peso.
- Incinerar la mufla a 550°C hasta obtener cenizas blancas o grisáceas
- Enfriar en un desecador y pesar el crisol con las cenizas. Cálculo:

$$\% \text{Ceniza} = \left(\frac{P_f - P_c}{\text{Pesodeamuestra}(g)} \right) \times 100 \quad (\text{Ecuacion 3})$$

2.7.7.4. Grasa total

Se realizó por el método Extracción Soxhlet:

- Inicialmente, la muestra fresca o seca se pesa 10 g y previamente molida
- Colocar la muestra en un cartucho de celulosa y extraer con alcohol 96% durante aproximadamente 3 horas
- Durante el proceso, la grasa presente en la muestra se disuelve en el solvente y se recupera tras su evaporación, usando la fórmula:

$$\text{Grasa \%} = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100\% \quad (\text{Ecuacion 4})$$

Donde:

m: Masa de la muestra de cáscara de naranja utilizada

m1: Masa del matraz de extracción con la materia grasa extraída (g).

m2: Masa del matraz de extracción vacío y seco (g).

2.7.7.5. Fibra

Para este parámetro de fibras realizó por la metodología INEN 522

2.7.7.6. Carbohidratos totales

Para determinar los carbohidratos totales se realiza mediante un cálculo, como se detallan a continuación:

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{ceniza} + \% \text{proteína}) \quad (\text{Ecuacion 5})$$

2.7.7.7. Energía total

Para determinar los carbohidratos totales se realiza mediante un cálculo.

2.7.8. Metodología para el secado de la cáscara de la naranja

2.7.8.1.Recepción

Se reciben las cáscaras desinfectadas con ácido peracético 0.3%.

Figura 5. *Recepción de la cáscara*



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.8.2.Troceado

Las cáscaras son troceadas en forma de tiras o trozos pequeños con ayuda del rebanador manual de fruta.

Figura 6. *Troceado de la cáscara*



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L,2025)

2.7.8.3. Secado

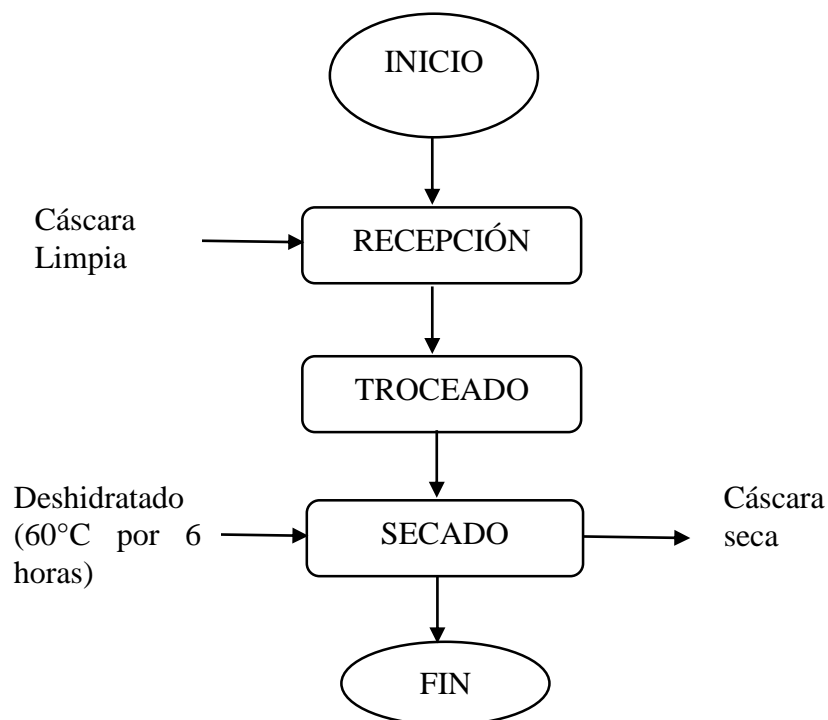
Se colocan las cáscaras sobre bandejas perforadas, para luego ser ubicadas en el deshidratador a una temperatura constante de 60°C con un tiempo de 6 a 8 horas.

Figura 7. Secado de las cáscaras



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L,2025)

Figura 8. Metodología para el secado de las cáscaras



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.9. Metodología para la Extracción del aceite esencial por arrastre de vapor

2.7.9.1. Recepción

Se recibe las cáscaras frescas o secas para continuar con el proceso de extracción del aceite esencial.

Figura 9. *Recepción de las cáscaras*



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.9.2. Extracción

Para determinar el aceite esencial se realiza en un destilador o alambique por arrastre de vapor con las siguientes condiciones operativas: Estado de la materia (A): fresca y seca y el Medio de extracción (B): Agua, Etanol y Macerado. Con una relación y una temperatura 90°C y el etanol a 70°C, con una duración de 2 horas.

Figura 10. *Extracción del aceite por arrastre de vapor*



Fuente: Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.9.3. Condensación

Es esta etapa la mezcla de vapores se enfría mediante circulación de agua fría. Y los vapores se transforman en líquido, obteniendo una mezcla de hidrolato (agua aromática) y aceite esencial.

Figura 11. Proceso de condensación



Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.9.4. Separación

El destilado se recoge en un recipiente llamado decantador, en donde se observa la separación del aceite de la naranja flotando sobre el hidrolato. Esto debido a su menor densidad.

Figura 12. Separación del aceite e hidrolato



Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.9.5. Envasado

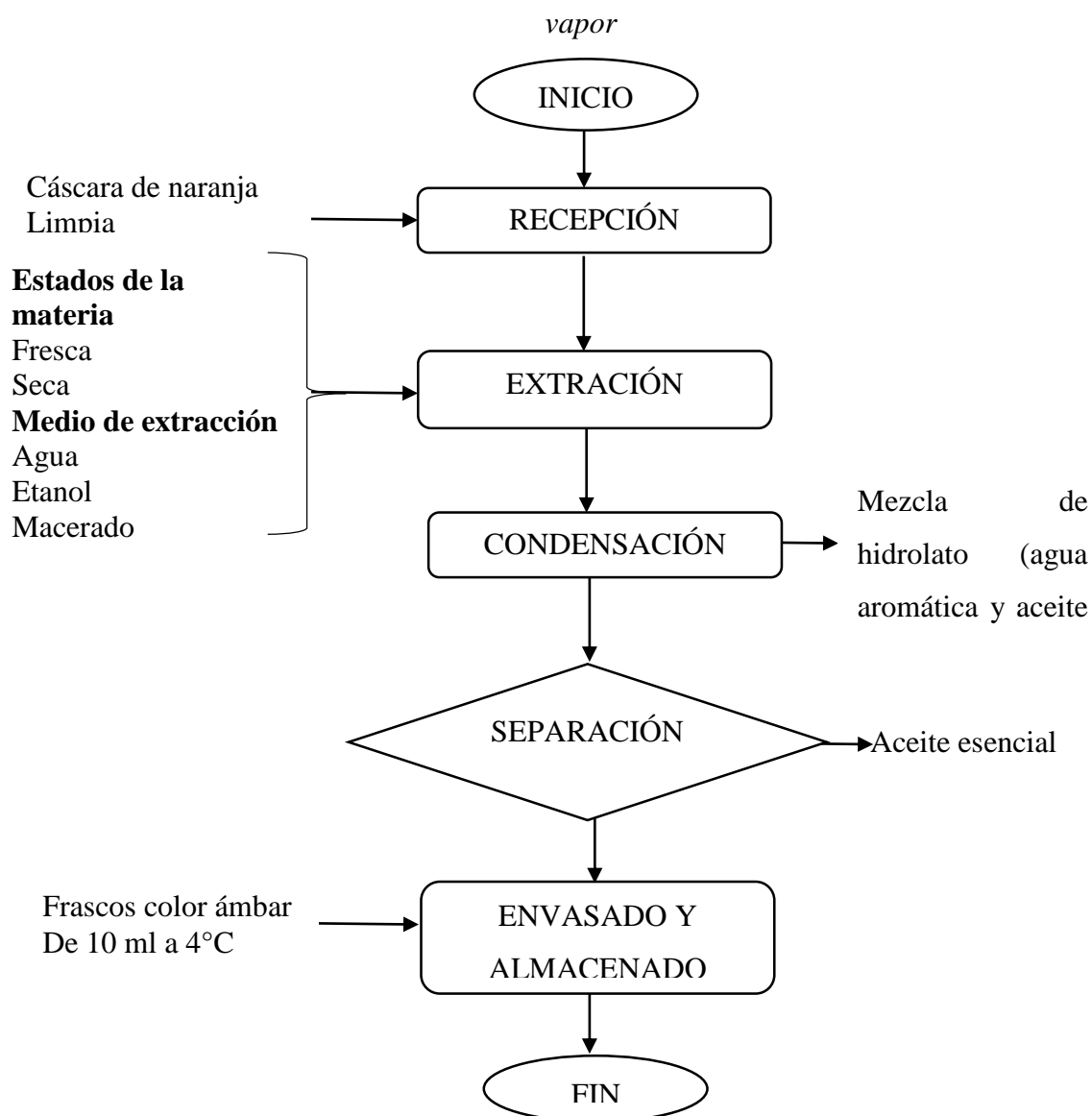
El aceite esencial obtenido fue envasado en frascos de vidrio ámbar, con el propósito de reducir la exposición a la radiación lumínica. Posteriormente, se almacenó bajo condiciones controladas para preservar la estabilidad de sus compuestos volátiles y prevenir procesos de degradación fisicoquímica.

Figura 13. *Envasado del aceite*



Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

Figura 14. Diagrama de flujo de la extracción de aceite esencial por arrastre de vapor



Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.7.10. Determinación del rendimiento del aceite esencia de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*)

Según (Méndez et al., 2015), el cálculo del porcentaje de rendimiento del aceite esencial se relaciona entre la masa de aceite obtenido y la masa vegetal procesado.

$$\%R = \frac{mae}{mmv} \times 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde

- %R: Rendimiento del aceite (%)

- mae: Masa del aceite extraído (en gramos)
- mMV: Masa del material vegetal fresco o seco utilizado (en gramos)

2.7.11. Determinar las propiedades físico-químicas en el aceite esencial.

2.7.11.1. Densidad

Para el cálculo de la densidad de los aceites esenciales obtenidos, se utiliza un picnómetro estos resultados se expresan en unidades g/ml, según la normativa (NTE INEN 35:2012). A continuación se detalla la fórmula:

$$\rho = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

- m₀: masa en gramos del picnómetro vacío
- m₁: masa del picnómetro con agua, en gramos
- m₂: masa en gramos del picnómetro lleno de la muestra

2.7.11.2. Índice de refracción

Según la normativa (AOAC 921.08), esta prueba se utilizó un refractómetro en la cual se depositan 2 gotas de aceite esencial sobre las primas del refractómetro y se procedió con la lectura.

2.7.11.3. Índice de acidez

Es un método volumétrico para determinar la cantidad de ácidos grasos libres en aceites y grasas, que se expresan en mg de NaOH, usando el método (AOAC 940.28). Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{G * N * 56,1}{W} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

- G: Gasto de hidróxido de sodio
- N: Normalidad (0.1)
- 56,1: Miliequivalente de hidróxido de sodio *100
- W: peso de la muestra en gramos

2.7.11.4. Índice de peróxidos

Este parámetro según (AOAC 965.33) se aplica mediante titulación y se utiliza para evaluar la calidad y el estado de oxidación inicial de aceites esenciales, los resultados se expresan en las unidades de miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de muestra (meq O₂/kg). Para calcularla se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{V \times N \times 1000}{m} \quad (\text{Ecuación 9})$$

- V: volumen de la solución de tiosulfato de sodio utilizado en la titulación de la muestra, en ml
- N: la normalidad de la solución de tiosulfato de sodio
- m: es la masa de la muestra analizada, en g
- 1000: Factor de conversión para obtener el resultado en meq/kg.

2.7.12. Metodología para determinar para los compuestos volátiles del aceite esencial.

Para determinar los compuestos volátiles presentes en el aceite esencial a partir de las cáscaras de naranja, se lo realizó mediante el análisis de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS). Separando sus volátiles para poder identificar compuestos expresando en % como principalmente *el limoneno, β pineno, α-felandreno, linalol, decanal, citral, butilcitrato*, revelando su perfil único para el control de calidad.

2.7.13. Metodología para determinar la capacidad antioxidante del aceite de esencial de la cáscara de la naranja

2.7.13.1. Ensayo FRAP (Poder Antioxidante Reductor Férrico)

El ensayo FRAP determina la capacidad reductora de una muestra mediante la conversión del ion férrico (Fe³⁺) a ion ferroso (Fe²⁺) en un medio ácido. El ion ferroso generado forma un complejo coloreado con el reactivo TPTZ (2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina), cuya intensidad es proporcional al poder reductor del sistema. La absorbancia del complejo se cuantifica por espectrofotometría a 593 nm. Procedimiento:

- Se pesará 1 g del aceite de semilla y se diluye en metanol hasta alcanzar el rango adecuado según la curva de calibración.

- Se mezclará 0,3 mL de muestra o estándar con el reactivo FRAP.
- La mezcla se incubará a 37 °C durante 15 minutos.
- Se mide la absorbancia a 593 nm usando un espectrofotómetro.
- Los resultados se expresarán en $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ de muestra, utilizando la curva de calibración con sal de Mohr.

2.7.13.2. Ensayo ABTS (Captación de radicales libres ABTS⁺)

Este método se basa en la capacidad del antioxidante para reducir el radical catiónico ABTS⁺, generado previamente, lo que produce una decoloración proporcional a la actividad antioxidante, medida a 734 nm. Procedimiento:

- Se mezclará 5 mL de solución de ABTS con 88 μL de solución de persulfato de potasio.
- La mezcla se incuba en oscuridad durante 12-16 horas hasta desarrollar el radical.
- La solución de ABTS se diluyera en etanol hasta obtener una absorbancia de $0,70 \pm 0,05$ a 734 nm.
- Se mezclará 30 μL de la muestra o estándar con 3 mL de la solución radical.
- Se dejará reaccionar durante 6 minutos a temperatura ambiente.
- Se medirá la absorbancia a 734 nm.
- Los resultados se expresarán como CI_{50} (mg/mL), que representa la concentración necesaria para reducir el 50% del radical ABTS.

2.8. Hipótesis o preguntas científicas

2.8.1. Hipótesis nula

H_0 : El estado físico de la cáscara y la relación cáscara/solvente empleadas en el proceso de destilación por arrastre de vapor no producen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento del aceite esencial obtenido de (*Citrus sinensis*).

2.8.2. Hipótesis alterna

H_i : El estado físico de la cáscara y la relación cáscara/solvente empleadas en el proceso de destilación por arrastre de vapor si producen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento del aceite esencial obtenido de (*Citrus sinensis*).

2.8.3. Validación de la hipótesis

El diseño experimental aplicado en la presente investigación correspondió a un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial A×B (2×3) y dos repeticiones. El análisis estadístico del rendimiento del aceite esencial permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alterna (H_1), evidenciando que tanto el estado físico de la cáscara como la relación cáscara/solvente ejercen una influencia significativa en la recuperación del aceite esencial de (*Citrus sinensis*), considerando las muestras procedentes de los distintos sitios evaluados.

2.9. Diseño experimental

Para la investigación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial AxB (2x3) con dos repeticiones. Este diseño incluye dos factores experimentales:

Tabla 8. Factores de estudio

Factor	Descripción	Nivel
Factor A	Estado de la materia prima	a1: Fresca a2: Seca
Factor B	Medio de extracción	b1: Agua b2: Etanol b3: Macerado 15 días (agua + etanol)

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.9.1. Esquema del análisis de varianza

El análisis estadístico se efectuó mediante análisis de varianza (ADEVA) correspondiente al diseño factorial A×B, con el fin de determinar el efecto individual de los factores y su interacción sobre la variable de respuesta:

Tabla 9. Esquema ADEVA planteado

Fuente de variación	Grados de libertad	Fórmula
Total	11	$a \times b \times r - 1$
Repetición	1	$r - 1$
Factor A	1	$(a - 1)$
Factor B	2	$(b - 1)$
A*B	2	$(a - 1)(b - 1)$
Error experimental	5	Glt- $(Glr+Gla+Glb+Gla*b)$

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L,2025)

2.9.2. Tratamientos

En la siguiente tabla de detallan las combinaciones de los factores de estudio con un total de seis tratamientos (2x3) con 2 réplicas, dándonos un total de 12 unidades experimentales.

Tabla 10. Tratamientos de estudios

N.º	Tratamientos	Descripción	Repeticiones
t ₁	a ₁ b ₁	Estado de la materia prima fresca por extracción con agua	I
t ₂	a ₁ b ₂	Estado de la materia prima fresca por extracción con etanol	
t ₃	a ₁ b ₃	Estado de la materia prima fresca por extracción con macerado 15 días (agua + etanol)	
t ₄	a ₂ b ₁	Estado de la materia prima seca por extracción con agua	
t ₅	a ₂ b ₂	Estado de la materia prima seca por extracción con etanol	
t ₆	a ₂ b ₃	Estado de la materia prima seca por extracción con macerado 15 días (agua + etanol)	
t ₁	a ₁ b ₁	Estado de la materia prima fresca por extracción con agua	II
t ₂	a ₁ b ₂	Estado de la materia prima fresca por extracción con etanol	
t ₃	a ₁ b ₃	Estado de la materia prima fresca por extracción con macerado 15 días (agua + etanol)	
t ₄	a ₂ b ₁	Estado de la materia prima seca por extracción con agua	
t ₅	a ₂ b ₂	Estado de la materia prima seca por extracción con etanol	
t ₆	a ₂ b ₃	Estado de la materia prima seca por extracción con macerado 15 días (agua + etanol)	

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.9.3. Variables e indicadores.

Tabla 11. Tipos de variables

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Mediciones	
Obtención del aceite esencial de la cáscara de la naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	Factor A:			
		Estado de la materia prima.		
			Rendimiento	%
		a1: Fresca		
		a2: Seca		
		Factor B:		
		Medio de extracción		
		b1: Agua		
		b2: Etanol		
		b3: Macerado		
Análisis del mejor tratamiento				
		pH	-	
		Densidad	g/cc	
		Índice de refracción		
		Acidez	mgNaOH/g	
		Índice de peróxidos	meq O ₂ /kg	
		Color	-	
		Índice de peróxidos		
		Compuestos Volátiles	%	
		Cromatografía de gases (GC-FID).		
		FRAP		
		ABTS	μmol Fe ²⁺ /g	
			mg/mL	

Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

2.10. Análisis y discusión de resultados

2.10.1. Aprovechamiento de la cáscara de naranja

Las cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) utilizadas en la presente investigación fueron recolectadas en cinco puestos de ventas ambulantes dedicados a la comercialización de jugos naturales, ubicados en distintos sectores de la ciudad de Latacunga, la recolección del residuo se realizó un día antes del proceso de extracción, con el propósito que la cascara se encuentre en óptimas condiciones para obtener un aceite esencial de calidad, que comúnmente son desechados sin ningún tipo de aprovechamiento, fueron considerados como materia prima para su transformación en un producto con valor agregado.

2.10.1.2. Cantidad recolectada

Los residuos recolectados correspondieron a cáscaras con presencia de pulpa posteriormente se realizó la separación manual de la pulpa, determinándose que solo el 49 % del peso inicial correspondía a cáscara utilizable y el 51 % restante fue descartado como pulpa.

Tabla 12. *Cantidad de cáscara por emprendimiento*

Puesto	Ubicación	Cantidad (kg)
1	Av. Benjamín Terán y C. Antonia Vela	7
2	Av. Amazonas y Av. Javier Espinosa	11
3	Av. 5 de Junio y Av. Cotopaxi	12
4	Av. Amazonas y C. Félix Valencia	5
5	Calle Padre Salcedo y C. Quito	8
Total		43

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

En función de este porcentaje, de los 43 kg iniciales, se obtuvo aproximadamente 21,07 kg de cáscara limpia, los cuales fueron destinados al proceso de extracción del aceite esencial. Este resultado evidencia que una fracción significativa del residuo generado en los puestos de venta puede ser aprovechada como materia prima que facilita la reducción de desechos y el emprendimiento local.

Los resultados confirman que la cáscara es un desecho agroindustrial que puede ser aprovechado y transformada de forma exitosa en aceite esencial, generando un producto con valor agregado. Asimismo, se evidencia que el uso de cáscara fresca y agua como medio de extracción constituye la condición más favorable para maximizar el rendimiento, fortaleciendo el enfoque de aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales.

2.10.2. Análisis fisicoquímicos en la materia prima

Tabla 13. *Resultados físico-químicos de la cáscara de la naranja.*

PARÁMETROS	RESULTADO
Humedad %	77,79
Proteína %	1,06
Cenizas %	1,15
Grasa total %	0,00
Fibra %	19,91
Carbohidratos totales %	20,00
Energía total	84,24

Fuente: (ANDESLAB, 2026)

En la siguiente tabla 13 se muestran los resultados proporcionados por el laboratorio ANDELAB, referente al contenido de humedad es de 77,79% lo que posee un alto contenido de agua, lo cual es característico de este residuo o subproducto, lo cual representa un reto para su conservación debido al deterioro. Según (Cerón & Cardona, 2011) menciona el contenido de humedad es 85,9 %, dependiendo de la variedad y madurez del fruto.

El contenido de proteína en la cascara de la naranja es bajo con el 1.06% que demuestra no contiene significativamente proteínas a comparación de otras investigaciones que mencionan el 7,78 % de proteína reportado por (Martínez et al., 2017), lo que indica nuestro valor esta debajo del rango, lo que puede deberse al tipo de muestra, como la variedad o frescura que usan en los emprendimientos.

El porcentaje de ceniza representa el 1,15% indica una cantidad moderada de minerales inorgánicos en la cáscara. En la investigación de (Cerón & Cardona, 2011), se observa el contenido de cenizas $3,29 \pm 0,19$, indicando que nuestro resultado es bajo, lo cual podría deberse que la muestra proviene con alto contenido de agua o diferencia de variedad.

El contenido de grasa total es prácticamente nulo 0,00 %. Según (M'Hiri et al., 2015) indica el 0,80 % de grasa en la cáscara de naranja "Maltese". Esto señala que las cáscaras cítricas son bajas en grasas, pero se destacan en tener alto contenido en fibra.

La fibra es 19,91 % destaca como uno de los componentes más abundantes de la cáscara, pero en la investigación de (Callupe, 2022b) contiene un valor inferior de 11,06 %, lo que nuestro resultado es relevante desde el punto funcional y nutricional en productos que buscan aportar fibra en alimentos.

El contenido de carbohidratos totales es 20%, a comparación de (Callupe, 2022b) presenta un resultado de 61,62 %, estos valores altos se encuentran en base seca. El valor de la energía total es 84,24 Kcal/100g está dentro del rango, pero esto puede reflejar diferencias por el contenido de agua, fibra y carbohidratos presentes en la muestra analizada.

2.10.3. Cálculo para determinar el rendimiento del aceite de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*).

En el *Anexo 4*, se muestra la matriz experimental del rendimiento de la extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), realizada mediante la ecuación 1.

$$\%R = \frac{171g}{9000g} \times 100$$

$$\%R = 1,9 \%$$

Los rendimientos obtenidos en las corridas experimentales de extracción del aceite esencial oscilaron entre 0,65 % y 2,00 %, valores relativamente bajos que se atribuyen a que los compuestos volátiles se localizan en pequeñas glándulas oleosas distribuidas en el flavedo de la cáscara.

Se reportan rendimientos aproximados de 0,19 %, lo cual coincide con valores característicos obtenidos mediante técnicas convencionales como la hidrodestilación o destilación por arrastre de vapor, donde la eficiencia depende del tiempo de extracción y la transferencia de masa durante el proceso (Köse & Bayraktar, 2020).

Sin embargo, otros estudios evidencian que el rendimiento puede incrementarse significativamente cuando se optimizan las condiciones de operación, alcanzando valores superiores al 1% e incluso cercanos a 3%, lo que se atribuye a mejoras en parámetros como temperatura, tamaño de partícula y tiempo de destilación, los cuales favorecen la liberación de los aceites esenciales retenidos en la matriz vegetal (Ferhat et al., 2018).

2.10.4. Análisis de varianza en el rendimiento del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*).

Los resultados del análisis de varianza estadística se muestran en la Tabla 14, para el rendimiento como variable respuesta.

Tabla 14. Análisis de varianza (ADEVA) para el parámetro del rendimiento

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F. calculado	p-valor	
Repetición	0,0352	1	0,0352	20,6098	0,0062	**
E.C.	0,2852	1	0,2852	166,9512	<0,0001	**
R.C/S	2,3129	2	1,1565	676,9512	<0,0001	**
E.C.*R.C/S	0,0704	2	0,0352	20,6098	0,0038	**
Error	0,0085	5	0,0017			
Total	2,7123	11				
C.V.	3,3856					

E.C.: Estado de la cáscara (**Factor A**); **R.C/S:** Relación cáscara/solvente (**Factor B**); **E.C.*R.C/S:** Estado de la cáscara * Relación cáscara/solvente (**Factor A * Factor B**); **ns:** No significativo; ****:** Altamente significativo; *****: Significativo; **C.V.** Coeficiente de variación.

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

El análisis de varianza presentado en la Tabla 14, demostró que el modelo estadístico fue altamente significativo ($p = 0,0062$), lo que confirma la validez del diseño experimental y la existencia de diferencias sistemáticas entre las repeticiones. Estas variaciones pueden atribuirse a factores operativos inherentes al proceso de destilación, tales como el tiempo efectivo de calentamiento, la

estabilidad térmica del sistema y posibles fluctuaciones durante la transferencia de calor, aspectos que son comunes en procesos de arrastre de vapor.

El estado de la cáscara (E.C.) demuestra la variación ($p < 0,0001$), lo que valida que la condición de la materia prima es determinante para la productividad del aceite esencial, este comportamiento puede explicarse por los cambios fisicoquímicos que ocurren durante el secado, como la reducción del contenido de humedad, la ruptura de glándulas oleíferas y la concentración de compuestos volátiles, factores que favorecen una mayor eficiencia en la extracción respecto a la cáscara fresca.

De igual forma, la relación cáscara/solvente (R.C/S) muestra un efecto ($p < 0,0001$) que confirma que el medio de extracción desempeña un papel clave en la recuperación del aceite esencial. Este resultado sugiere que la disponibilidad y el contacto efectivo entre la materia vegetal y el medio influyen directamente en la liberación de compuestos aromáticos que afectan el resultado final del proceso.

La interacción E.C. \times R.C/S resulta significativa ($p = 0,0038$), lo cual valida que la extracción no es independiente del estado de la cáscara. En este sentido, el comportamiento del rendimiento varía según la combinación de ambos factores, por lo que la selección del medio debe realizarse considerando previamente si la cáscara se encuentra en estado fresco o seco. Esta interacción confirma que la optimización del proceso requiere un enfoque integral y no la evaluación aislada de los factores.

Los resultados obtenidos concuerdan con el reporte de Yuniati et al. (2024) que aplican el mismo método de extracción, señalaron que el estado de la cáscara (fresca frente a seca) influye directamente en el rendimiento como en la calidad del aceite esencial obtenido. Asimismo, Guajala et al. (2025) reportaron que el rendimiento del aceite esencial varía significativamente en función de la variedad de la fruta y la temperatura del proceso, identificando como mejor tratamiento la destilación por arrastre de vapor de naranja criolla a 90 °C.

En conjunto, estos estudios respaldan los resultados del presente trabajo, validando que la destilación por arrastre de vapor es altamente sensible a las condiciones

operativas y a las características del material vegetal, el control del estado de la cáscara y de la relación cáscara/solvente resulta fundamental para maximizar el rendimiento del aceite esencial y garantizar la reproducibilidad del proceso.

El coeficiente de variación obtenido ($CV = 3,3856\%$) se considera bajo dentro de los rangos aceptados en investigaciones experimentales, lo que evidencia una adecuada precisión y una baja dispersión relativa de los datos obtenidos durante el proceso de obtención del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), reflejando estabilidad en las condiciones operacionales del procedimiento aplicado.

2.10.5. Pruebas de Tukey del rendimiento ($\alpha = 0.05$)

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0,05$) se aplicó para discriminar diferencias significativas entre las medias del rendimiento del aceite esencial obtenido de la cáscara de (*Citrus sinensis*), considerando el estado de la materia prima, la relación cáscara/solvente y su interacción. Los resultados evidenciaron la formación de grupos homogéneos, lo que confirma que no todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar en términos de rendimiento.

Tabla 15. Prueba de Tukey en las repeticiones

Replica	Medias	n	E.E.	
2	1,2750	6	0,0169	A
1	1,1667	6	0,0169	B

n: Tamaño de la muestra; E.E: Error Experimental

Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L,2025)

Como se observa en la tabla 15, se presentan las réplicas de la extracción aceite esencial en donde se muestran diferencias significativas entre las repeticiones evaluadas, lo cual refleja la conformación de dos grupos estadísticamente distintos A y B. En la repetición 2 registra el mayor valor promedio de rendimiento (1,2750), mientras que la repetición 1 presenta un rendimiento inferior a (1,1667), indicando una variabilidad atribuible a las condiciones experimentales.

Los resultados obtenidos concuerdan con varios autores validando que los procesos de extracción de aceites esenciales de origen cítrico, las extracciones posteriores suelen presentar mayores rendimientos. Este comportamiento se atribuye a la mejora progresiva de las condiciones operativas del sistema, tales como la estabilidad térmica y la eficiencia del arrastre de vapor (Bustamante et al., 2016; Martínez et al., 2019).

De manera complementaria, Cerón y Cardona (2011) indican que el grado de preparación de la materia prima, así como la uniformidad del proceso térmico, constituyen factores determinantes en el rendimiento final del aceite esencial obtenido a partir de cáscaras de naranja. Estos factores influyen directamente en la liberación de los compuestos volátiles y en la eficiencia global del proceso de destilación.

En conjunto, los resultados del presente estudio confirman que la productividad del aceite esencial de la naranja está condicionada por la combinación del estado de la materia prima, el medio de extracción y la interacción entre ambos factores, así como por la repetibilidad del proceso. La segunda extracción evidenció una mayor eficiencia, lo que indica que controlar y optimizar las variables operativas con la finalidad de maximizar la recuperación del aceite esencial y mejorar la reproducibilidad del proceso.

Tabla 16. Prueba Tukey para determinar el efecto de rendimiento en el factor estado de la materia prima.

Error:0,0017		gl: 5	DMS: 0,06134	
E.C.	Medias	n	E.E.	
a ₁	1,3750	6	0,0169	A
a ₂	1,0667	6	0,0169	B

E.C.: Estado de la cáscara (**Factor A**); **n:** Tamaño de la muestra; **E.E:** Error Experimental; **a₁:** fresca; **a₂:** Seca

Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

En la Tabla 16 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey para el factor estado de la cáscara (A) sobre el rendimiento del aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*).

Los resultados evidencian que la cáscara fresca (a_1) alcanzó una media de rendimiento de 1,3750, mientras que la cáscara seca (a_2) presentó una media inferior de 1,0667. De acuerdo con la prueba de Tukey, ambos tratamientos se ubicaron en grupos estadísticamente diferentes (A y B), lo que indica la existencia de variaciones entre los estados evaluados.

Los resultados evidencian que el uso de cáscara en estado fresco genera un rendimiento superior de aceite esencial respecto a la cascara seca que muestran una influencia directa del estado físico de la materia prima sobre la variable de respuesta puede atribuirse a que las cáscaras frescas conservan en mayor proporción sus compuestos volátiles y glándulas oleosas intactas, facilitando la liberación del aceite durante el proceso de arrastre de vapor. En contraste, en la cáscara seca pueden producirse pérdidas o degradación de compuestos aromáticos, así como cambios estructurales en la matriz vegetal ocasionados por el pretratamiento de secado, lo que reduce la eficiencia de extracción (Pacheco et al., 2024).

Con base en los resultados obtenidos se determina que el estado físico de la materia prima influye de forma significativa sobre el rendimiento del aceite esencial registrándose mayores valores cuando se emplea cáscara fresca. Esta tendencia se encuentra respaldada por el análisis de varianza y mantiene coherencia con antecedentes técnicos vinculados a la extracción de compuestos volátiles en matrices cítricas.

Tabla 17. Prueba Tukey para determinar el efecto de rendimiento en el factor medio de extracción

Error:0,3500 gl: 5 DMS: 0,09510				
R.C/S	Medias	n	E.E.	
b ₁	1,8000	4	0,0207	A
b ₂	1,1250	4	0,0207	B
b ₃	0,7375	4	0,0207	C

R.C/S: Relación cáscara/solvente (**Factor B**); **n:** Tamaño de la muestra. **E.E:** Error Experimental. **b₁:** agua. **b₂:** etanol. **b₃:** macerado.

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L,2025)

En la Tabla 17 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey aplicada al factor relación cáscara/solvente (B) sobre el rendimiento del aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*).

Los resultados muestran que el medio de extracción con agua (b_1) alcanzó la mayor media de rendimiento (1,8000), ubicándose en el grupo estadístico A, lo que evidencia un efecto superior en comparación con los demás medios evaluados. En contraste, los tratamientos realizados con etanol (b_2) y macerado (b_3) presentaron medias de 1,1125 y 0,7375, respectivamente, ubicándose en grupos estadísticos diferentes (B y C).

Los resultados evidencian que el empleo de agua como medio de extracción genera mayores valores de rendimiento del aceite esencial a comparación con el uso de etanol y el tratamiento por maceración que reflejando una variación significativa en la variable de respuesta según el solvente aplicado. Este comportamiento puede atribuirse a la mayor eficiencia del arrastre de vapor, el cual facilita la liberación y transporte de los compuestos volátiles sin generar pérdidas significativas por solubilización o degradación. En este sentido, Gonzabay et al. (2025) concluyeron que el arrastre de vapor constituye el método más eficiente y económicamente viable para la extracción de aceites esenciales, en comparación con aquellos procesos que emplean solventes orgánicos.

En consecuencia, el medio de extracción influye de manera significativa en el rendimiento del aceite esencial, siendo el agua el medio más eficiente bajo las condiciones evaluadas. Este resultado respalda lo observado en el análisis de varianza y concuerda con estudios previos sobre la extracción de aceites esenciales de cítricos mediante destilación por arrastre de vapor.

Tabla 18. Prueba Tukey para determinar el efecto del rendimiento en la interacción de los factores

Error:		0,3500	gl: 5	DMS:	0,17632	
E.C	R.C/S	Medias	N	E.E.		
a ₁	b ₁	1,9500	2	0,0292	A	
a ₂	b ₁	1,6500	2	0,0292	B	
a ₁	b ₂	1,3750	2	0,0292		C
a ₂	b ₂	0,8750	2	0,0292		D
a ₁	b ₃	0,8000	2	0,0292		D E
a ₂	b ₃	0,6750	2	0,0292		E

E.C.: Estado de la cáscara (**Factor A**); **R.C/S:** Relación cáscara/solvente (**Factor B**) **n:**

Tamaño de la muestra. **E.E:** Error Experimental

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

En la Tabla 18 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey correspondiente a la interacción entre el estado de la cáscara (A) y la relación cáscara/solvente (B) sobre el rendimiento del aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*).

Los resultados evidencian que el tratamiento cáscara fresca-agua (a₁b₁) alcanzó la mayor media de rendimiento (1,9500), ubicándose en el grupo estadístico A, lo que indica que esta combinación presenta el mejor desempeño en términos de extracción del aceite esencial. En contraste, el tratamiento cáscara fresca-etanol (a₁b₂) registró una media de 1,3750, ubicándose en un nivel intermedio (grupo C).

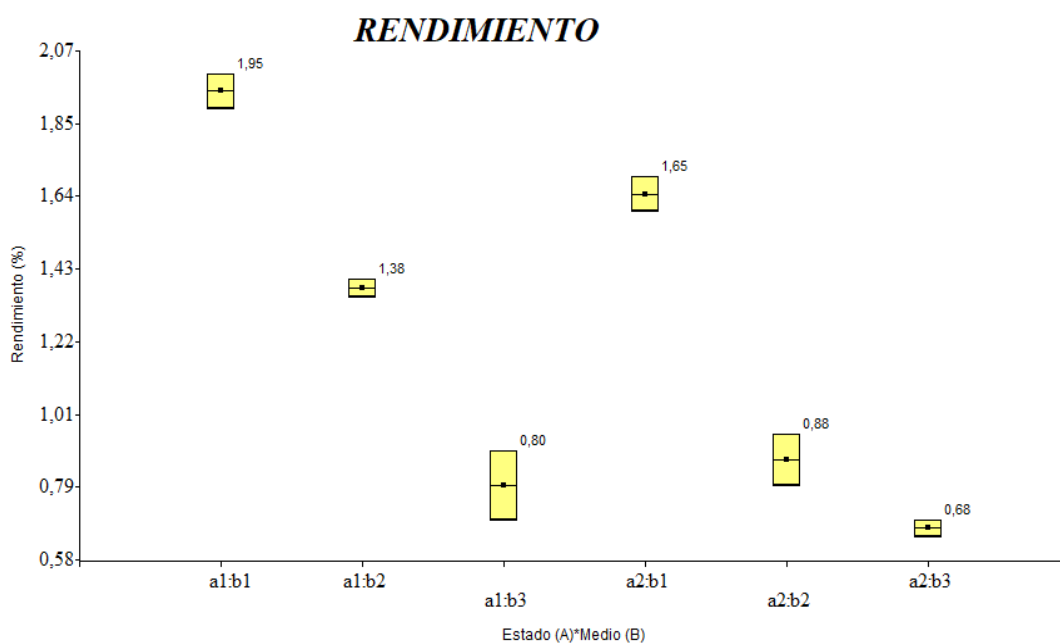
Por otro lado, los tratamientos que involucraron cáscara seca presentaron los menores rendimientos. En particular, el tratamiento cáscara seca-etanol (a₂b₂) mostró una media de 0,8750, ubicándose en el grupo D, mientras que el tratamiento cáscara fresca-macerado (a₁b₃) presentó las medias más bajas, con valores de 0,8000 y 0,6750, agrupándose en los grupos (D,E y E), respectivamente. Este comportamiento evidencia un desempeño significativamente inferior de estas combinaciones.

Los resultados indican que el tratamiento por maceración no constituye una condición favorable para maximizar el rendimiento del aceite esencial bajo las condiciones evaluadas, especialmente cuando se combina con cáscara seca. La disminución progresiva del rendimiento observada en estas combinaciones sugiere

una limitada eficiencia en la liberación y arrastre de los compuestos aromáticos, probablemente asociada a cambios estructurales en la matriz vegetal y a pérdidas de compuestos volátiles durante el pretratamiento.

En este sentido, la estructura de grupos estadísticos obtenida mediante la prueba de Tukey confirma que la máxima eficiencia de extracción se alcanza cuando se combinan cáscaras frescas con un medio acuoso, mientras que la condición más desfavorable corresponde a la combinación de cáscara seca sometida a macerado. La presencia de una interacción altamente significativa entre los factores evaluados implica que no es metodológicamente adecuado analizar el efecto del medio de extracción de manera independiente, ya que la productividad depende de la sinergia entre el estado físico de la cáscara y el medio empleado.

Gráfico 1. Rendimiento



Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

En la Figura 1 se presenta el comportamiento del rendimiento (%) del aceite esencial en función de la interacción entre el estado de la materia prima (A) y el medio de extracción (B).

El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento a₁b₁, con un valor promedio de 1,95 %, lo que evidencia que la combinación de cáscara fresca con agua como medio de extracción favorece significativamente la obtención del aceite esencial. Este comportamiento puede atribuirse a una mayor eficiencia en la liberación y arrastre de los compuestos volátiles bajo dichas condiciones, lo cual concuerda con los resultados reportados en la tabla de rendimientos y con el análisis estadístico realizado.

En contraste, el tratamiento a₂b₃ presentó el menor rendimiento, con un valor aproximado de 0,68 %, lo que sugiere que la combinación de cáscara seca con macerado no resulta eficiente para la extracción del aceite esencial. Este bajo rendimiento puede estar asociado a pérdidas de compuestos aromáticos y a limitaciones en la transferencia de masa, derivadas tanto del estado físico de la materia prima como del método de extracción aplicado.

2.10.6. Caracterización del aceite esencial del mejor tratamiento mediante análisis físicos químicos

Tabla 19. Análisis fisicoquímicos al mejor tratamiento

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO
pH	unidades DE pH	5,0
Densidad	g/cc	0,867
Índice de refracción	-----	1,470
Acidez	mgNaOH/g	2,21
Índice de peróxidos	meq O ₂ /kg	104,10
Color	HAZEN	19

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

La tabla 19 presenta los resultados fisicoquímicos realizados al aceite esencial que presentó el mayor rendimiento. En relación con el pH, se obtuvo un valor de 5,0, el cual indica una acidez leve que no compromete la calidad general del aceite esencial. Cabe destacar que los aceites esenciales, al estar constituidos principalmente por lípidos y compuestos orgánicos volátiles, no presentan un carácter ácido pronunciado. Estudios previos reportan valores de pH para aceites

esenciales de naranja en un rango aproximado de 2,82 a 6,4, dependiendo del método de extracción y de la variedad utilizada (Guajala et al., 2025), lo que evidencia que el valor obtenido en el presente estudio se encuentra dentro de los rangos reportados.

En cuanto a la densidad, se registró un valor de 0,86 g/mL, valor de rango típico reportado para aceites esenciales de naranja, caracterizados por presentar densidades inferiores a la del agua (0,84–0,87 g/cm³). Investigaciones previas han reportado valores cercanos a 0,84 g/cm³, lo que demuestra la concordancia de los resultados obtenidos en este estudio. Esta propiedad se atribuye a la alta proporción de monoterpenos presentes en la composición del aceite esencial, principalmente hidrocarburos terpénicos (Yáñez et al., 2007).

Respecto al índice de refracción, se obtuvo un valor de 1,470, el cual es característico de los aceites esenciales de cítricos y refleja la presencia de compuestos volátiles de naturaleza terpénica. En cuanto a la acidez, el valor determinado fue de 2,21 mg NaOH/g, indicando un nivel moderado que no sugiere degradación significativa del aceite.

Por otro lado, el índice de peróxidos presentó un valor de 104,10 meq O₂/kg, el cual es considerablemente elevado en comparación con los valores de referencia utilizados para aceites comestibles y aceites esenciales con buena estabilidad oxidativa. Este resultado podría estar asociado a factores como la exposición al oxígeno, la incidencia de luz y temperaturas elevadas durante el almacenamiento, condiciones que favorecen los procesos de oxidación de los compuestos lipídicos.

Finalmente, el análisis del color evidenció una tonalidad clara–amarillenta, característica típica de los aceites esenciales de naranja y la presencia predominante de compuestos terpénicos responsables de esta coloración.

2.10.7. Composición de compuestos volátiles del aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) mediante cromatografía (GC-MS)

La caracterización química del aceite esencial extraído de la cáscara de (*Citrus sinensis*) se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de

masas (GC-MS) donde los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 20, evidenciaron la detección de 31 compuestos volátiles, cuya suma corresponde al 100 % de la fracción identificada en la muestra analizada.

Tabla 20. *Compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de la cáscara de naranja*

N°	Nombre químico	Unidad	%	RT (min)
1	α -Pinene	%p/v	2,571	8,515
2	β -Phellandrene	%p/v	2,073	9,415
3	β -Pinene	%p/v	12,377	9,754
4	α -Phellandrene	%p/v	0,200	10,244
5	α -Phellandrene	%p/v	47,933	11,044
6	β -Myrcene	%p/v	0,401	11,287
7	1-Octanol	%p/v	3,921	11,768
8	Linalool	%p/v	9,920	12,63
9	trans-p-Mentha-2,8-dienol	%p/v	0,226	13,297
10	cis-Limonene oxide	%p/v	0,745	13,658
11	trans-Limonene oxide	%p/v	0,570	13,773
12	3,7-Dimethyl-6-octenal	%p/v	0,597	13,973
13	Terpinen-4-ol	%p/v	0,209	14,977
14	α -Terpineol	%p/v	0,921	15,278
15	Decanal	%p/v	4,618	15,463
16	Neral	%p/v	1,121	16,392
17	Carvone	%p/v	0,505	16,497
18	Geranial	%p/v	1,665	17,154
19	Perillaldehyde	%p/v	0,817	17,368
20	Isobutyric acid octyl ester	%p/v	0,423	20,454
21	α -Cubebene	%p/v	0,184	20,754
22	Tridecanal	%p/v	0,853	20,93
23	β -Caryophyllene	%p/v	0,400	21,882
24	Epi-bicyclosesquiphellandrene	%p/v	0,198	22,097
25	α -Copaene	%p/v	1,949	23,635
26	β -Copaene	%p/v	0,349	24,206
27	2-Ethylbutyric acid octyl ester	%p/v	0,252	25,178
28	Butyl citrate	%p/v	0,243	33,102
29	Butyl citrate	%p/v	2,028	33,592
30	Tributyl acetylcitrate	%p/v	0,210	33,906
31	Butyl citrate	%p/v	1,521	34,406

Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

En la Tabla 20 se detallan los compuestos químicos identificados en el aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*). Los resultados evidencian que los componentes mayoritarios corresponden al α -felandreno (47,93 %), seguido del β -pineno (12,38 %) y el linalol (9,92 %). Estos compuestos pertenecen principalmente al grupo de los monoterpenos hidrocarbonados y alcoholes terpénicos, los cuales son característicos de los aceites esenciales de origen cítrico y están directamente asociados con su aroma fresco y penetrante (Fisher & Phillips, 2008).

En proporciones intermedias se identificaron compuestos como decanal (4,62 %), alcohol octílico (3,92 %), α -pineno (2,57 %), β -felandreno (2,07 %), α -copaeno (1,95 %), geranial (1,67 %) y neral (1,12 %), mientras que el resto de los compuestos se encontraron en concentraciones inferiores al 1 %. En conjunto, estos metabolitos contribuyen de manera sinérgica al perfil aromático del aceite esencial, reforzando su potencial aplicación como aromatizante y saborizante natural en la industria alimentaria (Dugo & Mondello, 2010).

La comparación con antecedentes técnicos indica que el limoneno se reporta de manera recurrente como el componente predominante en el aceite esencial de cáscara de naranja sin embargo las variaciones en la composición química obtenidas están asociadas a factores agronómicos como procedencia geográfica, condiciones edafoclimáticas, estado físico de la materia prima, variables del proceso de extracción y condiciones de conservación. Estos parámetros inciden en la síntesis y estabilidad de los metabolitos secundarios, generando diferencias cuantitativas en el perfil químico aun dentro de una misma especie vegetal.

El α -felandreno, identificado como el compuesto mayoritario en el presente estudio, es un monoterpeno hidrocarbonado ampliamente asociado a propiedades aromáticas intensas. Por su parte, el β -pineno y el linalol contribuyen con notas cítricas, resinosas y florales, enriqueciendo el perfil sensorial del aceite esencial.

Estos compuestos resultan de alto interés para las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica, debido a sus destacadas propiedades organolépticas y funcionales, lo que amplía el potencial de aplicación del aceite esencial de cáscara de naranja (Tisserand & Young, 2014).

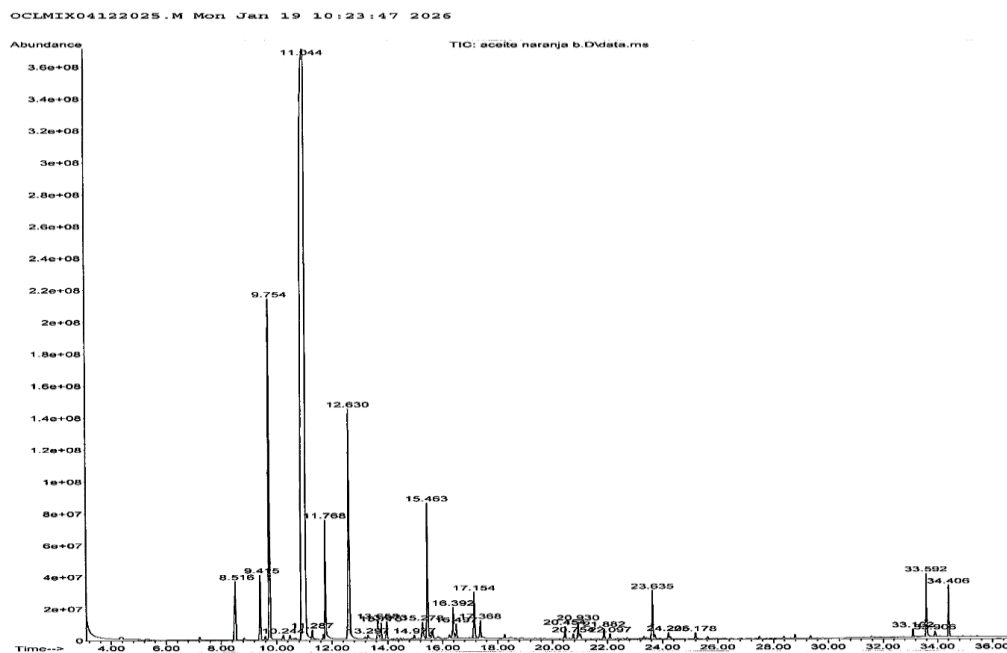
En la industria alimentaria, los monoterpenos como α -pineno, β -pineno y α -felandreno son ampliamente utilizados como agentes saborizantes y aromatizantes naturales en bebidas, productos de confitería y panificación, debido a sus notas cítricas y frescas características ((Burt, 2004). Asimismo, compuestos como el linalol, geranial y neral aportan aromas florales y cítricos intensos, siendo empleados en la formulación de esenciales naturales. Además, diversos estudios han demostrado que estos compuestos presentan actividad antimicrobiana frente a bacterias patógenas y deteriorantes de alimentos, lo que les confiere potencial como conservante natural. Hyldgaard et al., 2012).

En la industria farmacéutica, el linalol, geranial y neral han mostrado propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas, lo que favorece su uso en formulaciones fitoterapéuticas y preparados tópicos (Bakkali et al., 2008). Por su parte, los pinenos han sido estudiados por sus efectos broncodilatadores y antiinflamatorios, mostrando potencial en aplicaciones respiratorias y productos de origen natural (Salehi et al., 2019). Estas propiedades biológicas están asociadas a la capacidad de los monoterpenos de interactuar con membranas celulares y modular procesos oxidativos.

En la industria cosmética, compuestos como linalol, geranial y neral son ampliamente utilizados en la formulación de perfumes, cremas, lociones y productos de higiene personal debido a su fragancia agradable y estabilidad aromática (Tongnuanchan & Benjakul, 2014). Además, la actividad antioxidante de estos compuestos contribuye a mejorar la estabilidad de las formulaciones cosméticas y a proteger la piel frente al estrés oxidativo (Bakkali et al., 2008).

El perfil químico determinado en la presente investigación indica que el aceite esencial obtenido de la cáscara de naranja procedente de emprendimientos dentro de la provincia de Cotopaxi, presentan fiabilidad con su utilización en matrices alimentarias, formulaciones farmacéuticas y productos cosméticos, estos resultados respaldan el aprovechamiento como subproducto agroindustrial.

Gráfico 2. Cronograma por GC-MS del aceite esencial de cáscara de naranja



Fuente: (Calaguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

En el Gráfico 2 se presenta el cromatograma obtenido por GC-MS del aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), en el cual se evidencia la relación entre el tiempo de retención (min) y la abundancia relativa de los compuestos químicos identificados. Cada pico del cromatograma corresponde a un compuesto específico, observándose que los picos de mayor intensidad están asociados principalmente al α -felandreno, β -pineno y linalol, lo que confirma su predominancia en la composición del aceite esencial (Adams, 2017).

Asimismo, se observa que los mayores tiempos de retención corresponden a compuestos de mayor peso molecular y menor volatilidad, como ciertos ésteres y sesquiterpenos, mientras que los menores tiempos de retención se asocian con monoterpenos altamente volátiles, como el α -pineno. Este comportamiento evidencia la variabilidad en la volatilidad y polaridad de los compuestos presentes en el aceite esencial (Dugo & Mondello, 2010).

Una vez realizado el análisis por cromatografía de gases, los resultados expresados en porcentaje relativo y tiempo de retención permiten caracterizar de manera integral la formulación química del aceite de la naranja. Dichos resultados

evidencian la presencia de una mezcla compleja de compuestos volátiles, los cuales determinan tanto la calidad como el potencial de aplicación industrial del aceite esencial, especialmente en los sectores alimentario, cosmético y farmacéutico (Bakkali et al., 2008).

2.10.8. Evaluación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de cáscara de naranja mediante métodos espectrofotométricos FRAP y ABTS

Tabla 21. Capacidad antioxidante mediante FRAP y ABTS

Muestra	ABTS	FRAP	
	CI ₅₀ (mg/mL)	Concentración (mg/mL)	μmol Fe ²⁺ /g
Aceite esencial	0,64 (0,03)	4	42,3 (3,7)
		2	30,2 (2,6)
		1	25,1 (2,4)
Trolox	0,03 (0,01)	0,5	812,1 (7,7)

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

En la Tabla 21 se presentan los resultados de la capacidad antioxidante del aceite esencial (*Citrus sinensis*), evaluada mediante los métodos ABTS y FRAP.

En el ensayo ABTS, el aceite esencial presentó un valor de CI₅₀ de $0,64 \pm 0,03$ mg/mL, correspondiente a la concentración requerida para neutralizar el 50 % del radical evaluado bajo las condiciones experimentales establecidas. Al comparar este resultado con el estándar Trolox, que mostró un valor significativamente menor ($0,03 \pm 0,01$ mg/mL), se evidencia que el aceite esencial posee una menor capacidad antioxidante. No obstante, este comportamiento es esperado, ya que los aceites esenciales están constituidos principalmente por compuestos volátiles, como los monoterpenos, y no por compuestos fenólicos, los cuales presentan una mayor actividad antioxidante en este tipo de ensayos (Burt, 2004).

El ensayo FRAP demostró que la capacidad antioxidante del aceite esencial aumenta de forma directamente proporcional a la concentración evaluada. A niveles bajos, el poder reductor fue reducido; no obstante, a una concentración de 4 mg/mL se registró un valor de $42,3 \pm 3,7$ μmol Fe²⁺/g, evidenciando una mayor capacidad para reducir el ion férrico. Estos resultados confirman la existencia de una relación directa entre la concentración del aceite esencial y su actividad antioxidante,

comportamiento que ha sido descrito previamente para otros aceites esenciales de origen vegetal (Mercado, 2013).

En conjunto, los resultados obtenidos pueden considerarse bajos a moderados, lo cual se relaciona directamente con la composición química del aceite esencial, dominada por monoterpenos y compuestos oxigenados como el linalol. Diversos estudios señalan que estos compuestos contribuyen a la actividad antioxidante, aunque en menor proporción en comparación con los compuestos fenólicos (Dugo & Mondello, 2010).

Por otro lado, los resultados obtenidos mediante el ABTS del aceite esencial de la cascara respalda su uso como ingrediente funcional en alimentos, especialmente como un antioxidante natural para retrasar la oxidación y prologar la vida útil de productos alimentarios. En alimentos procesados y cárnicos, los antioxidantes naturales contribuyen a prevenir la rancidez, pérdida de nutrientes y cambios indeseables en color y sabor, lo que incrementa la calidad y seguridad de alimento. (Manzur et al., 2023).

Además en industrias cosméticas y dermofarmacéuticas, ya que los radicales libres son una de las principales causas del envejecimiento cutánea prematura y el daño oxidativo en tejido, la incorporación de aceites esenciales de naranja en formulación tópicos puede ayudar a proteger la piel contra factores ambientales y estrés oxidativo, mejorando sus propiedades estética y funcionalmente, (Jiménez et al., 2022).

Y finalmente, mediante el método FRAP los valores reflejan que poseen compuestos capaces de evitar la formación de productos oxidativos y degradativos, lo cual es útil como conservante natural. En estudios han demostrado que los aceites esenciales de cítricos pueden extender la vida útil de los alimentos al impedir la oxidación de grasa y controlar la proliferación de microorganismos que deterioran los alimentos, lo cual resulta en mejores características nutricionales y sensoriales en productos frescos o procesados. Al igual también en productos para el cuidado de la piel, por ejemplo, estos anti oxidativos ayudan a reducir el impacto negativo de exposiciones ambientales como el sol y la contaminación. (Medeleanu et al., 2023).

3. Impactos del proyecto.

3.1. Impacto técnico.

El impacto técnico del presente estudio es positivo, ya que permitió el aprovechamiento de la cáscara de naranja como materia prima para la extracción de aceite esencial, mediante el método de destilación por arrastre de vapor. El estudio consideró el estado de la materia prima (cáscara fresca y seca) y el uso de diferentes medios de extracción, lo que posibilitó la identificación de las condiciones más eficientes en términos de rendimiento.

Asimismo, se generó conocimiento técnico-práctico sobre variables clave del proceso, tales como el tiempo de destilación y la proporción masa/solvente, contribuyendo a la optimización de procesos agroindustriales a pequeña escala y proporcionando una base técnica replicable para futuras aplicaciones.

3.2. Impacto social

La investigación beneficia directamente a pequeños emprendimientos de elaboración de jugos en el cantón Latacunga, al ofrecer una alternativa técnica viable para el aprovechamiento de residuos agroindustriales. Este enfoque promueve la transferencia de conocimiento hacia los productores locales que fortalece la vinculación con la comunidad.

Además, el aprovechamiento de recursos locales favorece el desarrollo económico de la provincia, impulsando la industrialización responsable de productos derivados de recursos naturales y ancestrales, con un enfoque de sostenibilidad y valor agregado.

3.3. Impacto económico

El proyecto permite estimar el costo real de producción del aceite esencial de residuos de cáscara de naranja donde se transforma un desecho sin valor comercial en un subproducto con potencial de mercado. Esta valorización puede generar ingresos adicionales para pequeños productores y emprendedores, así como fomentar el desarrollo de productos con valor agregado, tales como cosméticos, aromatizantes y productos de limpieza de origen natural.

3.4. Impacto ambiental

Aprovechar los residuos de la naranja contribuye a la reducción de desechos agroindustriales, mitigando su impacto negativo sobre el medio ambiente. Asimismo, la aplicación de técnicas sostenibles de extracción y la valorización de subproductos promueven una cultura de economía circular en la zona, orientada al uso eficiente de los recursos y a la disminución de la contaminación ambiental.

Recursos y presupuestos

Tabla 22. Presupuestos del proyecto de investigación

Cantidad	Descripción	Unidad	V. Unitario (\$)	Valor total (\$)
Presupuesto para la elaboración del proyecto				
Equipos				
1	Balanza de plataforma electrónica	T. uso (12 días)	\$0,70	\$8,40
1	Balanza digital	T. uso (12 días)	\$1,80	\$21,60
1	Deshidratador, estufa con circulación de aire caliente	H. uso (6 días)	\$1,40	\$8,40
1	Rebanador manual de frutas	T. uso (6 días)	\$1,80	\$10,80
1	Cocina industrial a gas	T. uso (6 días)	\$1,20	\$7,20
1	Alambique	T. uso (12 días)	\$6,00	\$72,00
Subtotal equipos				\$128,40
Materiales				
12	Frascos de vidrio color ámbar (10ml)	u	\$0,80	\$9,60
1	Tubo de decantación cilíndrico	u	\$29,70	\$29,70
1	Embudo de vidrio	u	\$21,00	\$21,00
1	Soporte universal	u	\$15,00	\$15,00
2	Cuchara	u	\$0,50	\$1,00
1	Tanque de gas	u	\$3,25	\$3,25
2	Cuchillo	u	\$2,50	\$5,00
2	Vaso de precipitación	u	\$6,00	\$12,00
1	Bomba de agua	u	\$14,00	\$14,00

3	Mangueras	u	\$3,00	\$9,00
2	Baldes	u	\$3,50	\$7,00
Subtotal materiales				\$126,55
Reactivos				
4	Agua destilada	L	\$0,90	\$3,60
8	Etanol etílico	gal	\$35,00	\$280,00
1	Ácido peracético	L	\$15,00	\$15,00
2	Cloruro férrico	g	\$1,00	\$2,00
2	Sal de mohr	g	\$11,00	\$22,00
1	Trolox de grado analítico	g	\$151,00	\$151,00
1	Reactivo TPTZ	g	\$20,00	\$20,00
Subtotal				\$493,60
Material bibliográfico y fotocopias				
2	Esferos	u	\$0,40	\$0,80
4	Impresiones	u	\$10,40	\$41,60
4	Anillado	u	\$1,50	\$6,00
1	Computadora (uso proporcional)	u	\$158,00	\$158,00
Subtotal material bibliográfico				\$206,40
Gastos varios				
500	Internet	Horas	\$0,10	\$50,00
12	Transporte	Días	\$15,00	\$180,00
12	Alimentación	Días	\$2,50	\$30,00
Subtotal gastos varios				\$260,00
Materia prima				
108	Cáscara de naranja	Kg	0,00	0,00
Subtotal materia prima				0,00
Análisis de laboratorio				
Aceite esencial	Ph	-	\$207,00	\$207,00
	Densidad	g/cc		
	Índice de refracción	-		
	Acidez	mgNaOH/g		
	Índice de peróxidos	meq O ₂ /kg		
	Color	-		
	Compuestos volátiles	%		
	Cromatografía de gases (GC-FID)	-		
	FRAP	µmol Fe ²⁺ /g	\$40,00	\$40,00
ABTS	mg/mL			
	Humedad	g/100g	\$69,00	\$69,00

Cáscara de naranja	Proteína	g/100g		
	Ceniza	g/100g		
	Grasa total	g/100g		
	Fibra	g/100g		
	Carbohidratos totales	g/100g		
	Energía total	kcal/100g		
Subtotal análisis de laboratorio				\$316,00
Total, general				\$1.530,95

Conclusiones

- En concordancia con el objetivo general planteado, se logró obtener y caracterizar el aceite esencial a partir de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) generada en pequeños emprendimientos de la ciudad de Latacunga, demostrando que este residuo agroindustrial puede ser valorizado eficientemente mediante el método de arrastre de vapor. Los resultados evidencian que la cáscara de naranja constituye una materia prima técnicamente viable para la obtención de aceite esencial, favoreciendo el aprovechamiento de subproductos y contribuyendo a la disminución del impacto ambiental derivado de su disposición inadecuada.
- En relación con el objetivo de determinar el proceso de extracción en función del estado de la cáscara y el medio de extracción, el análisis estadístico permitió establecer que ambos factores influyen significativamente en el rendimiento del aceite esencial. El tratamiento correspondiente a cáscara fresca y agua como medio de extracción (a1b1) presentó el mayor rendimiento promedio (1,95 %), lo que indica que el uso de cáscara fresca favorece la liberación de los compuestos volátiles al conservar mejor las glándulas oleosas.
- Respecto a la caracterización físico-química del aceite esencial, los resultados obtenidos en el mejor tratamiento evidenciaron valores adecuados de densidad, índice de refracción, índice de acidez e índice de peróxidos, los cuales se encuentran dentro de rangos aceptables para aceites esenciales de cítricos. Esto permite concluir que el aceite esencial obtenido presenta una calidad adecuada y estabilidad bajo las condiciones experimentales empleadas durante el proceso de extracción.

- En cuanto a la identificación de los compuestos volátiles, el análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) permitió identificar 31 compuestos, predominando el α -felandreno, seguido de β -pineno y linalol. Estos resultados evidencian que el perfil químico del aceite esencial obtenido está compuesto principalmente por monoterpenos y compuestos oxigenados, responsables de sus características aromáticas y su potencial de aplicación industrial.
- Finalmente, al evaluar la capacidad antioxidante del aceite esencial, mediante los métodos ABTS y FRAP, se comprobó que el aceite esencial del mejor tratamiento presenta actividad antioxidante dependiente de la concentración, lo que se atribuye a la presencia de compuestos bioactivos identificados en el análisis cromatográfico. En conjunto, los resultados alcanzados permiten concluir que la obtención de aceite esencial de cáscara de naranja representa una alternativa técnica y sostenible para el aprovechamiento de residuos agroindustriales en el contexto local.

Recomendaciones

- Con base en los resultados obtenidos, se recomienda optimizar las variables del proceso de extracción, tales como el tiempo de destilación, el tamaño de partícula de la cáscara y la relación cáscara-agua, con el fin de incrementar el rendimiento del aceite esencial y mejorar la eficiencia del método de arrastre de vapor.
- Se sugiere realizar investigaciones futuras que evalúen otros métodos de extracción del aceite esencial de cáscara de naranja, como la hidrodestilación o el uso de solventes verdes, con el propósito de comparar rendimientos, composición química y viabilidad técnica frente al método aplicado en el presente estudio.
- Se recomienda evaluar la estabilidad del aceite esencial durante el almacenamiento, considerando factores como el tipo de envase, la temperatura y la exposición a la luz, para garantizar la conservación de sus propiedades físico-químicas y antioxidantes a lo largo del tiempo.

- En función de los resultados obtenidos en la caracterización química y capacidad antioxidante, se recomienda ampliar el estudio hacia la evaluación de propiedades biológicas, como la actividad antimicrobiana o antifúngica, que permitan fortalecer el potencial de aplicación del aceite esencial en diferentes sectores industriales.
- Finalmente, se recomienda a los pequeños emprendimientos y a las autoridades locales considerar la implementación de estrategias de aprovechamiento de la cáscara de naranja, como la extracción de aceite esencial, dentro de un enfoque de economía circular, con el fin de generar valor agregado, reducir residuos y promover prácticas productivas sostenibles en la ciudad de Latacunga.

Bibliografía

- Almache, M. A., & Escudero, E. V. (2021). “EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN DOS VARIEDADES DE NARANJA, VALENCIA (*Citrus x sinensis*) Y NARANJA AGRIA (*Citrus x aurantium*) PARA LA ELABORACIÓN DE JUGO”.
- <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6aaef5cc-69cb-474f-9dc5-7ec194e88918/content>
- Ayala, J. C. A., Lopez, C. C., Rueda Currea, M. T., Mezquita, J. C., & Jimenez Gomez, K. J. (2025). Evaluación de aceites esenciales, a partir de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) utilizando diferentes métodos de extracción para su posible uso industrial en la ciudad de Barrancabermeja. *Revista de Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente*, 17(29), 12–27.
- Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación.
- Callupe, J. (2022a). APROVECHAMIENTO DE LA PULPA DE CAFÉ (*Coffea spp*) Y CÁSCARA DE NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis*), PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA.

<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0f6598b3-3817-408a-aad8-44656370aa79/content>.

Campelo, G., & Romero, O. (2020). “Situación actual de los productores de naranja (*Citrus sinensis*) en el Ecuador”.

<https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4277a6b1-330f-488d-bd3c-4869e2f26e8e/content>

Cerón, I., & Cardona, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cascara de naranja. 7(3), 65–86.

Colina-Márquez, J. Á., Contreras, E., Ruiz, J., & Monroy, L. (2022). Comparación de dos métodos de extracción para el aceite esencial de la cáscara de pomelo (*Citrus maxima*). *Revista Investigacion e Innovacion en Ingenieria*, 1(1), 85–98. <https://doi.org/10.32997/rin-2022-3729>

Díaz, E., & Medranda, R. (2014). Elaboración de frutas confitadas a partir de la cáscara de naranja y su incidencia en las características organolépticas de producto en el periodo de abril a octubre del 2013 en la Carrera de Ingeniería en Alimentos de la ULEAM extensión Chone.

<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1703/1/ULEAM-IAL-0009.pdf>

Farag, M. A., Abib, B., Ayad, L., & Khattab, A. R. (2020). Sweet and bitter oranges: An updated comparative review of their bioactives, nutrition, food quality, therapeutic merits and biowaste valorization practices. *Food Chemistry*, 331, 127306.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127306>

- García, A., Lozano, M., & Chuchuca, G. (2021). Uso sostenible de la cáscara de naranja en el desarrollo de un producto alimenticio.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53665>
- Gonzales, A., Quiñones, E., & Rincon, G. (2016). Los Compuestos Bioactivos y Tecnologías de Extracción.
- Guajala Sánchez, L. Y., Risco, J., & Arias, M. (2025). Obtención de aceite esencial a partir de cáscaras de dos variedades de naranja (*Citrus sinensis*) mediante arrastre de vapor para evaluar su caracterización. *Código Revista de Investigación*, 5(2), 2073–2094.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Definición conceptual o constitutiva (6ta ed.). *Metodología de la investigación*.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.
- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (First edition, Vol. 10)*. McGraw-Hill Education.
- Jiménez, W. J., Zamora, J. A., Campoverde, J. R., & Mariscal, W. E. (2022). Actividad antioxidante y antimicrobiana del aceite esencial de *Citrus sinensis*, *Citrus paradisi* y *Citrus reticulata*. *RECIAMUC*, 6(3), 399–407.
[https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.399-407](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.399-407)
- Juárez, J. R., Castro, J., Jaúregui, J. F., Lizano, J. V., Carhuapoma, M., Choquesillo, F. F., Félix, L. M., Cotillo, P. A., López, J. P., Jaramillo, M. R., Córdova, A. I., Ruíz, J. R., & Ramos, N. J. (2010). Composición química, actividad antibacteriana del aceite esencial de *Citrus sinensis* L.

- (Naranja dulce) y formulación de una forma farmacéutica. *Ciencia e Investigación*, 13(1), 9–13. <https://doi.org/10.15381/ci.v13i1.3157>
- Köse, M. D., & Oguz, B. (2018). Valorization of Citrus Peel Waste. *Valorization of Citrus Peel Waste*, 5(2), 10–18.
- Manzur, M., Luciardi, M. C., Blázquez, M. A., Alberto, M. R., Cartagena, E., & Arena, M. E. (2023). Citrus sinensis Essential Oils an Innovative Antioxidant and Antipathogenic Dual Strategy in Food Preservation against Spoilage Bacteria. *Antioxidants*, 12(2), 246. <https://doi.org/10.3390/antiox12020246>
- Márquez, Ierayne. (2003). EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA (*Citrus Reticulata*) UTILIZANDO DIÓXIDO DE CARBONO EN CONDICIÓN SUPERCRÍTICA COMO SOLVENTE. [https://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/10872/514/1/EXTRACCI%
c3%93N%20DEL%20ACEITE%20ESENCIAL%20DE%20MANDARINA%20TESIS%202.pdf](https://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/10872/514/1/EXTRACCI%c3%93N%20DEL%20ACEITE%20ESENCIAL%20DE%20MANDARINA%20TESIS%202.pdf)
- Martinez, E., Navarro, A., Vera, O., & Avila, R. (2017). Caracterización Físicoquímica de desechos de naranja (*Citrus Sinensis*) y lechuga (*Lactuca Sativa*). 4(10), 49–56.
- Medeleanu, M. L., Fărcaș, A. C., Coman, C., Leopold, L., Diaconeasa, Z., & Socaci, S. A. (2023). Citrus essential oils – Based nano-emulsions: Functional properties and potential applications. *Food Chemistry: X*, 20, 100960. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100960>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de

- investigación (1a ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Méndez, L. Q. G., Osorio Fortich, M. del R., & Useche Martínez, S. R. (2015). Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de *Citrus sinensis* L. 49(4), 742 a la 750.
- M'Hiri, N., Ioannou, I., Ghoul, M., & Mihoubi, N. (2015). Proximate chemical composition of orange peel and variation of phenols and antioxidant activity during convective air drying. 9, 881–890.
- Muñoz, M., & Veloz, E. (2020). Desarrollo de una galleta a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por las obtenidas de las cáscaras de naranja (*Citrus × sinensis*) y zanahoria (*Daucus carota*). UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.
file:///C:/Users/Usuario/Documents/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-64.pdf
- Muñoz, P., Almeida, D., Fonseca, J. D., & Alvarez, J. F. (2021). Estudio de pre-factibilidad técnica y económica de la implementación de una biorrefinería para la conversión de residuos de cáscara de naranja. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 13(2), 14. <https://doi.org/10.18272/aci.v13i2.2289>
- Ortiz, R., Araujo, J., Centeno, G., & Chuc, M. (2023). Las cáscaras de naranja: ¿Desechos de la agricultura o riqueza farmacéutica?. 15, 160–164.
- Pacaya, J. (2021). Aprovechamiento de residuos de poliestireno expandido y cáscara de naranja para elaborar un barniz ecológico para madera en Iquitos. Universidad Científica del Perú.
<http://hdl.handle.net/20.500.14503/1377>

Pandey, P., & Pandey, M. (2015). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS.

Pérez, A., Villarreal, J., Pérez, Y., Ramírez, A., & Rangel, M. (2018).

ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE ACEITES ESENCIALES DE NARANJA DULCE (*Citrus sinensis*) Y LIMÓN CRIOLLO (*Citrus aurantifolia*) COMO CONTROL EN EL AÑUBLO BACTERIAL DE LA PANÍCULA DEL ARROZ. @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 15(2), 28.

<https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2017.2966>

Sánchez Martínez, D. V. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río, 9(17), 38–39. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>

Tenorio, M. (2016). Flavonoids extracted from orange peelings tangelo (*Citrus reticulata* x *Citrus paradisi*) and their application as a natural antioxidant in sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) vegetable oil. Scientia Agropecuaria, 7(4), 419–431. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.04.07>

Topuz, A., Topakci, M., Canakci, M., Akinci, I., & Ozdemir, F. (2005). Physical and nutritional properties of four orange varieties. Journal of Food Engineering, 66(4), 519–523.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.024>

Yanez, X., Lugo, L., & Parada, D. (2007). Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja dulce (*Citrus sinensis*, variedad Valenciana) cultivada en Labateca (Norte de Santander, Colombia). 2007, 5(1), 3–8.

Anexos

Anexo 1. Hoja de vida de la tutora



DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Trávez Castellano

NOMBRES: Ana Maricela

ESTADO CIVIL: Casada

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 0502270937

NUMERO DE CARGAS FAMILIARES: 2

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Latacunga, 06 Abril 1983

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Pujili - S/N y Rafael Villacis y Urb. Marco Antonio Guzmán.

TELÉFONO CONVENCIONAL: 02255192

TELÉFONO CELULAR: 0987204886

CORREO ELECTRÓNICO: ana.travez@utc.edu.ec / animariuxy83@hotmail.com

EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON: Alonso Trávez (0987265684) ó Hernán Castro (0991550992).



ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TÍTULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL CONESUP	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP
TERCER	Ingeniera en Alimentos	2005-04-03	1010-07-743350
CUARTO	Magíster en Gestión de la Producción Agroindustrial	2014-07-31	1010-14-86050240

HISTORIAL PROFESIONAL

FACULTAD EN LA QUE LABORA: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

CARRERA A LA QUE PERTENECE: Ingeniería Agroindustrial.

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Administración; Educación Comercial y Administración

Ingeniería, Industria y Construcción; Industria y Producción

PERÍODO ACADÉMICO DE INGRESO A LA UTC: 09 de Mayo del 2009.

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano Mg.

www.utc.edu.ec

Salache / Eloy Alfaro - Latacunga / Teléfono:593 (03) 266 164 / care@utc.edu.ec

Anexo 2. Hoja de vida del estudiante

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Calaguillin Pulamarin **NOMBRES:** Melany Beatriz

ESTADO CIVIL: Soltera

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1755314679

FECHA DE NACIMIENTO: 19 de marzo del 2004

DOMICILIO: Cayambe, Barrio Puntichil, calle bellavista.

TELÉFONO CELULAR: 0979210873

CORREO ELECTRÓNICO: Calaguillin.melany4679@utc.edu.ec



FORMACIÓN ACADÉMICA

NIVEL	INSTITUCION	TÍTULO
Primaria	Escuela "Alina campaña de Jarrin"	Educación Básica
secundarios	Unidad Educativa "Nelson Isauro Torres"	Bachiller técnico
Superior	Universidad técnica de Cotopaxi	En curso

IDIOMAS:

Español nativo

Inglés intermedio

CURSOS REALIZADOS:

V CONGRESO INTERNACIONAL DE VINCULACIÓN "TRES DÉCADAS VINCULADOS CON EL PUEBLO".

IV CONGRESO DE "TÉCNICAS Y PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CUERO".

HISTORIAL PROFESIONAL

"LÁCTEOS SAN LUIS": Pasante en varias áreas de producción desde 11/03/2024 hasta 23/04/2024

"FRUTA-TA": Pasante en varias áreas de producción desde 28/08/2024 hasta 03/12/2024

Calaguillin Pulamarin Melany Beatriz

CC: 1755314679

Anexo 3. Hoja de vida del estudiante

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Quingalombo Ramos **NOMBRES:** Lisbeth Carolina

ESTADO CIVIL: Soltera

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1727833343

FECHA DE NACIMIENTO: 11 de agosto del 2000

CIUDAD: Salcedo

DOMICILIO: Calles Vicente León y Vicente Maldonado

TELÉFONO CELULAR: 0995932995

CORREO ELECTRÓNICO: quingalombo.lisbeth3343@utc.edu.ec



FORMACIÓN ACADÉMICA

NIVEL	Institución	TÍTULO
Primaria	Unidad educativa "Rosario Gonzales de Murillo"	Educación Básica
secundarios	Unidad Educativa " Juan Montalvo"	Bachiller unificado
Superior	Universidad técnica de Cotopaxi	En curso

IDIOMAS: Suficiencia en inglés.

CURSOS REALIZADOS:

V CONGRESO INTERNACIONAL DE VINCULACIÓN "TRES DÉCADAS VINCULADOS CON EL PUEBLO".

IV CONGRESO DE "TÉCNICAS Y PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CUERO".

Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina

CC: 1727833343

Anexo 4. Datos obtenidos del rendimiento de la extracción del aceite esencial

N°	Tratamientos	mae (g)	mMV	mL	Rendimiento (%)
I	t ₁ (a ₁ b ₁)	171,0	9000	196,6	1,90%
	t ₂ (a ₁ b ₂)	121,5	9000	139,7	1,35%
	t ₃ (a ₁ b ₃)	63,0	9000	72,4	0,70%
	t ₄ (a ₂ b ₁)	144,0	9000	165,5	1,60%
	t ₅ (a ₂ b ₂)	72,0	9000	82,8	0,80%
	t ₆ (a ₂ b ₃)	58,5	9000	67,2	0,65%
II	t ₁ (a ₁ b ₁)	180,0	9000	206,9	2,00%
	t ₂ (a ₁ b ₂)	126,0	9000	144,8	1,40%
	t ₃ (a ₁ b ₃)	81,0	9000	93,1	0,90%
	t ₄ (a ₂ b ₁)	153,0	9000	175,9	1,70%
	t ₅ (a ₂ b ₂)	85,5	9000	98,3	0,95%
	t ₆ (a ₂ b ₃)	63,0	9000	72,4	0,70%

Factor A: Estado de la cáscara. **Factor B:** Relación cáscara/solvente **mae:** masa del aceite extraído (en gramos). **Mmv:** masa del material vegetal utilizado (en gramos). **ml:** mililitros **a1:** fresca **a2:** seca, **b1:** agua. **b2:** etanol. **b3:** macerado

Fuente: (Caluguillin, M & Quingalombo, L, 2025)

Anexo 5. Resultado de análisis de la cáscara de naranja.



INFORME DE RESULTADOS N° 2026 - AND - INF - 0004

Página 2 de 2

Nombre del cliente*:	Melany Calaguillin/Lisbeth Quingalombo
Dirección del cliente*:	Latacunga

Nombre del producto*:	Cáscara de naranja	Marca/s*:	---
Descripción de la muestra:	Cáscara húmeda color amarillo	Fecha de elaboración*:	---
Contenido*:	150 g	Fecha de vencimiento*:	---
Lote*:	---	Envase*:	Bolsa ziploc

Muestreado por:	El cliente	Método de muestreo:	---
Fecha de toma de muestra*:	---	Temperatura ambiental del muestreo:	---°C
Ubicación del muestreo*:	---	Humedad relativa del muestreo:	---%

*Datos proporcionados por el cliente

Fecha de recepción:	2026-01-09	Fecha de emisión del informe:	2026-01-16
Fecha de inicio de ensayo:	2026-01-09	Temperatura ambiental:	18,2°C
Fecha de fin. de ensayo:	2026-01-15	Humedad relativa ambiental:	49 %

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parámetro	Método	Unidades	Resultado
Grasa total	PEE-AN-03-FQ/INEN ISO 1443	g / 100 g	0,00
Fibra	PEE-AN-05-FQ/INEN 522	g / 100 g	19,91
Carbohidratos totales	Cálculo	g / 100 g	20,00
Energía total	Cálculo	kcal / 100 g	84,24



ANDESLAB ESTEFANIA
ORDÓÑEZ CARRERA

Gerente General

Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal y como es recibida en el laboratorio.
Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio.
ANDESLAB no se hace responsable por la información proporcionada por el cliente.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



Anexo 6. Análisis de la cáscara de naranja



INFORME DE RESULTADOS

N° 2026 - AND - INF - 0004

Página 1 de 2

Nombre del cliente*:	Melany Calaguillin/Lisbeth Quingalombo
Dirección del cliente*:	Latacunga

Nombre del producto*:	Cáscara de naranja	Marca/s*:	---
Descripción de la muestra:	Cáscara húmeda color amarillo	Fecha de elaboración*:	---
Contenido*:	150 g	Fecha de vencimiento*:	---
Lote*:	---	Envase*:	Bolsa ziploc

Muestreado por:	El cliente	Método de muestreo:	---
Fecha de toma de muestra*:	---	Temperatura ambiental del muestreo:	---°C
Ubicación del muestreo*:	---	Humedad relativa del muestreo:	---%

*Datos proporcionados por el cliente

Fecha de recepción:	2026-01-09	Fecha de emisión del informe:	2026-01-16
Fecha de inicio de ensayo:	2026-01-09	Temperatura ambiental:	18,2°C
Fecha de fin. de ensayo:	2026-01-15	Humedad relativa ambiental:	49 %

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Método	Unidades	Resultado	Incertidumbre U (k=2)
Humedad	PEE-AN-01-FQ/INEN ISO 1442	g / 100 g	77,79	± 0,65
Proteína	PEE-AN-02-FQ/INEN ISO 937	g / 100 g	1,06	± 0,11
Ceniza	PEE-AN-04-FQ/INEN ISO 936	g / 100 g	1,15	± 0,09



ANDREA ESTEFANIA
ORDONEZ CARRERA

Gerente General

Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal y como es recibida en el laboratorio.
Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio.
ANDESLAB no se hace responsable por la información proporcionada por el cliente.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE



Anexo 7. resultados del aceite esencial al mejor tratamiento



**INFORME DE RESULTADOS
ÁREA QUÍMICA FARMACEÚTICA**

INF. No. 2026-0021-1

SOLICITADO POR ³ :	QUINGALOMBO RAMOS LISBETH CAROLINA		
DIRECCIÓN DEL CLIENTE ³ :	MENA DEL HIERRO		
MUESTRA DE ³ :	ACEITE		
DESCRIPCIÓN ³ :	ACEITE EXTRAÍDO DE LA CÁSCARA DE NARANJA		
LOTE: ³	-----		
FECHA DE ELABORACIÓN: ³	-----	FECHA DE VENCIMIENTO: ³	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	12/01/2026	HORA DE RECEPCIÓN:	08:59
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 12 al 19/01/2026		
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	20/01/2026		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
COLOR:	CARACTERÍSTICO	COLOR:	-----
ESTADO:	LÍQUIDO	CONTENIDO:	25 ml
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP		
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE		

RESULTADOS

PARÁMETROS (HOJA DE CONTROL)	UNIDAD	RESULTADO	METODO
pH	UNIDADES DE pH	5.0	POTENCIOMÉTRICO
DENSIDAD	g/cc	0.867	PICNÓMETRO
INDICE DE REFRACCIÓN	-----	1.470	REFRACTOMÉTRICO
ACIDEZ	mgNaOH/g	2.21	TITULOMÉTRICO
INDICE DE PEROXIDOS	meq O2/kg	104.10	TITULOMÉTRICO
COLOR	HAZEN	19	FOTOMÉTRICO
COMPUESTOS VOLÁTILES			
β PINENO	%	12.37	CROMATOGRAFIA GS/MS
α -FELANDRENO	%	47.93	CROMATOGRAFIA GS/MS
LINALOL	%	9.92	CROMATOGRAFIA GS/MS
DECANAL	%	4.61	CROMATOGRAFIA GS/MS
CITRAL	%	2.78	CROMATOGRAFIA GS/MS
BUTIL CITRATO	%	3.50	CROMATOGRAFIA GS/MS

3: Datos proporcionados por el cliente y de su responsabilidad.



B.F. DARWIN ROLDÁN ROBLES MSc.
RESPONSABLE DE ÁREA

Dirección: Francisco Viteri Sn y Gilberto Gallo Sobral- Teléfonos: 2502-282 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33
Teléfono: 3216740 - E-mail: fo.osp@uce.edu.ec

Anexo 8. Resultados de cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masa

Area Percent Report

Data Path : D:\PESTICIDAS\MULTIRESIDUO\DATOS\2026\enero\15012026\
 Data File : aceite naranja b.D
 Acq On : 15 Jan 2026 14:32
 Operator : Geovany
 Sample : aceite naranja
 Misc :
 ALS Vial : 11 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: rteint.p
 Integrator: RTE
 Smoothing : ON Filtering: 5
 Sampling : 5 Min Area: 0.2 % of largest Peak
 Start Thrs: 1 Max Peaks: 40
 Stop Thrs : 0 Peak Location: TOP

If leading or trailing edge < 100 prefer < Baseline drop else tangent >
 Peak separation: 3

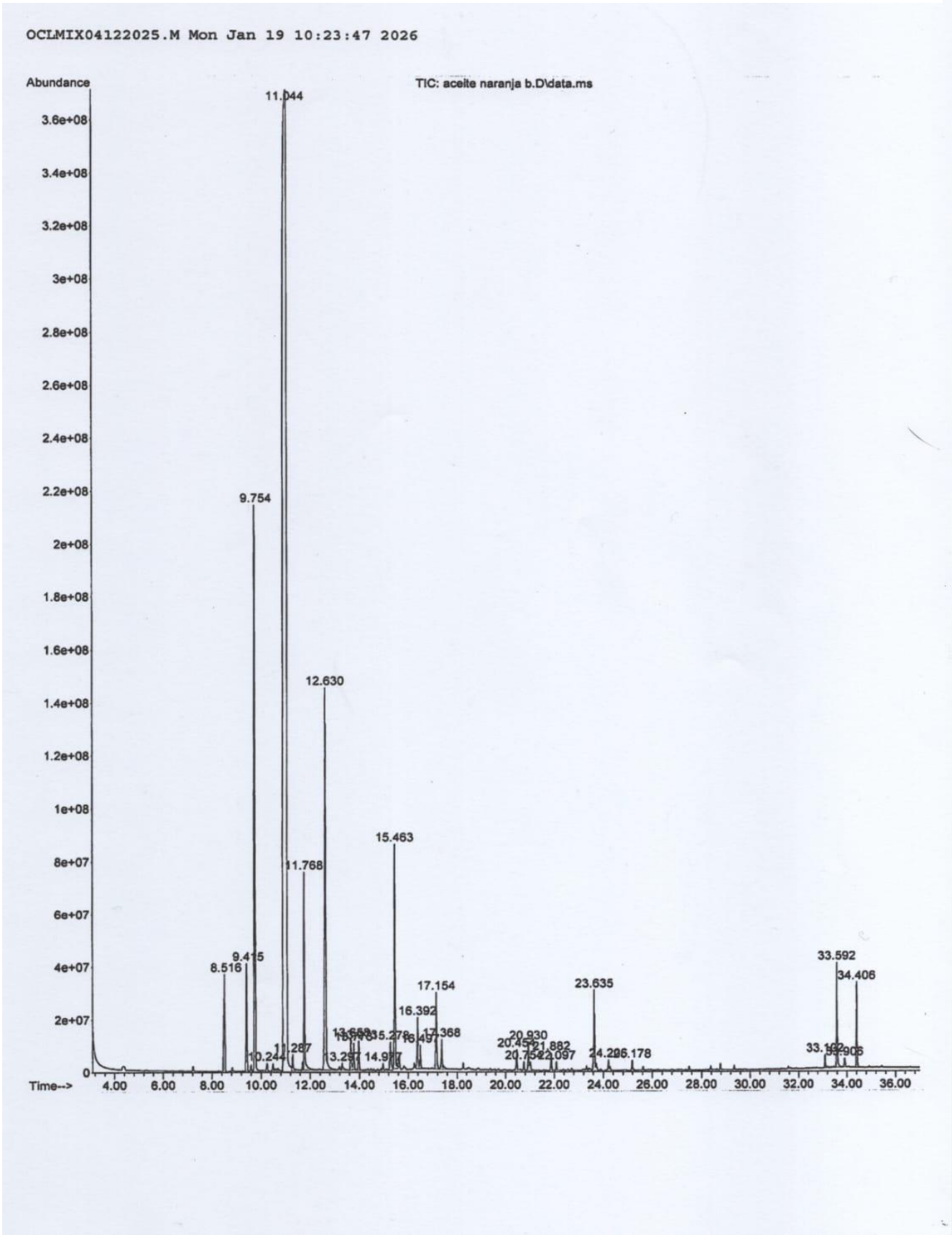
Method : D:\PESTICIDAS\MULTIRESIDUO\METODOS\CUANTIFICACION\2025\OCL\Diciembre\OCLMIX0412
 2025.M
 Title : OCL 10 PPM

Signal : TIC: aceite naranja b.D\data.ms

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	8.516	1116	1140	1171	rVB2	36922043	115182446	5.36%	2.571%
2	9.415	1311	1329	1346	rBV2	41004659	92877882	4.32%	2.073%
3	9.754	1381	1400	1456	rBV4	214487712	554537677	25.82%	12.377%
4	10.244	1486	1503	1536	rVB2	2965859	8959908	0.42%	0.200%
5	11.044	1626	1671	1711	rVB2	371134936	2147483647	100.00%	47.933%
6	11.287	1711	1722	1781	rVB	5961031	17959011	0.84%	0.401%
7	11.768	1796	1823	1911	rBV	75385846	175688460	8.18%	3.921%
8	12.630	1971	2004	2101	rVB5	144956541	444442060	20.70%	9.920%
9	13.297	2131	2144	2201	rVB4	2634400	10120506	0.47%	0.226%
10	13.658	2201	2220	2231	rBV4	11782038	33378612	1.55%	0.745%
11	13.773	2231	2244	2261	rVB2	10034467	25549379	1.19%	0.570%
12	13.973	2271	2286	2311	rVB	11008825	26756601	1.25%	0.597%
13	14.977	2466	2497	2516	rBV4	2707236	9383043	0.44%	0.209%
14	15.278	2536	2560	2581	rBV5	10729807	41278696	1.92%	0.921%
15	15.463	2581	2599	2626	rVV	85401954	206895450	9.63%	4.618%
16	16.392	2776	2794	2806	rVV	19502209	50228137	2.34%	1.121%
17	16.497	2806	2816	2876	rVB	8928558	22530259	1.05%	0.503%
18	17.154	2936	2954	2981	rBV	29188731	74603050	3.47%	1.665%
19	17.368	2981	2999	3086	rVB3	11356622	36592552	1.70%	0.817%
20	20.454	3631	3647	3666	rVB2	7851597	18944899	0.88%	0.423%
21	20.754	3691	3710	3731	rBV3	3357585	8258812	0.38%	0.184%
22	20.930	3731	3747	3806	rVB4	10916541	38196451	1.78%	0.853%
23	21.882	3926	3947	3971	rBV3	6819058	17941289	0.84%	0.400%
24	22.097	3971	3992	4016	rVB2	3383486	8868822	0.41%	0.198%
25	23.635	4291	4315	4356	rVV2	30687965	87313720	4.07%	1.949%
26	24.206	4391	4435	4481	rBV3	4140144	15654069	0.73%	0.349%
27	25.178	4621	4639	4681	rBV	3914818	11293956	0.53%	0.252%
28	33.102	6291	6303	6316	rVB2	5104173	10891032	0.51%	0.243%
29	33.592	6386	6406	6451	rBV2	40174559	90871998	4.23%	2.028%
30	33.906	6461	6472	6491	rVB3	3376360	9386316	0.44%	0.210%
31	34.406	6566	6577	6626	rVB	32717502	68141936	3.17%	1.521%

Sum of corrected areas: 4480210676

Anexo 9. Cronograma de picos del aceite esencial



Library Search Report

Data Path : D:\PESTICIDAS\MULTIRESIDUO\DATOS\2026\enero\15012026\
Data File : aceite naranja b.D
Acq On : 15 Jan 2026 14:32
Operator : Geovany
Sample : aceite naranja
Misc :
ALS Vial : 11 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST08.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: RTE Integrator - rteint.p

k#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	8.515	2.57	C:\Database\NIST08.L .alpha.-Pinene 1R-.alpha.-Pinene 1R-.alpha.-Pinene	15507 15517 15515	000080-56-8 007785-70-8 007785-70-8	95 94 93
2	9.415	2.07	C:\Database\NIST08.L .beta.-Phellandrene .beta.-Phellandrene Cyclohexene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	15527 15530 15655	000555-10-2 000555-10-2 000099-84-3	91 91 87
3	9.754	12.38	C:\Database\NIST08.L .beta.-Pinene .beta.-Pinene Cyclopropane, 1,1-dimethyl-2-(3-methyl-1,3-butadienyl)-	15503 15500 15716	000127-91-3 000127-91-3 068998-21-0	49 46 46
4	10.244	0.20	C:\Database\NIST08.L .alpha.-Phellandrene .alpha.-Phellandrene 3-Carene	15531 15532 15486	000099-83-2 000099-83-2 013466-78-9	90 87 86
5	11.044	47.93	C:\Database\NIST08.L Bicyclo[5.1.0]octane, 8-methylene- Dispiro[2.1.2]nonan-8-one 2,4-Heptadien-6-yn-1-ol, (E,E)-	9938 16262 5340	054211-15-3 074685-57-7 017098-71-4	64 60 50
6	11.287	0.40	C:\Database\NIST08.L 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl- 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)- 1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	15570 15615 15569	013877-91-3 003338-55-4 000502-99-8	97 97 95
7	11.768	3.92	C:\Database\NIST08.L 1-Octanol 1-Octanol Formic acid, octyl ester	13482 13483 29637	000111-87-5 000111-87-5 000112-32-3	90 83 80
8	12.630	9.92	C:\Database\NIST08.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- Linalyl isobutyrate 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	26281 77978 56320	000078-70-6 000078-35-3 000115-95-7	83 72 59
9	13.297	0.23	C:\Database\NIST08.L trans-p-Mentha-2,8-dienol 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, trans- 3-Methylenecyclohexene	24696 24929 2585	1000139-65-3 007212-40-0 001888-90-0	91 83 38
0	13.658	0.75	C:\Database\NIST08.L			

			Limonene oxide, cis-	24672	004680-24-4	97
			7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane, 1-meth	24934	001195-92-2	90
			yl-4-(1-methylethenyl)-			
			2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	24929	007212-40-0	55
			ethylethenyl)-, trans-			
11	13.773	0.57	C:\Database\NIST08.L			
			Limonene oxide, trans-	24686	006909-30-4	91
			Limonene oxide, trans-	24678	006909-30-4	91
			trans-p-Mentha-2,8-dienol	24696	1000139-65-3	42
12	13.973	0.60	C:\Database\NIST08.L			
			6-Octenal, 3,7-dimethyl-, (R)-	26261	002385-77-5	94
			6-Octenal, 3,7-dimethyl-	26227	000106-23-0	94
			7-Octenal, 3,7-dimethyl-	26217	000141-26-4	81
13	14.977	0.21	C:\Database\NIST08.L			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	26398	000562-74-3	90
			ethylethyl)-			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	26391	000562-74-3	90
			ethylethyl)-			
			3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	26431	020126-76-5	81
			ethylethyl)-, (R)-			
14	15.278	0.92	C:\Database\NIST08.L			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	26442	000098-55-5	95
			.alpha.4-trimethyl-			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	26488	010482-56-1	58
			.alpha.,4-trimethyl-, (S)-			
			3-Cyclohexene-1-methanol, .alpha.,	26444	000098-55-5	50
			.alpha.4-trimethyl-			
15	15.463	4.62	C:\Database\NIST08.L			
			Decanal	27694	000112-31-2	90
			Decanal	27697	000112-31-2	90
			Decanal	27698	000112-31-2	87
16	16.392	1.12	C:\Database\NIST08.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24760	000106-26-3	95
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24719	005392-40-5	64
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (Z)	24762	000106-26-3	64
17	16.497	0.50	C:\Database\NIST08.L			
			2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-	23520	002244-16-8	94
			methylethenyl)-, (S)-			
			2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-	23517	002244-16-8	94
			methylethenyl)-, (S)-			
			2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-	23513	002244-16-8	93
			methylethenyl)-, (S)-			
18	17.154	1.67	C:\Database\NIST08.L			
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-	24722	005392-40-5	95
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24763	000141-27-5	95
			2,6-Octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	24753	000141-27-5	94
19	17.368	0.82	C:\Database\NIST08.L			
			1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 4-	23501	002111-75-3	98
			(1-methylethenyl)-			
			1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 4-	23527	018031-40-8	97
			(1-methylethenyl)-, (S)-			
			1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 4-	23499	002111-75-3	96
			(1-methylethenyl)-			
20	20.454	0.42	C:\Database\NIST08.L			
			Propanoic acid, 2-methyl-, octyl e	59348	000109-15-9	90
			ster			
			Butanoic acid, octyl ester	59300	000110-39-4	90
			Propanoic acid, 2-methyl-, octyl e	59344	000109-15-9	83

		ster			
21	20.754	0.18	C:\Database\NIST08.L .alpha.-Cubebene .alpha.-Cubebene .alpha.-Cubebene	62286 62283 62285	017699-14-8 96 017699-14-8 96 017699-14-8 94
22	20.930	0.85	C:\Database\NIST08.L cis-11-Tetradecen-1-ol Tridecanal Tridecanal	68905 58007 58006	034010-15-6 95 010486-19-8 91 010486-19-8 91
23	21.882	0.40	C:\Database\NIST08.L Caryophyllene Caryophyllene Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11 -trimethyl-8-methylene-	62261 62264 62373	000087-44-5 99 000087-44-5 94 013877-93-5 92
24	22.097	0.20	C:\Database\NIST08.L 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]- (+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	62421 62330 62379	023986-74-5 95 054324-03-7 93 150320-52-8 90
25	23.635	1.95	C:\Database\NIST08.L Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.alpha.)]- Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.alpha.)]- Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,7.alpha.,8a.alpha.)]-	62507 62509 62514	004630-07-3 99 004630-07-3 99 010219-75-7 99
26	24.206	0.35	C:\Database\NIST08.L Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)- Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	62438 62441 62440	000483-76-1 99 000483-76-1 99 000483-76-1 95
27	25.178	0.25	C:\Database\NIST08.L 2-Ethylbutyric acid, octyl ester d-Ribose, 2-deoxy-bis(thiodecyl)-dithioacetal 1-(.beta.-d-2-Desoxyribofuranosyl)-4-difluoromethyl-5-ethyluracil	81247 209434 140713	1000340-24-3 43 123390-25-0 38 102302-64-7 32
28	33.102	0.24	C:\Database\NIST08.L Butyl citrate Adipic acid, butyl 3-pentyl ester Hexanedioic acid, bis(1-methylpropyl) ester	177228 115008 103996	000077-94-1 90 1000324-60-5 64 038447-22-2 56
29	33.592	2.03	C:\Database\NIST08.L Butyl citrate Adipic acid, butyl 3-pentyl ester Adipic acid, cyclopentylmethyl iso	177228 115008 124302	000077-94-1 68 1000324-60-5 64 1000324-77-3 50

butyl ester

30	33.906	0.21	C:\Database\NIST08.L		
			Tributyl acetylcitrate	196280	000077-90-7 93
			Tributyl acetylcitrate	196278	000077-90-7 74
			Tributyl acetylcitrate	196281	000077-90-7 56
31	34.406	1.52	C:\Database\NIST08.L		
			Butyl citrate	177229	000077-94-1 86
			Butyl citrate	177228	000077-94-1 58
			Tributyl acetylcitrate	196280	000077-90-7 47

OCLMIX04122025.M Mon Jan 19 10:23:21 2026

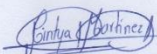
Anexo 10. Aval del Traductor

**AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL
EXTERNO**

Yo Martínez Mallitasig Cintya Nataly, con cédula de identidad número: 050385772-4, Licenciada en Pedagogía del Idioma Inglés con número de registro de la SENESCYT No. 1020-2023-2649298; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) GENERADOS EN PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”** de: **Calaguillin Pulamarin Melany Beatriz y Quingalombo Ramos Lisbeth Carolina**, de la carrera de **Agroindustria**, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 20 de febrero del 2026



Lic. **Cintya Nataly Martínez Mallitasig**

C.I: 050385772-4

Email: cintyamartinezmallitasig@gmail.com

Contacto: 0992372516