UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"EXTRACCIÓN DE ACEITE NATURAL DE RESIDUOS FLORÍCOLAS, PARA EL USO EN FRAGANCIAS"

Trabajo de titulación previo a la obtención del título en INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS

Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico.

AUTOR:

Lisbeth Vanessa Yamberla De La Torre

DIRECTOR:

Ing. José Manuel País Chanfrau, PhD

Ibarra – Ecuador 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Yamberla De La Torre Lisbeth Vanessa

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Extracción de aceite natural de residuos florícolas, para el uso en fragancias"
AUTOR (ES):	Yamberla De La Torre Lisbeth Vanessa
FECHA: DD/MM/AAAA	27/07/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	[X] **PREGRADO** [ ] **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Agroindustrias
DIRECTOR /ASESOR:	Ing. José Manuel País Chanfrau, PhD Ing. Jimmy Núñez Pérez MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de julio de 2026

EL AUTOR:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
LISBETH VANESSA YAMBERLA DE LA TORRE

(f)……

Lisbeth Vanessa Yamberla De La Torre

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 27 de julio del 2026

Ing. José Manuel País Chanfrau, PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JOSE MANUEL PAIS CHANFRAU

(f)……

Ing. José Manuel País Chanfrau, PhD

C.C: 0959747320

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular "Extracción de aceite natural de residuos florícolas, para el uso en fragancias" elaborado por Lisbeth Vanessa Yamberla De La Torre previo a la obtención del título de Ingeniera en Agroindustria, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JOSE MANUEL PAIS CHANFRAU

(f)……

Ing. José Manuel País Chanfrau PhD.

C.C: 0959747320

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JIMMY NUNEZ PEREZ

(f)……

Ing. Jimmy Núñez Pérez MSc.

C.C: 1756606339

PRESENTACIÓN

Yo, YAMBERLA DE LA TORRE LISBETH VANESSA como autor(a) de la Tesis Titulada **"EXTRACCIÓN DE ACEITE NATURAL DE RESIDUOS FLORÍCOLAS, PARA EL USO EN FRAGANCIAS",** me hago responsable de los resultados, discusión, conclusiones y demás parte de la investigación; y pongo este documento como fuente de apoyo para consultas dirigidas a todos los estudiantes.

AGRADECIMIENTO

*A mis padres **María De la Torre**, el corazón de este sueño, porque siempre tuve el privilegio de contar con una madre que jamás dejó de sostener mis sueños y **José Yamberla**, Con su ejemplo me enseñó que los sueños se construyen con trabajo, dedicación y amor. Espero que hoy puedan sentirse tan orgullosos de mí como yo lo estoy de ser su hija.*

*Al **Ph.D. José Manuel Pais Chanfrau**, mi tutor de tesis, y al **M.Sc. Jimmy Núñez**, mi asesor. Más allá de ser excelentes profesionales, fueron los mejores docentes que tuve durante mi formación universitaria. Me siento profundamente agradecida y afortunada de que hayan sido ustedes quienes acompañaron este proceso.*

A mis hermanos/as, sé que muchas veces hicieron sacrificios silenciosos para que su hermana menor pudiera cumplir sus sueños. Espero que este logro también sea motivo de orgullo para ustedes, porque una parte de él lleva su esfuerzo, su cariño y el inmenso amor.

A mis dos mejores amigas, más que compañeras de clase, fueron hermanas que la vida me permitió elegir, llevaré conmigo el cariño y los recuerdos que construimos juntas.

Quiero expresar un agradecimiento muy especial a quien compartió conmigo sus conocimientos con tanta paciencia. Más allá de lo aprendido en el laboratorio, me enseñó que el conocimiento adquiere un verdadero significado cuando se comparte con amor, humildad y vocación de servicio.

A una persona que llegó a mi vida cuando menos lo esperaba y que, sin imaginarlo, se convirtió en una de las mayores motivaciones para continuar. Alguna vez me dijo que yo era un ejemplo para él; espero que este logro sea una prueba de que nunca dejé de luchar por aquello en lo que ambos creíamos.

Vanessa Yamberla

DEDICADORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y la luz que iluminó cada paso de este camino. Gracias por regalarme la sabiduría, la perseverancia y la esperanza necesarias para alcanzar este sueño. Pongo este logro en sus manos porque sin Él nada de esto sería posible

A la memoria de mi abuelita, quien hoy me acompaña desde el cielo. Aunque ya no pueda abrazarla, llevo conmigo su amor, sus enseñanzas y el recuerdo de todo lo que sembró en mi vida. Este logro también es suyo.

Y, de una manera muy especial, a Twenty One Pilots, cuya música me acompañó durante incontables horas de estudio y en los momentos más difíciles de mi vida. Gracias por recordarme, una y otra vez, que siempre vale la pena seguir adelante y encontrar fuerzas para continuar, incluso cuando el camino parece imposible.

A todas las personas que han luchado o siguen luchando contra la ansiedad, la depresión o cualquier batalla silenciosa, deseo que nunca pierdan la esperanza. Siempre existe un motivo para seguir adelante. "Stay alive." — Twenty One Pilots

Vanessa Yamberla

GLOSARIO

HR: Humedad relativa

TLC: Thin-Layer Chromatography (Cromatografía en capa fina)

HPLC: High-Performance Liquid Chromatography (Cromatografía Líquida de Alta Resolución.

QE: Quercetina Equivalente

GAE: Ácido gálico equivalente

TE: Trolox Equivalente

C3GE: Equivalentes de Cianidina-3- glucósido

p.s.: Peso seco

TR: Tiempo de Retención

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación tuvo como objetivo extraer aceites y compuestos bioactivos de residuos de tres variedades de rosas (*Rosa x hybrida cv.* Gotcha, Explorer y Mondial) provenientes de la finca ecuatoriana "Juyayla sisagu", buscando una alternativa sostenible de economía circular para mitigar el impacto ambiental de esta biomasa residual. El material vegetal se acondicionó hasta alcanzar un 10% de humedad para preservar los metabolitos y se evaluaron dos metodologías de extracción: hidrodestilación con equipo de Clevenger y extracción Soxhlet con etanol al 96%. La hidrodestilación obtuvo un rendimiento promedio de 0.030 ± 0.0005% y 0.030 ± 0.0003%, con alta selectividad hacia compuestos aromáticos volátiles, mientras que el método Soxhlet alcanzó rendimientos de 25.25% ± 3.54% y 27.16% ± 0.57%, debido a la extracción conjunta de compuestos fenólicos, flavonoides y pigmentos. Los análisis fitoquímicos confirmaron la presencia de estos metabolitos, destacando que el extracto etanólico presentó la mayor concentración de fenoles y flavonoides, mientras que el retenido mostró los niveles más altos de antocianinas y la mayor actividad antioxidante en el ensayo ABTS. En conclusión, el estudio demuestra que los residuos florícolas son una fuente viable y con alto potencial bioactivo para la elaboración de productos con valor agregado en las industrias cosmética, farmacéutica y de perfumería.

Palabras clave: residuos florícolas, hidrodestilación, Soxhlet, actividad antioxidante, aceites esenciales.

ABSTRACT

This research aimed to extract oils and bioactive compounds from the waste biomass of three rose varieties (*Rosa x hybrida* cv. Gotcha, Explorer, and Mondial) obtained from the Ecuadorian farm "Juyayla sisagu," seeking a sustainable circular economy alternative to mitigate the environmental impact of this residual biomass. The plant material was conditioned to 10% moisture content to preserve metabolites, and two extraction methodologies were evaluated: hydrodistillation using a Clevenger apparatus and Soxhlet extraction with 96% ethanol. Hydrodistillation achieved average yields of 0.030 ± 0.0005% and 0.030 ± 0.0003%, demonstrating high selectivity toward volatile aromatic compounds. Conversely, the Soxhlet method reached yields of 25.25% ± 3.54% and 27.16% ± 0.57% due to the co-extraction of phenolic compounds, flavonoids, and pigments. Phytochemical analyses confirmed the presence of these metabolites, highlighting that the ethanolic extract presented the highest concentration of phenols and flavonoids, whereas the retentate showed the highest levels of anthocyanins and the greatest antioxidant activity in the ABTS assay. In conclusion, this study demonstrates that floricultural waste is a viable source with high bioactive potential for developing value-added products in the cosmetic, pharmaceutical, and perfumery industries.

Keywords: floricultural waste, hydrodistillation, Soxhlet, antioxidant activity, essential oils.

ÍNDICE

CAPITULO I **1**
1. INTRODUCCIÓN **1**
1.1. Problema De Investigación 1
1.2. Antecedentes 2
1.3. Justificación 5
1.4. OBJETIVOS 7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL 7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
1.5. HIPOTESIS 7
1.5.1. Hipótesis alternativa 7
1.5.2. Hipótesis nula 7
CAPÍTULO II **8**
2. MARCO TEÓRICO **8**
2.1. Generalidades de las rosas **8**
2.2. Descripción botánica 9
2.3. Clasificación de las rosas 9
2.4. Variedad de rosas 10
2.5. Aceites esenciales 11
2.6. Métodos de obtención de aceites esenciales 11
2.6.1. Extracción con disolventes orgánicos- Soxhlet 12
2.6.2. Destilación por arrastre de vapor 12
2.7. Compuestos bioactivos de los aceites esenciales 13
2.7.1. Monoterpenos 13
2.7.2. Sesquiterpenos 13
2.7.3. Ésteres 13
2.7.4. Aldehídos y cetonas 13
2.7.5. Alcoholes fenólicos 13
2.8. Aplicación de los aceites esenciales 14
CAPITULO III **16**
3. MATERIALES Y MÉTODOS **16**
3.1. Tipo de investigación 16

3.2. Ubicación del lugar 16
3.3. Materiales, equipos y software 17
3.4. Métodos, técnicas y procedimiento 18
3.5. Acondicionar la materia prima 19
3.5.1. Recolección y preparación de la muestra vegetal 19
3.6. Evaluación de la eficiencia de metodologías de extracción para aceites esenciales de residuos florícolas 21
3.6.1. Extracción de aceite esencial de rosas por método de hidrodestilación 21
3.6.2. Obtención del extracto etanólico de rosas mediante el método de Soxhlet. 22
3.7. Purificación del aceite esencial obtenido por hidrodestilación 23
3.7.1. Concentración y purificación del extracto obtenido por el método de Soxhlet 23
3.8. Evaluación del rendimiento de extracción 24
3.9. Caracterización - Cuantificación Del Producto Obtenido 24
3.10. Cromatografía en Capa Fina (TLC) 25
3.10.1. Cuantificación de Fenoles Totales (Método de Folin-Ciocalteu) 25
3.10.2. Cuantificación de Flavonoides Totales (Método del Cloruro de Aluminio)..…. 26
3.10.3. Cuantificación de Antocianinas Totales (Método de pH Diferencial) 26
3.11. Potencial bioactivo de los extractos de rosas 27
3.11.1. Evaluación de la Capacidad Antioxidante por el Método ABTS 28
CAPITULO IV 29
4. RESULTADOS 29
4.1. Adecuación de la materia prima 29
4.2. Obtención de aceites esenciales por hidrodestilación 30
4.3. Obtención de aceites esenciales por método de Soxhlet 32
4.4. Caracterización fitoquímica-TLC 35
4.5. Caracterización y cuantificación de los extractos de rosas. 39
4.6. Ensayo de actividad antioxidante- ABTS 39
4.7. Limitaciones del estudio 40
CAPITULO V 42
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42
5.1. Conclusiones 42
5.2. Recomendaciones 43
6. BIBLIOGRAFÍA 44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aparato de Clevenger. 21
Figura 2. Equipo de Soxhlet 22
Figura 3. Equipo de Rotaevaporación 24
Figura 4. Diferencias del rendimiento entre tratamientos 35
Figura 5. Perfil cromatográfico del extracto etanólico de rosas 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Clasificación taxonómica de las rosas 8
Tabla 2. Clasificación hortícola de la rosa 9
Tabla 3.Variedades de rosas con mayor demanda en el mercado internacional 10
Tabla 4. Ubicación del experimento 16
Tabla 5. Equipos, materiales, insumos y software 17
Tabla 6. Factores y niveles de estudio 18
Tabla 7. Esquema de tratamientos del experimento 19
Tabla 8. Variedades de rosa con mayor demanda y producción en la finca Juyayla sisagu 20
Tabla 9. Porcentaje del contenido de humedad de las muestras vegetales 29
Tabla 10. Rendimiento de extracción de aceite esencial en residuos de rosas 30
Tabla 11. Análisis de la varianza para la extracción por arrastre de vapor. 32
Tabla 12. Rendimiento de extracción por método de Soxhlet en rosas 33
Tabla 13. Análisis de la varianza para la extracción por Soxhlet 34

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del rendimiento en función del peso [% p/p] 24

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Muestras de residuos florícolas 48
Anexo 2. Extracción de aceites esenciales- Arrastre de vapor 48
Anexo 3. Extracción etanólica- Método de Soxhlet 49
Anexo 4. Concentración de los extractos en Rotavapor 49
Anexo 5. ANOVA de la proporción, método y tratamiento empleado 50
Anexo 6. Cromatografía en capa fina de los extractos de rosas 50
Anexo 7. Cuantificación de metabolitos secundarios totales 55

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

2.1. Problema De Investigación

En Ecuador, la industria florícola se consolida como un icono global en la producción y exportación de diferentes variedades de rosas, sin embargo, el éxito de este sector ha generado que se intensifique una problemática crítica: la generación masiva y gestión deficiente de los residuos florícolas (Chavarro, 2021; Yong, 2004). Esta problemática representa un desafío para la sostenibilidad integral de la industria, ya que la acumulación de biomasa incide directamente en la degradación de los ecosistemas locales. La disposición inadecuada de estos desechos no solo afecta la calidad del suelo y la pureza de los cuerpos de agua, sino que además promueve la descomposición anaeróbica en vertederos, lo que incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero y aumenta su impacto ambiental (Yong, 2004).

La magnitud de este excedente se convierte en un problema crítico en zonas de alta densidad agrícola, donde la falta de protocolos de tratamiento agudiza el conflicto ambiental. Según datos de Santorum, (2023) solo en los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo se reporta una producción media de 488.25 kg semanales de residuos agrícolas provenientes en su mayoría de florícolas locales, esta cifra evidencia la falta de aprovechamiento de estos residuos y plantea serias interrogantes sobre la viabilidad económica de la industria florícola. De igual manera, este escenario de acumulación se ha visto agravado por factores externos que interrumpieron los flujos de exportación durante el periodo de 2019 a 2023, en el que situaciones logísticas y geopolíticas alteraron drásticamente la relación entre la producción y la comercialización final.

Durante la crisis sanitaria por COVID-19, las restricciones sanitarias, como la suspensión de vuelos comerciales y las restricciones de movilidad, generaron un estancamiento de la oferta exportable (Poveda, 2021). Dado que las fincas mantuvieron su producción, se produjo un incremento exponencial de residuos que no pudieron ser colocados en el mercado internacional.

Un fenómeno similar se observó en el conflicto entre Rusia y Ucrania, en el que la inestabilidad geopolítica en un mercado clave de alta demanda, provocó una contracción de los pedidos de rosas (Expoflores, 2021). Al ser la rosa un producto no de primera necesidad, la disminución de su consumo internacional deriva en excedentes que terminan como desechos, lo que eleva el riesgo financiero de las fincas florícolas ecuatorianas. Por consiguiente, la presente investigación se propone analizar el impacto de estos residuos en el entorno natural y su repercusión en la estabilidad económica del país, con el fin de proponer soluciones técnicas que mitiguen dichos efectos y promuevan la eficiencia del sector.

2.2. Antecedentes

La industria florícola en Ecuador ha experimentado un crecimiento estable desde la década de 1980, consolidándose como uno de los principales sectores productivos del país, impulsada por la innovación, la inversión extranjera, la organización del sector y la consolidación de mercados de exportación (Bastidas, 2020; Chavarro, 2021).

2.2.1. Inicios y primeros emprendimientos

La floricultura ecuatoriana se remonta a 1982, cuando la empresa Jardines del Ecuador estableció las primeras plantaciones comerciales de claveles y crisantemos en Puembo. Sin embargo, debido a problemas laborales, la compañía no logró consolidarse y cerró operaciones (Bastidas, 2020).

En 1983, Mauricio Dávalos Guevara y la compañía Rosas del Ecuador S.A. iniciaron la exportación de rosas, lo que marcó el inicio del crecimiento de esta actividad. Motivados por el éxito de esta finca, varios empresarios ecuatorianos invirtieron en el cultivo de flores, principalmente rosas, claveles y clavelinas, en zonas como Cayambe y Tabacundo. Para 1985, ya existían aproximadamente 25 hectáreas cultivadas con flores, destacándose las rosas como el producto estrella (Bastidas, 2020; Chavarro, 2021; Poveda, 2021).

2.2.2. Expansión y consolidación del sector florícola en Ecuador

A finales de la década de 1990 y principios de los 2000, la implementación de tecnologías más eficientes, así como la mejora del sistema de riego y de control biológico elevaron la calidad de las flores y permitieron diversificar la oferta exportable. Consolidando a la industria florícola ecuatoriana como uno de los principales sectores de exportación no petrolera del país. Este proceso ha sido impulsado por la alta calidad de las flores ecuatorianas, la inversión en tecnología y la diversificación de mercados estratégicos como Estados Unidos, la Unión Europea, Rusia y Canadá. Por ello, en el 2021, el país incrementó su accionar en mercados clave, consolidándose como el segundo proveedor de flores en la Unión Europea y el principal en Rusia (Expoflores, 2021).

Estados Unidos representa el mercado más importante para las flores ecuatorianas, adquiriendo el 43% del total exportado. En 2021, las exportaciones ecuatorianas a este destino crecieron un 19%, alcanzando más de 64 mil toneladas. Las rosas son la especie más demandada, con un 63% de participación.

Unión Europea: Ecuador escaló posiciones en este mercado, superando a Etiopía y consolidándose como el segundo mayor proveedor. En 2021, las exportaciones ecuatorianas a la UE crecieron un 39%, con las rosas como principal especie exportada

Rusia: Se consolidó como el tercer mercado de exportación para Ecuador, lo que representa el 40% de las importaciones rusas de flores. En 2021, las exportaciones ecuatorianas a Rusia crecieron más del 100%, destacando las rosas y las alstroemerias.

Canadá: Ecuador mantiene el segundo lugar como proveedor de flores en este país, con una participación del 24% del mercado. Aunque el volumen exportado disminuyó un 2% en 2021, las flores preservadas crecieron un 76% (Expoflores, 2021).

2.2.3. Obtención de los aceites esenciales

Dentro de este proceso de aprovechamiento, la obtención de aceites esenciales constituye una estrategia de gran interés gracias a su aplicación en diferentes sectores industriales. Según Katekar et al. (2022) Estos compuestos son metabolitos secundarios volátiles extraídos de diferentes partes de la planta (tallo, hojas, flores) y que presentan una alta demanda en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica, principalmente por sus propiedades aromáticas y bioactivas. En los últimos años, la evolución tecnológica para la extracción de estos metabolitos se ha orientado hacia la optimización de la eficiencia operativa, la reducción de costos y la mitigación de impactos ambientales adversos (Casado, 2018; Santos et al., 2022).

Históricamente, la obtención de estos compuestos se realizaba mediante métodos tradicionales como la maceración fría y la destilación en alambiques; no obstante, los avances en la tecnología han permitido el desarrollo de metodologías más sofisticadas como la destilación por arrastre de vapor y la utilización de fluidos supercríticos que favorecen a la obtención de moléculas sensibles al calor y su correcta preservación (Katekar et al., 2022). Por otro lado, aunque la extracción con solventes químicos también se ha utilizado para procesar materiales delicados, presenta riesgos relacionados con la presencia de trazas químicas y la eficiencia de recuperación al final de todo el proceso (Kant & Kumar, 2022; Kazaz et al., 2009).

2.2.4. Impacto Económico y Ambiental

Estudios recientes demuestran que otras técnicas avanzadas, como la hidrodestilación y la extracción con fluidos supercríticos, resultan económicamente viables según el tipo de aceite esencial y su aplicación final, optimizando los procesos, reduciendo la generación de residuos y por ende su huella ecológica (Kant & Kumar, 2022; Katekar et al., 2022).

2.2.5. Aplicación estratégica de los aceites esenciales en fragancias

Por cientos de años, los aceites esenciales han constituido la piedra angular de la perfumería fina debido a su capacidad para aportar perfiles olfativos complejos que los compuestos sintéticos difícilmente pueden replicar en su totalidad (Sharmeen et al., 2021). Estas sustancias contienen una mezcla intrincada de metabolitos secundarios que definen las notas de salida, corazón y fondo de una fragancia. En el mercado actual, el uso de estos extractos naturales no solo responde a una búsqueda de calidad sensorial superior, sino también a la creciente demanda de productos cosméticos más sostenibles y libres de aditivos químicos (Burger et al., 2019). Por esta razón, la industria de perfumería ha invertido en la búsqueda de nuevas fuentes naturales que permitan obtener aceites esenciales puros, garantizando una identidad aromática auténtica y cumpla con los estándares internacionales de seguridad y naturalidad (Sharmeen et al., 2021)

2.3. Justificación

El desarrollo de la industria florícola en el país ha generado un aumento del volumen de residuos orgánicos, cuya gestión ineficiente constituye un grave desafío ambiental. En este contexto, la valorización de los residuos mediante la extracción de aceites esenciales surge como una estrategia innovadora, alineada con los principios de economía circular, lo que, a su vez, permite transformar un problema ambiental en un recurso biológico de alto valor (Burger et al., 2019; Ranjha et al., 2023; Sharmeen et al., 2021).

Desde una perspectiva económica, se propone la creación de un proceso de economía circular, al procesar botones no comercializables y desechados para obtener insumos destinados a la industria cosmética y de fragancias finas, optimizando el ciclo de vida del cultivo. Esta transición permite convertir lo que antes era un residuo sin valor comercial en un producto de alta demanda industrial, lo que fortalece la economía de las unidades de producción florícola.

De igual manera, la investigación responde a las exigencias de un mercado global, el cual muestra una preferencia creciente por ingredientes naturales y procesos de fabricación ambientalmente responsables (Sharma et al., 2023). La implementación de estas técnicas de producción más limpias no solo reduce el impacto ambiental de la actividad industrial, sino que también posiciona a la floricultura ecuatoriana como referente en sostenibilidad y vanguardia técnica. En última instancia, el desarrollo de esta propuesta contribuye a elevar la competitividad nacional al impulsar un modelo de crecimiento industrial que armoniza la rentabilidad económica con la preservación del entorno natural

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Extraer aceite esencial de residuos florícolas para uso en perfumería

2.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Acondicionar la materia prima mediante secado para preservar sus componentes de interés
- Evaluar el rendimiento (% p/p) de dos métodos de extracción a dos proporciones de solventes
- Caracterizar los extractos mediante TLC, fenoles/flavonoides/antocianinas totales y actividad antioxidante ABTS

2.5. HIPOTESIS

2.5.1. Hipótesis alternativa

El método de extracción (Soxhlet vs. hidrodestilación) y la proporción materia: solvente influyen significativamente en el rendimiento de extracción de los residuos de rosa.

2.5.2. Hipótesis nula

El método de extracción (Soxhlet vs. hidrodestilación) y la proporción materia: solvente no influyen significativamente en el rendimiento de extracción de los residuos de rosa.

CAPÍTULO II

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades de las rosas

Las rosas pertenecientes a la familia *Rosaceae* (tabla 1) son una de las plantas ornamentales más apreciadas a nivel mundial por su belleza, fragancia y diversidad. En la actualidad, lideran el mercado de la floricultura, siendo una de las especies con mayor producción a nivel global. Su popularidad se debe a la amplia gama de colores, formas y tamaños que presentan, con aproximadamente 300 variedades identificadas. Gracias a los avances en la horticultura, la mayoría de las rosas comerciales provienen de un meticuloso proceso de hibridación, dando lugar a los conocidos híbridos de té (Alizadeh & Fattahi, 2021). Estas variedades son las más utilizadas en la industria florícola debido a su floración prolongada, resistencia y atractivo estético (Yong, 2004).

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de las rosas

Reino	Vegetal
División	Espermatofitos
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Rosáceas
Tribu	Roseas
Género	Rosa
Especie	Sp

3.2. Descripción botánica

El rosal es un arbusto de crecimiento abierto, con ramas leñosas que suelen presentar espinas. Sus hojas son pinnadas, con estípulas, caducas y compuestas de cinco folíolos ovalados, con nervaduras prominentes en el envés.

Sus flores, generalmente grandes y llamativas, pueden aparecer solitarias o agrupadas en inflorescencias terminales (Arzate-Fernández et al., 2014), poseen un receptáculo carnoso de forma cónica y hueca, que envuelve numerosos carpelos monospermos (Estructuras reproductivas de la rosa), adheridos a su pared interna.

3.3. Clasificación de las rosas

Las rosas se clasifican en tres grupos principales que corresponden a: Silvestres, antiguas de jardín y modernas (híbridas del té), así como por el número de pétalos, color y forma de la flor (Sociedad Americana de Rosas, 2018), dicha clasificación refleja el progreso botánico y evolutivo de la rosa (tabla 2).

Tabla 2.

Clasificación hortícola de la rosa

Por el número de pétalos	
Sencillas	< 8 pétalos
Semidobles	8-20 pétalos
Dobles	21-40 pétalos
Por el color	
Monocolor	1 color
Bicolor	2 colores
Multicolor	>2 colores
Por la forma	

Globular	Mayor densidad y forma de globo
Abierta	Flores con centro abierto
Plana	Pocos pétalos en un plano horizontal
Carteada	Pétalos internos que terminan en grupos
Roseta	Muchos pétalos dispuestos horizontalmente
Pompón	Mayor densidad, pétalos cortos dispuestos horizontalmente

Fuente: Adaptado de Arzate-Fernández et al., (2014).

3.4. Variedad de rosas

Ecuador, al ser uno de los principales países exportadores de rosas, también cuenta con una amplia gama de rosas de alta demanda en el mercado internacional (tabla3).

Tabla 3.

Variedades de rosas con mayor demanda en el mercado internacional

VARIEDAD	**COLOR**
FREEDOM	Rojo
EXPLORER	Rojo
HIGH MAGIC.	Rojo (Manchas Blancas)
CREME DE LA CREME.	Crema
VENDELA	Blanca
MOHANA	Amarilla
FINESS	Crema
MONDIAL	Blanca
GOTCHA	Fucsia
CAHIPIRIÑA	Amarilla

Entre las diferentes variedades de rosas, destacan las variedades *Rosa x hybrida cv.* Gotcha, *Rosa x hybrida cv.* Explorer y *Rosa x hybrida cv.* Mondial al ser las más demandadas en la finca **Juyayla sisagu** de donde se obtuvieron los residuos como la materia prima para su aprovechamiento mediante dos métodos de extracción.

3.5. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son compuestos naturales volátiles y altamente concentrados que se extraen de diversas partes de las plantas aromáticas, como flores, hojas, tallos, raíces y frutos. Son responsables del aroma característico de cada especie vegetal y desempeñan un papel crucial en su protección contra plagas, enfermedades y depredadores (Khan et al., 2023).

Desde un punto de vista químico, están compuestos principalmente por terpenoides y otros compuestos bioactivos con propiedades terapéuticas. Su uso es ampliamente reconocido en diversas industrias, como la cosmética, la farmacéutica, la alimentaria y la aromaterapia, debido a sus efectos antimicrobianos, antiinflamatorios, antioxidantes y relajantes. En la actualidad, los aceites esenciales son valorados tanto por su aporte en la fabricación de productos naturales como por su potencial en el bienestar humano (Khan et al., 2023).

3.6. Métodos de obtención de aceites esenciales

Los métodos más utilizados para la extracción de aceites esenciales son la destilación por arrastre de vapor, la expresión en frío y la extracción con solventes, cada uno de los cuales afecta la calidad y composición del producto final. Actualmente, estos aceites son altamente apreciados no solo por su contribución en la elaboración de productos naturales, sino también por sus beneficios en la salud y el bienestar humano.(Casado, 2018; Katekar et al., 2022; Kazaz et al., 2009)

3.6.1. Extracción con disolventes orgánicos- Soxhlet

La extracción con disolventes orgánicos es un método ampliamente utilizado para obtener compuestos bioactivos de origen vegetal, incluidos los aceites esenciales. Este proceso se basa en la capacidad de ciertos solventes, como etanol, hexano o acetato de etilo, para disolver los compuestos de interés presentes en la materia prima. Entre las técnicas de extracción con solventes, el método Soxhlet es uno de los más empleados por su eficiencia en la recuperación de sustancias aromáticas y lipofílicas. Este sistema funciona mediante un ciclo continuo de disolución y filtrado, donde el disolvente caliente pasa repetidamente a través del material vegetal, extrayendo los compuestos esenciales (Ranjha et al., 2023; Santos et al., 2022).

Posteriormente, el solvente se evapora, dejando el extracto puro. Aunque el método Soxhlet permite obtener mayores rendimientos de extracción en comparación con otros procesos, presenta la desventaja del uso de solventes químicos, lo que puede requerir etapas adicionales de purificación para garantizar la seguridad del producto final (Santos et al., 2022).

3.6.2. Destilación por arrastre de vapor

La destilación por arrastre de vapor es una técnica tradicional para extraer aceites esenciales de materiales vegetales, basada en la volatilización de los compuestos aromáticos mediante vapor de agua, que atraviesa la biomasa y libera los aceites esenciales sin descomponerlos. Una vez que el vapor arrastra estos compuestos, la mezcla se condensa y se separa en dos fases: el agua destilada o hidrolato y el aceite esencial, que se separa por diferencia de densidad. Este proceso tiene la ventaja de no requerir disolventes químicos, lo que preserva la pureza del aceite obtenido. Sin embargo, su eficiencia depende de factores como la temperatura (Kazaz et al., 2009), la presión del vapor y la estructura de la planta utilizada (Casado, 2018; Katekar et al., 2022; Ranjha et al., 2023)

3.7. Compuestos bioactivos de los aceites esenciales

Los aceites esenciales extraídos de las rosas, según su especie, contienen una compleja mezcla de compuestos bioactivos que les confieren propiedades aromáticas y terapéuticas (Alizadeh & Fattahi, 2021; Berechet et al., 2015). Entre los principales se encuentran:

3.7.1. Monoterpenos

- **Geraniol:** Responsable del aroma característico de la rosa y con propiedades antimicrobianas y antioxidantes.
- **Citronelol:** Contribuye a la fragancia dulce y posee efectos repelentes de insectos y antiinflamatorios.
- **Nerol:** Aporta notas florales al aceite y posee propiedades antimicrobianas y calmantes.

3.7.2. Sesquiterpenos

- **Farnesol:** Contribuye a la actividad antimicrobiana y se utiliza en cosmética como fijador de fragancia.
- **β-Cariofileno:** Con propiedades antiinflamatorias y analgésicas.

3.7.3. Ésteres

- **Acetato de geranilo:** Mejora la fijación del aroma y tiene propiedades relajantes.

3.7.4. Aldehídos y cetonas

- **Nonanal y decanal:** Contribuyen a las notas cítricas y frutales del aceite.
- **Damascenona:** Compuesto clave en la fragancia de la rosa, con un aroma intenso y dulce.

3.7.5. Alcoholes fenólicos

- **Eugenol:** Posee propiedades antioxidantes y antisépticas.
- **Metil eugenol:** Compuesto que contribuye al perfil aromático único de las rosas.

Estos compuestos trabajan en sinergia para dar al aceite esencial de rosa su aroma inconfundible y sus múltiples aplicaciones en perfumería, cosmética y aromaterapia

3.8. Aplicación de los aceites esenciales

El aceite esencial de rosa es uno de los más apreciados y valiosos en diversas industrias por su exquisito aroma, composición química y propiedades terapéuticas. En la industria cosmética y de perfumería, es un ingrediente clave en la formulación de perfumes de lujo, cremas hidratantes y aceites corporales, gracias a su fragancia floral única y su capacidad para nutrir y revitalizar la piel.(Alizadeh & Fattahi, 2021) En el ámbito farmacéutico, se emplea por sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y regenerativas, y se utiliza en tratamientos para mejorar la elasticidad de la piel, reducir arrugas y cicatrices, así como aliviar afecciones dermatológicas como la rosácea. Además, en aromaterapia, el aceite esencial de rosa es ampliamente reconocido por sus efectos relajantes y equilibrantes, que ayudan a reducir el estrés, la ansiedad y los síntomas de la depresión. También se utiliza en la industria del bienestar y del cuidado personal, donde se añade a baños, masajes y difusores para promover una sensación de calma y bienestar. Su combinación de beneficios sensoriales y medicinales lo convierte en uno de los aceites esenciales más valorados en el mundo (Santos et al., 2022; Sharma et al., 2023).

En síntesis, la literatura científica actual reconoce ampliamente el valor de los aceites esenciales y los extractos crudos de *Rosa spp.* en la perfumería y la cosmética fina debido a su compleja composición de monoterpenos y polifenoles bioactivos. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones previas se centran en el procesamiento de botones florales frescos o cultivados para este fin, existiendo un vacío en el estudio comparativo y sistemático de metodologías de extracción aplicadas específicamente a la biomasa residual de la postcosecha florícola ecuatoriana. Por tal motivo, el presente trabajo de titulación aporta un enfoque innovador de economía circular al evaluar y contrastar de manera rigurosa la eficiencia del método Soxhlet y la hidrodestilación sobre los residuos de las variedades *Gotcha*, *Explorer* y *Mondial*, lo cual, no solo se genera un precedente técnico para optimizar los procesos de

obtención de extractos vegetales, sino que se valida científicamente el potencial de los residuos florícolas como una materia prima sostenible y de alto valor añadido para la formulación de fragancias.

CAPITULO III

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo de investigación

Este estudio se desarrolló con un enfoque mixto, siguiendo un modelo experimental basado en la medición cuantitativa de variables, como los rendimientos, para comparar dos métodos de extracción distintos e identificar cuál resulta más eficiente y productivo. Sin embargo, como los métodos están enfocados en la obtención de diferentes tipos de extractos (aceite esencial y extracto etanólico crudo), la comparación entre ambas metodologías presentó diferencias significativas muy grandes entre si. Adicionalmente, el trabajo incluye una etapa descriptiva en la que se analizan las propiedades y la composición de los aceites.

4.2. Ubicación del lugar

Para la fase experimental, se trabajó en la ciudad de Ibarra en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales pertenecientes a la Universidad Técnica del Norte, que están ubicados en la parroquia El Sagrario, perteneciente al Cantón Ibarra de la Provincia de Imbabura. Además, se emplearon el laboratorio de análisis fisicoquímico de las unidades eduproductivas y el laboratorio de análisis fisicoquímico y microbiológico que forman parte de la facultad. Las condiciones que determinan la fase experimental se describieron en la Tabla 4.

Ubicación del experimento

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Altitud	2215 m.s.n.m.
Humedad relativa promedio	97 %
Precipitación	Promedio entre 550,3 mm/Año

Temperatura promedio	18 °C

(INAMHI, 2026)

4.3. Materiales, equipos y software

Para cumplir con los objetivos de este estudio, se requirieron varios equipos, materiales e insumos, que se describen a continuación en la Tabla 5.

Tabla 4.

Equipos, materiales, insumos y software

Equipos	**Materiales**	**Insumos**	**Reactivos**	**Software**
Equipo de hidrodestilación de Clevenger	Frascos ámbar 10 mL	Pétalos de rosas	Agua destilada	Microsoft Word.
Soxhlet	Frascos ámbar 500 mL		Etanol 96%	Microsoft Excel
Manta de calentamiento [Biobase]	Placas de sílice			
Rotavapor				
Balanza digital o gramera				
Analizador de humedad [Radwag]				
Empacadora al vacío				
Refrigeradora				
Espectrofotómetro				

4.4. Métodos, técnicas y procedimiento

Para el cumplimiento de los objetivos, se siguió un diseño completamente al azar (DCA) con 2 factores de estudio (metodología de extracción "M" y proporción p/v "P") y sus respectivos niveles (tabla 6). Los datos de cada tratamiento se ordenaron y se realizó un ANOVA, seguido de una prueba de Tukey, para determinar si existía una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, con un nivel de confianza del 95%.

Para ello se tuvieron las siguientes consideraciones:

- **Repeticiones:** 3 por tratamiento
- **Unidad experimental**: Peso de materia vegetal
- **Unidad experimental neta**: 20 g de materia vegetal (por repetición)
- **Número de unidades experimentales:** 12U

Tabla 5.

Factores y niveles de estudio

Método de extracción (M)	**Proporción p/v**
m1: Soxhlet	**p1:** 1:30
m2: Hidrodestilación	**p2:** 1:12

Como variables de respuesta se consideraron el rendimiento de la extracción bajo ambas metodologías y las proporciones posibles, así como la composición química de los extractos obtenidos (aceite esencial y extracto etanólico). Los tratamientos se establecieron como se muestra en la tabla 7.

Tabla 6.

Esquema de tratamientos del experimento

Tratamientos	Código	Tratamiento	Código
1	m1p1	**7**	m1p2
2	m2p1	**8**	m2p2
3	m1p2	**9**	m1p1
4	m2p2	**10**	m2p1
5	m1p1	**11**	m1p2
6	m2p1	**12**	m2p2

4.5. Acondicionar la materia prima

4.5.1. Recolección y preparación de la muestra vegetal

Como materia vegetal, se utilizaron únicamente los pétalos y receptáculos de la mezcla de residuos de tres variedades de rosas provenientes de la finca florícola denominada "Juyayla sisagu", como fuente del aceite esencial y del extracto etanólico crudo (tabla 8). Para ello, se recolectaron los residuos florícolas por la mañana, asegurando su frescura y buen estado (Anexo 1).

Tabla 7.

Variedades de rosa con mayor demanda y producción en la finca Juyayla sisagu

VARIEDAD	COLOR
Rosa x hybrida cv. Gotcha	Fucsia
Rosa x hybrida cv. Explorer	Rojo
Rosa x hybrida cv. Mondial	Blanca

Nota: Los residuos florícolas se encontraban mezclados según la disposición de la finca, por lo que se consideró la mezcla de estos como unidades experimentales para su aprovechamiento.

Las rosas fueron despetaladas, almacenadas en fundas *ziplock* y etiquetadas con base en la norma PGT/LA/06: Recepción, Ingreso y Entrega de muestras establecidas por Agrocalidad, (2018):

- **Código de la muestra**
- **Localización: Provincia, Cantón, Parroquia**
- **Cultivo**
- **Fecha de toma de muestra**

Los pétalos se trasladaron al laboratorio de **análisis fisicoquímico y microbiológico** de la Universidad Técnica del Norte. Posteriormente, se lavaron con agua corriente para eliminar cualquier residuo de polvo, se secaron con un paño seco y se midió su porcentaje de humedad antes de realizar el secado en el horno y de acuerdo con la metodología establecida por (Meléndez et al., 2012). Mismo que menciona un secado de la muestra vegetal en horno durante 72 horas a 40 °C.

Una vez transcurrido el tiempo de secado, los pétalos se trituraron con ayuda de una licuadora marca Oster y se midió su porcentaje de humedad. Según Casado, (2018); García,

(2009), se consideró como óptimo un valor de humedad entre el 5% y 10% para disminuir la actividad de enzimas que puedan degradar los componentes de los extractos.

4.6. Evaluación de la eficiencia de metodologías de extracción para aceites esenciales de residuos florícolas

La obtención de los extractos de rosas se realizó siguiendo dos metodologías de extracción, tal y como mencionan Katekar et al. (2022) y Kant & Kumar (2022): extracción con solventes orgánicos (m1) y extracción por arrastre de vapor (m2), debido a que estas metodologías mostraron un mayor rendimiento en la obtención de extractos vegetales.

4.6.1. Extracción de aceite esencial de rosas por método de hidrodestilación

La extracción del aceite esencial se llevó a cabo aplicando la técnica de arrastre por vapor, para ello, se hizo uso del equipo de Clevenger (Figura 1-Anexo 2), siguiendo los pasos a continuación:

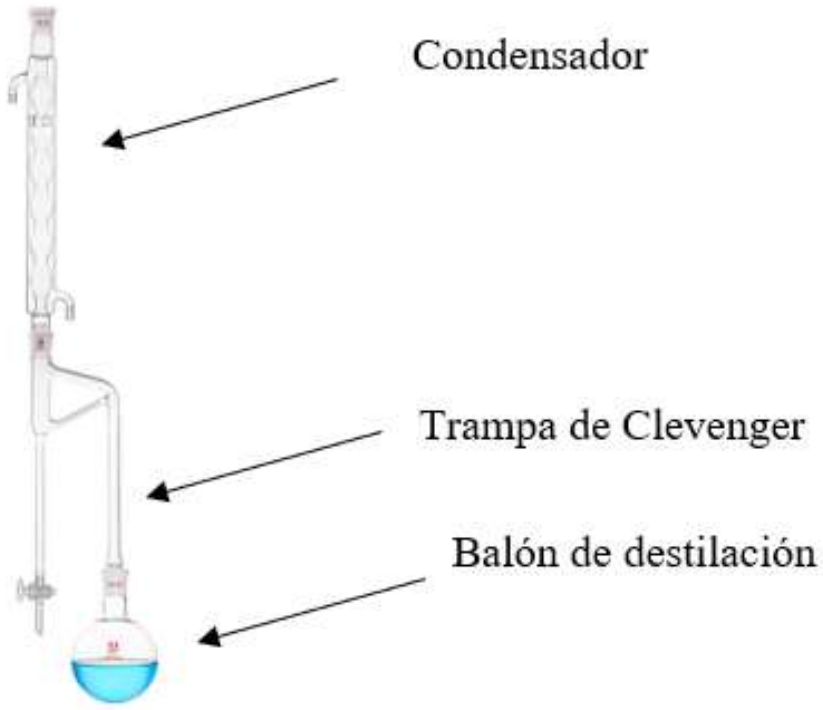


Figura 1. Aparato de Clevenger.

1. Armar el equipo de Clevenger, tal y como se muestra en la figura 1.
2. Pesar 20 g de materia vegetal seca y triturada y añadir al balón redondo de destilación
3. Adicionar el agua destilada al balón, según la relación soluto-solvente, y llevar al calentador de manta de la marca *Biobase*.
4. Encender la manta de calentamiento hasta los 98 °C durante 1 hora.

Posteriormente, en la trampa de Clevenger, se separaron 2 fases correspondientes al aceite extraído, además del agua condensada o hidrolato de rosas, asi como el retenido, producto del hervor en el balón de destilación.

Al final del proceso, todos los extractos se almacenaron en un frasco ámbar a 4 °C para evitar la degradación y la volatilización de los compuestos aromáticos presentes en cada uno.

4.6.2. Obtención del extracto etanólico de rosas mediante el método de Soxhlet.

La obtención del extracto etanólico crudo se llevó a cabo usando etanol al 96% como solvente, en un equipo de extracción tipo Soxhlet (figura 2- anexo 3) siguiendo los pasos a continuación:

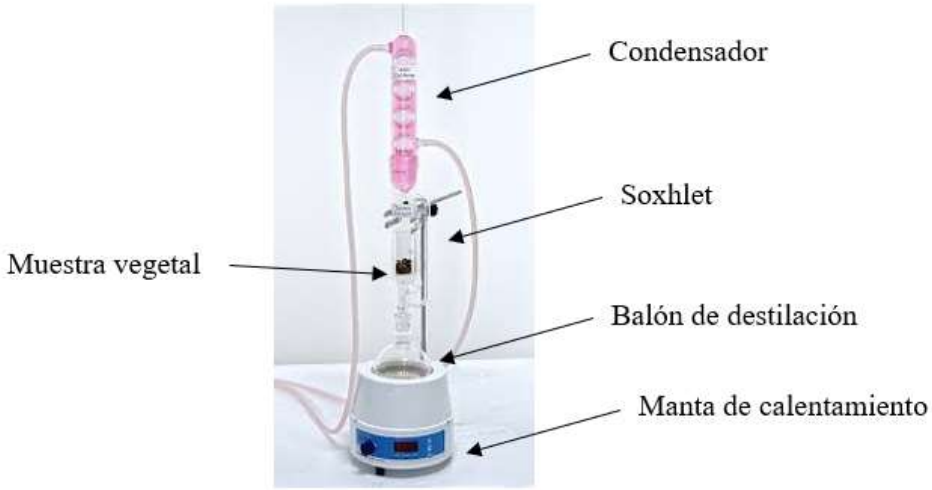


Figura 2. Equipo de Soxhlet

1. Armar el equipo Soxhlet tal y como se muestra en la figura 2.
2. Pesar 20 g de materia vegetal seca y triturada y añadir al balón redondo de destilación

3. Adicionar etanol al 96%, con respecto a la relación soluto-solvente y llevar a la manta de calentamiento.
4. Encender la manta de calentamiento a 98 °C y dejar en funcionamiento hasta completar 6 ciclos de recirculación (Kazaz et al., 2009; Santos et al., 2022).

Al final del proceso, el extracto, junto al solvente, se almacenó en un frasco ámbar a 4°C para evitar su degradación y la volatilización de los compuestos aromáticos presentes en el aceite.

4.7. Purificación del aceite esencial obtenido por hidrodestilación

Para la purificación del aceite esencial obtenido por el método de hidrodestilación, se congeló a -4 °C y se retiró el aceite a otro frasco ámbar con ayuda de una pipeta, al mismo tiempo, se pesó el aceite para el posterior cálculo del rendimiento (Noriega Rivera, 2009).

4.7.1. Concentración y purificación del extracto obtenido por el método de Soxhlet

Para purificar el extracto obtenido, fue necesario recuperar todo el solvente empleado para su extracción, por lo cual se usó el Rotavapor, marca Thermo Fisher (Figura 3), bajo las siguientes condiciones: 40 °C, 300 rpm y 175 mbar, durante 45 minutos. El equipo evaporó y condensó el etanol, separándolo del extracto puro de la materia vegetal en un recipiente separado, permitiendo así, recuperar únicamente el extracto concentrado utilizado para los ensayos posteriores (Anexo 4).



Figura 3. Equipo de Rotaevaporación

4.8. Evaluación del rendimiento de extracción

El aceite esencial o el extracto concentrado obtenido se pesó en una balanza analítica marca HANNA; posteriormente, se calculó el rendimiento aplicando la siguiente ecuación (ecuación 1) en relación con el porcentaje peso/peso.

Ecuación 1. *Cálculo del rendimiento en función del peso [% p/p]*

$$Rendimiento\ (\%\, p/p) = \frac{masa\ de\ aceite\ esencial\ (g)}{masa\ vegetal\ seca\ (g)} \times 100 \qquad (1)$$

El cálculo del rendimiento permitió conocer la eficiencia de los métodos de extracción y su producción, así como una interpretación de los gastos operativos y rentabilidad.

Cabe mencionar que, al tratarse de dos sustancias totalmente distintas (aceite y extracto etanólico crudo), se esperaron diferencias muy marcadas en el rendimiento de extracción entre las metodologías.

4.9. Caracterización - Cuantificación Del Producto Obtenido

Para el análisis fitoquímico de los componentes presentes en el aceite esencial de rosas, flavonoides, fenoles y terpenos, se siguieron las metodologías propuestas por otros autores (Bulugahapitiya, 2013; Castillo et al., 2017; Galván Ayala & Pitre Ruíz, 2022; Sasidharan et al., 2011).

4.10. Cromatografía en Capa Fina (TLC)

La cromatografía en capa fina se utilizó en primera instancia para verificar la presencia de diferentes compuestos o metabolitos secundarios y su posterior identificación analizando los valores de tiempo de retención, para ello, se siguieron los siguientes pasos:

- Aplicar una pequeña muestra del extracto etanólico y del aceite esencial en una placa de sílice-aluminio con un micropistilo.
- Preparar las diferentes fases móviles para los ensayos: ácido acético: n-butanol: agua [1:3:1], cloroformo: metanol [2:1], metanol: agua [1:2], acetato: metanol [3:1] y n-butanol: metanol
- Colocar la placa en la cámara cromatográfica con cada una de las fases móviles y dejar que ascienda por capilaridad.
- Observar los valores de Rf y los colores bajo luz UV.
- Comparar, mediante documentos y bases de datos, los metabolitos correspondientes a dichos valores de retención.

Posteriormente, para cuantificar los metabolitos presentes en los extractos, se enviaron las muestras al Centro de Análisis Biológico y Agroalimentario "CABA" de la Universidad Técnica de Manabí-Extensión Chone para su análisis espectroscópico. Sin embargo, por motivos logísticos y de los requerimientos para dichos análisis las muestras de los diferentes extractos se enviaron fusionados según el tipo de extracto (Extracto etanólico crudo concentrado, hidrolato y retenido). Los métodos analíticos utilizados en el CABA para su determinación corresponden a los ensayos de Folin-Ciocalteu (fenoles totales), de cloruro de aluminio $AlCl_3$ (flavonoides) y de pH diferencial (antocianinas).

4.10.1. Cuantificación de Fenoles Totales (Método de Folin-Ciocalteu)

La determinación del contenido de fenoles totales se realizó mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu. En tubos de ensayo, se adicionó una alícuota del extracto y

se mezcló con el reactivo de Folin-Ciocalteu diluido. Tras un periodo de incubación de 10 minutos, se añadió una solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) para alcalinizar el medio y favorecer la reacción de óxido-reducción (Singleton et al., 1999).

La mezcla se incubó en la oscuridad a temperatura ambiente durante el tiempo necesario para el desarrollo del complejo azul de molibdeno-tungsteno (30 minutos). Finalmente, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 760 nm, utilizando un espectrofotómetro. Los resultados se calcularon a partir de una curva de calibración estándar de ácido gálico y se expresaron como miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (mg EAG/g).

4.10.2. Cuantificación de Flavonoides Totales (Método del Cloruro de Aluminio - $AlCl_3$)

El contenido de flavonoides totales se determinó mediante el método colorimétrico del cloruro de aluminio ($AlCl_3$). El protocolo consistió en mezclar una alícuota del extracto con una solución de $AlCl_3$ en un medio controlado con acetato de hidróxido de sodio (Zhishen et al., 1999).

La adición de aluminio genera la formación de un complejo ácido-estable de color amarillento con los grupos hidroxilo de los flavonoides. Tras un tiempo de incubación de 30 minutos a temperatura ambiente, se procedió a la lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 415 nm Los valores se cuantificaron mediante una curva patrón de quercetina (o rutina) y se reportaron como miligramos de equivalentes de quercetina por gramo de muestra mg EQ/g.

4.10.3. Cuantificación de Antocianinas Totales (Método de pH Diferencial)

La determinación de antocianinas totales se llevó a cabo empleando el método de pH diferencial, tal y como lo describe Giusti & Wrolstad, (2001), el cual aprovecha el cambio

estructural de las antocianinas en función del pH. Para ello, la muestra se diluyó de forma paralela en dos sistemas de amortiguadores químicos: una matriz de buffer de cloruro de potasio (KCl) a pH 1.0 (donde la antocianina se encuentra en su forma coloreada de catión flavilio) y una matriz de buffer de acetato de sodio (CH_3COONa) a pH 4.5

Tras un periodo de equilibrio, se midieron las absorbancias de ambas diluciones a dos longitudes de onda distintas: la longitud de máxima absorción (λ_{max}= 520 nm) y una longitud de corrección por turbidez (700 nm). La absorbancia neta (A) se calculó mediante la siguiente relación matemática:

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5}$$

La concentración de antocianinas monoméricas se determinó utilizando la ecuación de Beer-Lambert, expresando el resultado final en miligramos de cianidina-3-glucósido por gramo de muestra mg C3G/g.

4.11. Potencial bioactivo de los extractos de rosas

Como parte de la caracterización funcional de los extractos obtenidos, se evaluó su potencial bioactivo mediante la determinación de la actividad antioxidante a través del ensayo de captación de radicales libres y metaestables ABTS (ácido 2,2′-azino-bis-(3-etilbenzoatiazolin-6-sulfónico)). Esta técnica permitió cuantificar la capacidad de los aceites esenciales para neutralizar especies reactivas de oxígeno, una propiedad muy valorada en la industria cosmética para la formulación de productos antienvejecimiento. Cabe mencionar que, debido a la necesidad de equipamiento especializado y reactivos específicos, dicho análisis fue enviado para su análisis externo en las instalaciones del centro de análisis biológico y agroalimentario "CABA" de la Universidad Técnica de Manabí-Extensión Chone (Anexo 6), que cuentan con la infraestructura técnica necesaria para garantizar la precisión de los resultados espectrofotométricos**.**

4.11.1. Evaluación de la Capacidad Antioxidante por el Método ABTS

La actividad antioxidante por transferencia de electrones/átomos de hidrógeno se evaluó mediante el ensayo del radical catiónico ABTS (Re et al., 1999). En primera instancia, se generó el radical libre mediante la reacción química de una solución madre de ABTS [ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)] con persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$), manteniéndose la mezcla en la oscuridad a temperatura ambiente durante 12 horas antes de su uso. Previo al ensayo, la solución del radical se diluyó con etanol hasta alcanzar una absorbancia inicial controlada de 0.700 ± 0.020 a una longitud de onda de 734 nm.

Para la ejecución del ensayo, se tomó una alícuota del extracto y se mezcló homogéneamente con la solución diluida del radical ABTS, se incubó durante 7 minutos en la oscuridad y se cuantificó su absorbancia a 734 nm como μmol TE/g (Re et al., 1999).

CAPITULO IV

5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, organizados de acuerdo con los objetivos planteados. Siendo primero los relacionados con el acondicionamiento de la materia prima, seguido de la obtención de sus extractos y caracterización.

5.1. Adecuación de la materia prima

El porcentaje de HR en todos los lotes experimentales se muestran en la tabla 9. Las condiciones de secado (40 °C- 4 días) se mantuvieron constantes durante todo el proceso.

Tabla 8.

Porcentaje del contenido de humedad de las muestras vegetales

Lote	HR [%]	tiempo (días)
1	9.82	4
2	10.56	4
3	9.90	4
4	10.00	4
5	10.60	4
6	10.32	4
Desv. Est.:	0.34	

Nota: Un bajo porcentaje de humedad reduce significativamente la actividad enzimática y microbiológica que puede degradar los metabolitos secundarios presentes en las muestras vegetales y facilita su extracción (Hernández, 2024).

Los resultados evidencian que el proceso de secado permitió alcanzar valores óptimos del contenido de humedad cercanos al 10% en todos los lotes, con una desviación estándar de

apenas 0.34%, demostrando la uniformidad y reproducibilidad del ensayo y evitando la degradación de sus compuestos fitoquímicos para su posterior análisis.

5.2. Obtención de aceites esenciales por hidrodestilación

El proceso de extracción mediante hidrodestilación, aplicado a la biomasa de rosas, permitió obtener los rendimientos detallados en la Tabla 10. A partir de una masa inicial de 20 g de materia vegetal, se obtuvo ≈ 0.006 g de aceite en cada repetición. Estos valores corresponden a rendimientos constantes del 0.030 ± 0.0005% (n=3) y 0.030 ± 0.0003% (n=3) respectivamente.

Tabla 9.

Rendimiento de extracción de aceite esencial en residuos de rosas

Tratamiento	Cant. aceite obtenido (g)	Rendimiento promedio (%)	Des. Est (%)
m2p1	≈ *0.006*	0.030	0.0005
m2p2	≈ 0.006	0.030	0.0003

Nota: La tabla muestra el promedio de las 3 repeticiones realizadas para los tratamientos m2p1 y m2p2 respectivamente.

Al contrastar estos resultados con la literatura científica, se observa que el rendimiento promedio obtenido (0.03%) guarda una estrecha relación con lo reportado por (Cruz-Ramírez et al., 2023), quien registró un rendimiento promedio del 0.03% con una proporción biomasa-agua de 1:1.75 y 1 hora de ejecución del proceso. Por el contrario, los valores hallados en este estudio son inferiores al 0,069% reportado por Katekar et al., (2022) con una proporción 1:3, en el mismo intervalo de tiempo.

El rendimiento de extracción obtenido puede atribuirse a una combinación de factores operativos y biológicos. En primer lugar, dado que el contenido de humedad de la muestra es del 10 ± 0.34%, resulta óptimo para la extracción de aceite de muchas especies vegetales; se descarta que este parámetro haya actuado como un limitante en el proceso de obtención de

aceite esencial. Por el contrario, las variables de tiempo y temperatura juegan un papel muy importante aquí; es posible que las condiciones aplicadas hayan sido insuficientes para romper las paredes celulares y permitir la liberación completa del aceite esencial, o bien, que el empleo de temperaturas altas por tiempos prolongados haya provocado la degradación térmica de los compuestos volátiles presentes en la muestra vegetal. Sin embargo, al contrastar estos resultados con la literatura y observar rendimientos similares a los reportados por otros autores bajo condiciones homólogas, se evidencia que el bajo rendimiento no se debe directamente a fallas en el procedimiento experimental y en su lugar, este comportamiento se explica por el bajo contenido de aceite esencial de las rosas y por factores propios de la materia prima como la variedad, el estado de madurez y las condiciones de cultivo y cosecha, los cuales regulan la activación de las rutas metabólicas responsables de la síntesis de estos compuestos volátiles.

Por otro lado, la baja variabilidad observada entre las repeticiones evidencia una adecuada reproducibilidad del protocolo de extracción empleado, lo que garantiza la consistencia de los datos experimentales. Asimismo, el análisis de la varianza indicó que, si bien existe una variación en los rendimientos al utilizar ambas proporciones de solvente ($F = 6.18$), no es estadísticamente significativa, ya que el valor $p = 0.067$ es mayor que el valor de significancia establecido de $\alpha = 0.05$ (tabla 11). De igual manera, la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) confirmó la ausencia de diferencias significativas entre las proporciones evaluadas, ya que ambas se clasificaron dentro del mismo grupo estadístico “B”.

Tabla 10.

Análisis de la varianza para la extracción por arrastre de vapor.

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Rendimiento	6	0.61	0.51	0.39

Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.20E-03	1	1.20E-03	6.18	0.067
Proporción	1.20E-03	1	1.20E-03	6.18	0.067
Error	7.60E-04	4	1.90E-04		
Total	1.90E-03	5			

Test: Tukey **Alfa**:0.05 **DMS:**0.031

Error: 0.0002 **gl**: 4

Proporción	Medias	n	E.E	
2	-3.5	3	0.01	B
1	-3.52	3	0.01	B

Nota: El valor de p = 0.067 es mayor que el nivel de significancia α = 0.05 para las proporciones y el modelo, por lo cual no existen diferencias significativas entre las proporciones utilizadas. El test de Tukey agrupa ambas proporciones bajo la misma letra (B), es decir, son estadísticamente iguales.

5.3. Obtención de aceites esenciales por método de Soxhlet

Los resultados de la extracción mediante el método Soxhlet de los residuos florícolas se presentan en la Tabla 12. Este procedimiento, que emplea etanol como solvente orgánico, mostró una eficiencia significativamente superior en la cantidad de extracto obtenido que el método de hidrodestilación; sin embargo, no son comparables entre si debido a la especificidad de extracción de cada método. Para el tratamiento m1p1, que utilizó una proporción de 1:30 (materia vegetal: etanol), se registró un rendimiento promedio del 25.25% ± 3.54% (n=3). Por su parte, el tratamiento m1p2 a una proporción de 1:12 alcanzó un rendimiento promedio del 27.16% ± 0.57% (n=3).

Tabla 11.

Rendimiento de extracción por método de Soxhlet en rosas

Tratamiento	Cant. extracto obtenido (g)	Rendimiento promedio (%)	Des. Est (%)
m1p1	≈ 4.25	25.25	3.54
m1p2	≈ 5.3	27.16	0.57

Nota: La tabla muestra el promedio de las 3 repeticiones realizadas para los tratamientos m1p1 y m1p2 respectivamente.

Al contrastar estos valores con la literatura, se observa una discrepancia notable con lo reportado por (Cruz-Ramírez et al., 2023), quien indica rendimientos de apenas 0.28%. Esta diferencia puede explicarse debido a la naturaleza del solvente utilizado en el método Soxhlet; mientras que la hidrodestilación es selectiva para aceites esenciales volátiles, la extracción con etanol permite la coextracción de otros componentes como ceras, resinas, pigmentos (antocianinas) y fenoles pesados (Lee et al., 2024), lo que eleva drásticamente el rendimiento total del extracto en función de la muestra inicial (figura 4-anexo5).

De forma similar a lo ocurrido con la hidrodestilación, la mínima variación en los rendimientos de ambas proporciones sugiere que, bajo las condiciones experimentales establecidas, la cantidad de solvente no ejerce un efecto determinante sobre la capacidad de arrastre de los compuestos solubles en etanol ($F = 0.88$; $p = 0.4012$), lo cual se confirmó mediante la prueba de Tukey, al ubicarse dentro del mismo grupo estadístico “A” (tabla 13).

Tabla 12.

Análisis de la varianza para la extracción por Soxhlet

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Rendimiento	6	0.18	0.00	3.20

Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	1	0.01	0.88	0.40
Proporción	0.01	1	0.01	0.88	0.40
Error	0.04	4	0.01		
Total	0.05	5			

Test: Tukey **Alfa**:0.05 **DMS:**0.23

Error: 0.01 **gl**: 4

Proporción	Medias	n	E.E	
2	3.30	3	0.06	A
1	3.22	3	0.06	A

Nota: El valor de p = 0.40 es mayor que el nivel de significancia α = 0.05 para las proporciones y el modelo, por lo cual no existen diferencias significativas entre las proporciones utilizadas. El test de Tukey agrupa ambas proporciones bajo la misma letra (A), es decir, son estadísticamente iguales.

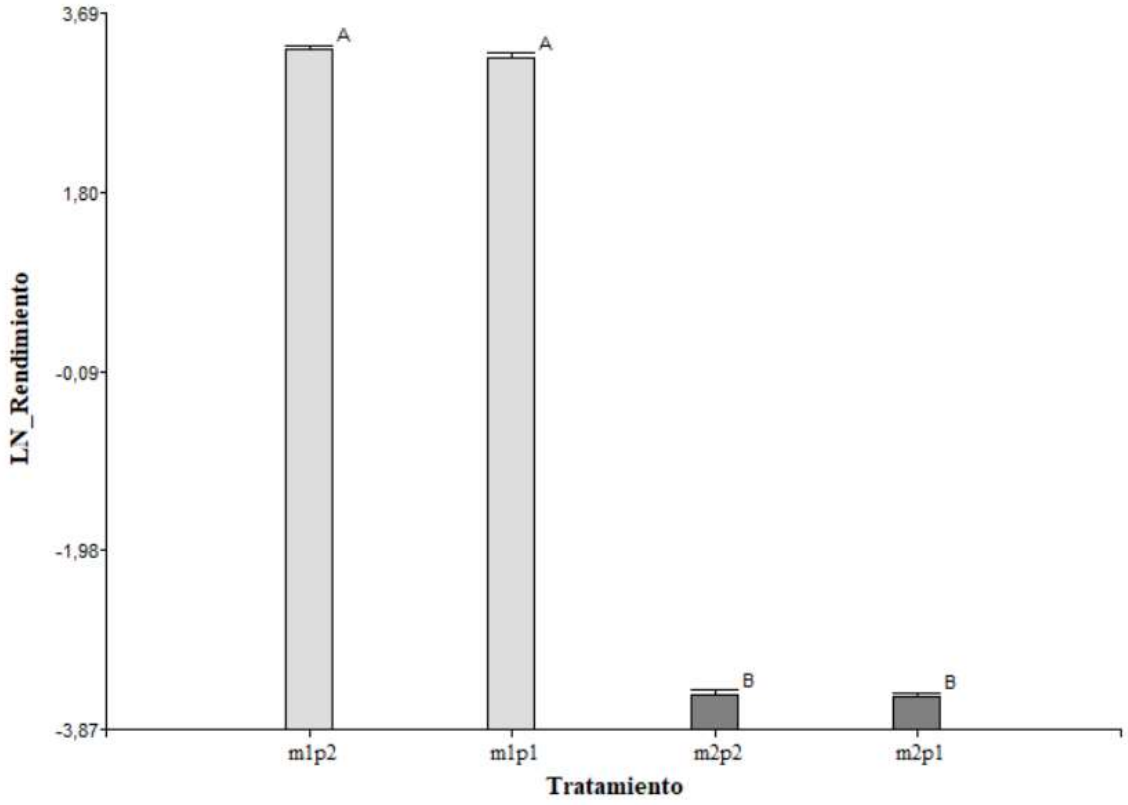


Figura 4. Diferencias del rendimiento entre tratamientos

Los tratamientos m1p1 y m1p2 corresponden a la extracción etanólica de los residuos florícolas mediante Soxhlet, empleando ambas proporciones del solvente evaluado. Por su parte, los tratamientos m2p1 y m2p2, corresponden a la extracción de aceite mediante la técnica de arrastre por vapor. Las letras asignadas por la prueba de Tukey indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las proporciones utilizadas dentro de cada método de extracción, pero si existen diferencias entre ambas metodologías.

5.4. Caracterización fitoquímica-TLC

El perfil cromatográfico de los extractos etanólicos de rosas (Anexo 6) mostró una mejor migración de los metabolitos presentes al utilizar una mezcla de ácido acético: n-butanol: agua en una proporción 1:3:1 como fase móvil, lo que generó un total de 5 manchas, tal y como se muestra en la figura 5a. Asimismo, se observaron valores de RF: 0.89, 0.84, 0.30, 0.69 y 0.92, los cuales son característicos de flavonoides en forma de agliconas y compuestos fenólicos de

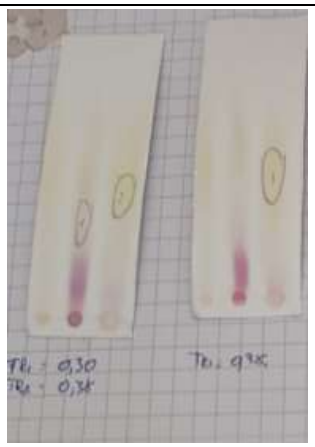
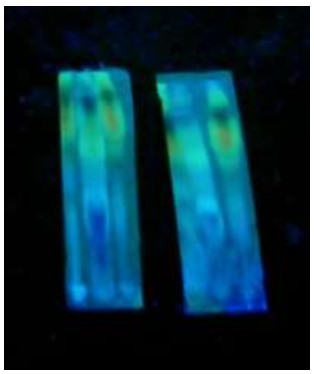
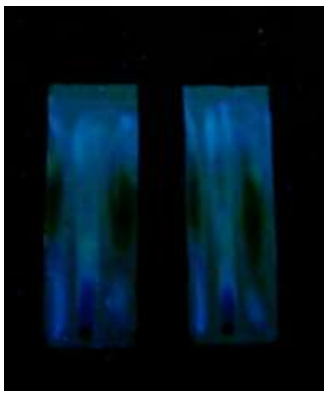
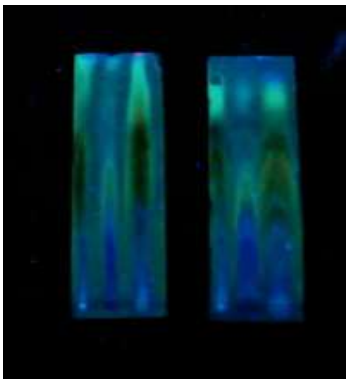
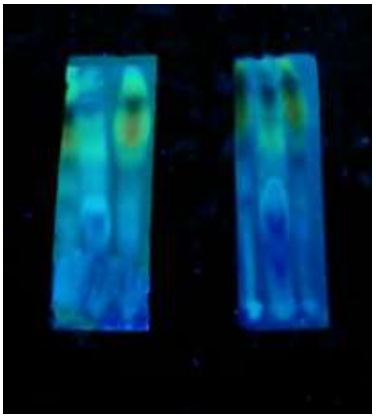
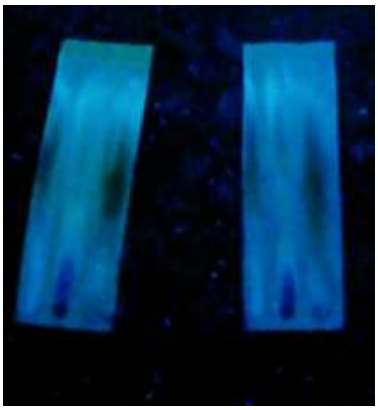
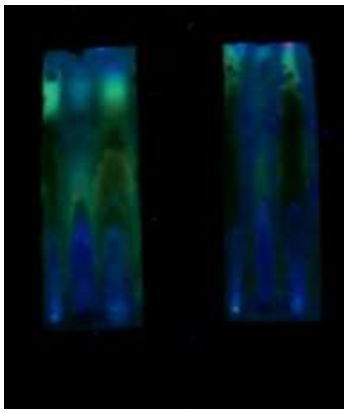
baja polaridad como el ácido elágico y quínico, quercetina y derivados de Kaempferol (Baibuch et al., 2024; Lee et al., 2024; Tena et al., 2020).

La fase móvil cloroformo –metanol (2:1) permitió diferenciar dos manchas (figura 5b) con valores de Rf contrastantes (0.30 y 0.38), asociadas a flavonoides agliconas y flavonoides glicosilados, respectivamente. Este comportamiento ha sido descrito previamente para metabolitos fenólicos vegetales con diferente grado de polaridad

El sistema metanol–agua (1:2) mostró una baja movilidad de los componentes presentes en los extractos, lo que dio lugar a 3 manchas con RF: 0.23, 0.38 y 0.46 (5c). Según bibliografía, estos valores pueden corresponder a la presencia de ácidos fenólicos estables como el ácido gálico y el clorogénico, así como ciertos taninos hidrolizables (Baibuch et al., 2024).

La solución de acetato-metanol (3:1) mostró un total de 3 manchas (figura 5d) con Rf 0.30, 0.69 atribuidas a la migración conjunta de polifenoles altamente polares, como antocianinas y ácidos fenólicos (Tonalidad rosada-violácea), un fenómeno comúnmente reportado en extractos florales ricos en compuestos fenólicos (Kumari et al., 2022; Tena et al., 2020)

Finalmente, la fase móvil de n-butanol: metanol (5e) mostró un total de 3 manchas con RF 0.61, 0,69 y 0.53, reflejando la presencia de Flavonoides altamente polares, asi como antocianinas del tipo Cianidina-3,5-diglucósido, el cual se encuentra presente en muchas especies de rosas (Kumari et al., 2022).

A 	B 	C 
		
		

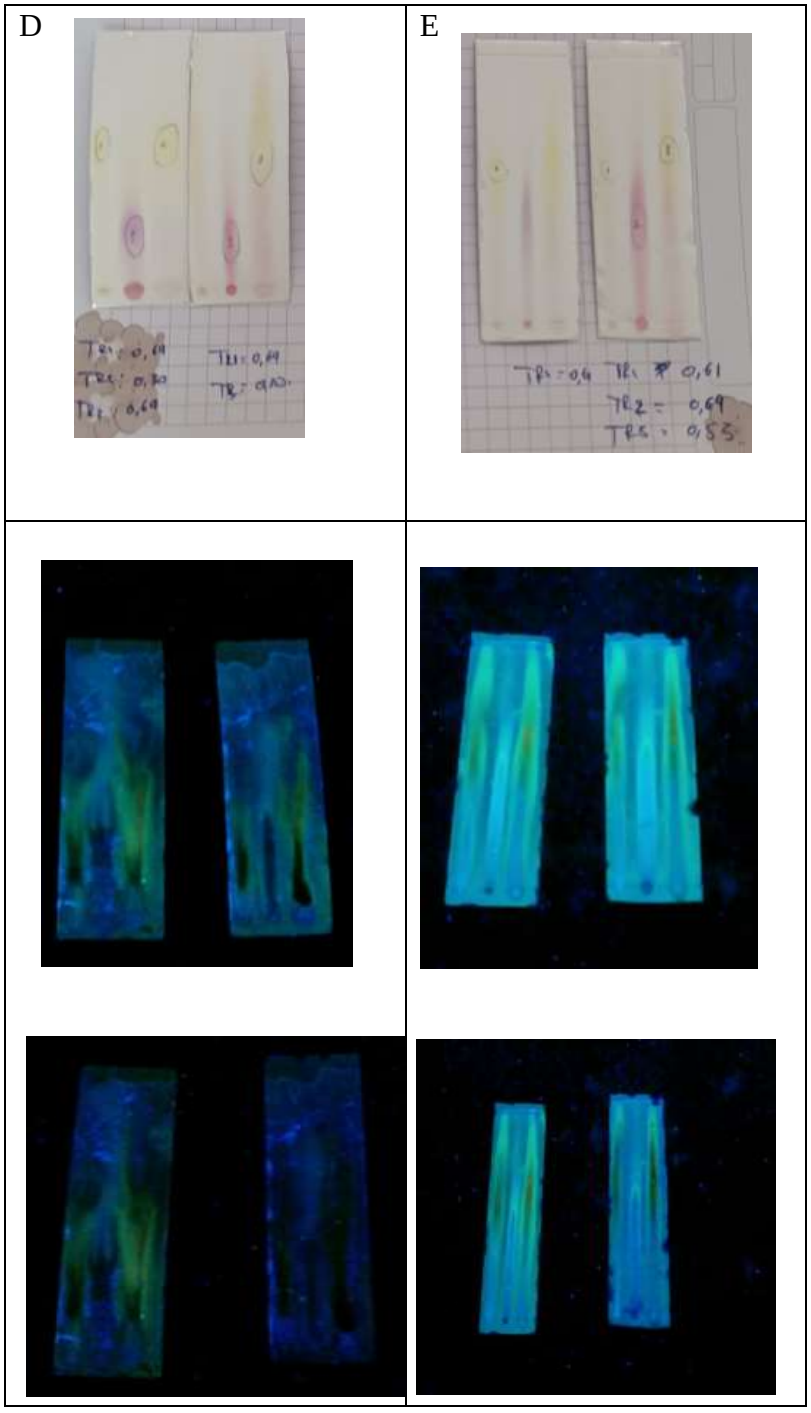


***Figura** 5. Perfil cromatográfico del extracto etanólico de rosas*

Diversos estudios han reportado que los pétalos de *Rosa* spp. contienen principalmente flavonoides como quercetina y kaempferol, tanto en forma de agliconas como de derivados glicosilados, además de antocianinas, catequinas y ácidos fenólicos como el ácido gálico, el cafeico y elágico (Azmir et al., 2013; Kant & Kumar, 2022; Ogah et al., 2014; Schmitzer et al., 2010)

5.5. Caracterización y cuantificación de los extractos de rosas.

Los análisis fitoquímicos cuantitativos revelaron variaciones significativas en las concentraciones de metabolitos secundarios según el tipo de extracto obtenido de la rosa (Anexo 7). El extracto etanólico presentó la mayor acumulación de fenoles totales con 675.26 mg GAE/g de extracto seco, superando ampliamente al retenido [394.35 mg GAE/g] y al hidrolato [10.21 mg GAE/g]. Una tendencia similar se observó en el contenido de flavonoides totales, donde el extracto etanólico alcanzó 15.86 mg QE/g, mientras que el hidrolato mostró concentraciones residuales inferiores a 0.1 mg QE/g. Por el contrario, el retenido de rosas destacó por su elevado contenido de antocianinas totales, con 10.82 mg C3GE/g, una cifra sustancialmente mayor que la detectada en el extracto etanólico [0.31 mg C3GE/g], mientras que en el hidrolato este compuesto no fue detectable (Lugo et al., 2014).

Estos resultados para el extracto etanólico contrastan con los obtenidos por Baibuch *et al.,* (2024), donde el contenido de fenoles totales osciló entre 78.8 ± 3.2 y 203.4 ± 3.1 mg GAE/g p.s. y de igual manera, el contenido de flavonoides entre 19.1 ± 3.8 y 125.9 ± 6.5 mg QE/g p.s., y el contenido de antocianinas entre menos de 0.01 y 5.8 ± 0.1 mg CE/g p.s. para 11 variedades de rosas argentinas: Lovely Red, Lilli Marleen, Papa Meillan, Oklahoma, Les Amour, Caprice entre otras.

De igual manera, la notable concentración de antocianinas presentes en el retenido [10.82 mg C3GE/g], en comparación con el extracto etanólico, puede explicarse por el proceso de concentración y la estabilidad de los pigmentos durante el procesamiento de las muestras y su extracción. Lo que demuestra la relación entre la eficiencia de extracción de compuestos bioactivos y los métodos y solventes empleados en su obtención.

5.6. Ensayo de actividad antioxidante- ABTS

La evaluación de la capacidad antioxidante mediante el método ABTS mostró una correlación parcial con el contenido de compuestos fenólicos, lo que evidencia diferencias

marcadas en la eficiencia de captación de radicales libres. El retenido de rosas presentó la mayor actividad antioxidante, con un valor de 2194.08 µmol TE/g, seguido del extracto etanólico, con 579.15 µmol TE/g. En contraste, el hidrolato de rosas no mostró actividad detectable en las condiciones de este ensayo. Desde una perspectiva química, si bien el extracto etanólico presenta una mayor cantidad de fenoles totales, la estructura del núcleo flavilio en las antocianinas del retenido permite una transferencia de electrones más eficiente para estabilizar el radical ABTS utilizado en el ensayo, por lo que su capacidad antioxidante fue mayor (Tena et al., 2020).

Estos resultados sugieren que, a pesar de que el extracto etanólico posee una mayor concentración de fenoles totales, los compuestos presentes en el retenido (antocianinas) poseen un potencial antioxidante intrínseco más elevado por unidad de masa (Lugo et al., 2014; Paun et al., 2022).

5.7. Limitaciones del estudio

A pesar de haberse alcanzado los objetivos planteados, el estudio presentó las siguientes limitaciones técnicas y metodológicas:

- **Alcance de la resolución cromatográfica:** El perfil fitoquímico preliminar se determinó mediante Cromatografía en Capa Fina (TLC); técnica que si bien es adecuada para la identificación cualitativa de compuestos y el cálculo de los factores de retención (Rf), su resolución, sensibilidad y capacidad de cuantificación son inferiores a las de técnicas instrumentales como HPLC o GC-MS.
- **Dependencia de análisis externos:** La cuantificación de metabolitos secundarios y la determinación de la actividad antioxidante mediante el ensayo ABTS se realizaron en un laboratorio externo (CABA, Universidad Técnica de Manabí), lo que impidió evaluar de forma inmediata la estabilidad de los compuestos bioactivos después de la extracción y rotavaporación.

- **Limitación del alcance industrial:** Aunque la investigación estuvo orientada al aprovechamiento sostenible de recursos naturales con potencial aplicación en perfumería, el estudio se limitó a la obtención, caracterización y evaluación analítica de extractos crudos y aceites esenciales, sin abordar el desarrollo de formulaciones o productos finales.

CAPITULO V

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El acondicionamiento de los residuos florícolas permitió obtener una materia prima en condiciones óptimas para los procesos de extracción, lo cual se corroboró mediante los ensayos de caracterización y cuantificación de los extractos, donde se identificó la presencia de diversos metabolitos secundarios.
- La metodología Soxhlet con etanol al 96% presentó un rendimiento significativamente superior que la hidrodestilación. Mientras que la hidrodestilación alcanzó un rendimiento promedio de 0.030 ± 0.0005%, el método Soxhlet obtuvo valores de 25.25% ± 3.54% y 27.16% ± 0.57% para las proporciones 1 y 2 respectivamente, lo que demuestra una mayor capacidad de extracción de compuestos solubles. Sin embargo, los extractos obtenidos por Soxhlet corresponden a extractos crudos ricos en fenoles, flavonoides y otros metabolitos, mientras que la hidrodestilación mostró mayor selectividad hacia compuestos volátiles propios de los aceites esenciales.
- La caracterización fitoquímica evidenció la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y antocianinas en los extractos obtenidos de rosas. El extracto etanólico presentó la mayor concentración de fenoles totales y flavonoides, mientras que el retenido mostró el mayor contenido de antocianinas y la actividad antioxidante más elevada frente al radical ABTS. Estos resultados demuestran que los residuos florícolas de rosas constituyen una fuente importante de metabolitos bioactivos con un alto potencial en la industria de la perfumería; no obstante, cabe destacar que la formulación y desarrollo de productos de perfumería, no se ejecutaron en el presente estudio, quedando establecidos como una perspectiva clave para futuras investigaciones.

6.2. Recomendaciones

- Evaluar otras metodologías de extracción, como la extracción asistida por ultrasonido, la extracción con fluidos supercríticos o la extracción por microondas, para comparar la eficiencia, la pureza y los costos operativos.
- Estandarizar las variables experimentales relacionadas con el tamaño de partícula, el tiempo de secado y estado fisiológico de las rosas para reducir variaciones en el rendimiento y optimizarlo.
- Realizar análisis cromatográficos avanzados como GC-MS o LC-MS para identificar y cuantificar de manera específica los compuestos presentes en los extractos

7. BIBLIOGRAFÍA

Agrocalidad. (2018). *Instructivo INT/FP/01:* Toma de muestras para el laboratorio de fitopatología. https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/dxi3.pdf

Alizadeh, Z., & Fattahi, M. (2021). Essential oil, total phenolic, flavonoids, anthocyanins, carotenoids and antioxidant activity of cultivated Damask Rose (Rosa damascena) from Iran: With chemotyping approach concerning morphology and composition. *Scientia Horticulturae*, *288*, 110341. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110341

Arzate-Fernández, A., Bautista, M., Piña. José, Reyes, J., & Vásquez, L. (2014). Técnicas tradicionales y biotecnológicas en el mejoramiento genético del rosal *(Rosa spp.)*. Universidad Autónoma del Estado de México. ISBN: 978-607-422-547-1

Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, *117*(4), 426–436. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014

Baibuch, S. Y., Schelegueda, L. I., Bonifazi, E., Cabrera, G., Mondragón Portocarrero, A. C., Franco, C. M., Malec, L. S., & Campos, C. A. (2024). Argentinian Rose Petals as a Source of Antioxidant and Antimicrobial Compounds. *Foods*, *13*(7), 977. https://doi.org/10.3390/foods13070977

Bastidas, M. (2020). Análisis y propuesta de mejora de los procesos financieros de las PYME del sector florícola de Tabacundo. http://hdl.handle.net/10644/7447

Berechet, M., Calinescu, I., Stelescu, M., & Manaila, M. (2015). Composition of the essential oil of Rosa damascena Mill. cultivated in Romania. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences Winter*, *2010*, 6–7. https://www.researchgate.net/publication/303759998_Composition_of_the_essential_oil_of_Rosa_damascena_Mill_cultivated_in_Romania

Bulugahapitiya, V. P. (2013). Plants Based Natural products Extraction, Isolation and Phytochemical screening methods. https://www.researchgate.net/publication/324136585

Burger, P., Plainfossé, H., Brochet, X., Chemat, F., & Fernandez, X. (2019). Extraction of Natural Fragrance Ingredients: History Overview and Future Trends. *Chemistry & Biodiversity*, *16*(10). https://doi.org/10.1002/cbdv.201900424

Casado, I. (2018). Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor [Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/49669/

Castillo, G., Diana, O., Cuevas, Z., Carrillo, M. L., & Mx, I. M. (2017). Análisis fitoquímico: una herramienta para develar el potencial biológico y farmacológico de las plantas. *Revista Académica de Investigación*. http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.htm

Chavarro, J. (2021). Evolución y desafíos de la floricultura ecuatoriana en el futuro próximo. Metroflor-Agro. https://www.metroflorcolombia.com/evolucion-y-desafios-de-la-floricultura-ecuatoriana-en-el-futuro-proximo/

Cruz-Ramírez, M., Pablo, J., Rebolledo-Chávez, F., Arciga-Pedraza, R., Lemus-Hernández, J. C., Beatriz, N., & López, O. (2023). Obtención de aceite esencial de rosa con aplicación cosmética. *Nthe*. https://nthe.mx/NTHE_v2/pdfArticulos/PDF_Articulo20230523131922.pdf

Expoflores. (2021). Reporte anual: Mercados de Destino 2021. https://expoflores.com/wp-content/uploads/2022/06/Reporte-anual-de-mercados-202111.pdf

Galván Ayala, D., & Pitre Ruíz, L. (2022). Phytochemical analysis of extracts of fruits and leaves of Dividivi (Caesalpinia coriaria) (jacq.) willd RESUMEN Frank Idelio Sánchez Llodrá. *Revista Ciencia e Ingeniería*, *9*(2), 7449405. https://doi.org/10.5281/zenodo.7449405

García, A. (2009). Diseño y evaluación económica de secadores ambientales para hierbas aromáticas. https://louvaincooperation.org/sites/default/files/2019-01/82-MANUAL%20TE%CC%81CNICO%20DE%20SECADORES%20AMBIENTALES%20PARA%20HIERBAS%20AROMA%CC%81TICAS.pdf

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, *00*(1). https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00

Hernández, A. (2024). Metabolitos secundarios, factores que lo modifican e influyen en la calidad del producto natural medicinal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/download/1535/539/14286

INAMHI. (2026). *Visor hidro-metereológico*. httos://inamhi.gob.ec/info/

Kant, R., & Kumar, A. (2022). Review on essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, *30*, 100829. https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100829

Katekar, V. P., Rao, A. B., & Sardeshpande, V. R. (2022). Review of the rose essential oil extraction by hydrodistillation: An investigation for the optimum operating condition for maximum yield. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, *29*, 100783. https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100783

Kazaz, S., Erbaş, S., & Baydar, H. (2009). The effects of storage temperature and duration on essential oil content and composition oil rose (Rosa damascena Mill.). *Turkish Journal of Field Crops*, *14*(2), 89–96. https://www.field-crops.org/assets/pdf/product541b196f0ab89.pdf

Khan, S., Sahar, A., Tariq, T., Sameen, A., & Tariq, F. (2023). Essential oils in plants: Plant physiology, the chemical composition of the oil, and natural variation of the oils (chemotaxonomy and environmental effects, etc.). In *Essential Oils* (pp. 1–36). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91740-7.00016-5

Kumari, P., Raju, D. V. S., Prasad, K. V., Saha, S., Panwar, S., Paul, S., Banyal, N., Bains, A., Chawla, P., Fogarasi, M., & Fogarasi, S. (2022). Characterization of Anthocyanins and Their Antioxidant Activities in Indian Rose Varieties (Rosa × hybrida) Using HPLC. *Antioxidants*, *11*(10), 2032. https://doi.org/10.3390/antiox11102032

Lee, J.-E., Jayakody, J., Kim, J.-I., Jeong, J.-W., Choi, K.-M., Kim, T.-S., Seo, C., Azimi, I., Hyun, J., & Ryu, B. (2024). The Influence of Solvent Choice on the Extraction of Bioactive Compounds from Asteraceae: A Comparative Review. *Foods*, *13*(19), 3151. https://doi.org/10.3390/foods13193151

Lugo, N., Colinas, M., Bautista, C., Vásquez, T., Lozoya, H., & Martinez, M. (2014). Fenoles totales y capacidad antioxidante estimada con los ensayos DPPH/ABTS en rosas en soluciones preservantes. *Revista Mexicana de CIencias Agricolas*, *5*(6), 1029–1039. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600010&lng=es&tlng=es.

Meléndez, L., Real, S., & Rodriguez, M. (2012). *Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas*. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez_m.pdf

Noriega Rivera, P. (2009). Extracción, química, actividad biológica, control de calidad y potencial económico de los aceites esenciales. *La Granja*, *10*(2), 3. https://doi.org/10.17163/lgr.n10.2009.01

Ogah, O., Watkins, C. S., Ubi, B. E., & Oraguzie, N. C. (2014). Phenolic Compounds in Rosaceae Fruit and Nut Crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*(39), 9369–9386. https://doi.org/10.1021/jf501574q

Paun, N., Botoran, O. R., & Niculescu, V.-C. (2022). Total Phenolic, Anthocyanins HPLC-DAD-MS Determination and Antioxidant Capacity in Black Grape Skins and Blackberries: A Comparative Study. *Applied Sciences*, *12*(2), 936. https://doi.org/10.3390/app12020936

Poveda, L. M. (2021). Sector florícola ecuatoriano y afectación en mercado internacional a causa del covid19. *South Florida Journal of Development*, *2*(3), 4609–4621. https://doi.org/10.46932/sfjdv2n3-061

Ranjha, M. M. A. N., Zahra, S. M., Irfan, S., Shafique, B., Noreen, R., Alahmad, U. F., Liaqat, S., & Umar, S. (2023). Extraction and analysis of essential oils: Extraction methods used at laboratory and industrial level and chemical analysis. In *Essential Oils* (pp. 37–52). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91740-7.00021-9

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, *26*(9–10), 1231–1237. https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3

Santorum, D. (2023). *Propuesta de plan de manejo de residuos sólidos para pequeñas florícolas de los cantones cayambe y pedro moncayo, año 2022.* [Universidad Politécnica Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25516/1/TTS1384.pdf

Santos, M. B., Sillero, L., Gatto, D. A., & Labidi, J. (2022). Bioactive molecules in wood extractives: Methods of extraction and separation, a review. *Industrial Crops and Products*, *186*, 115231. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115231

Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Latha, L. Y. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. In *Afr J*

Tradit Complement Altern Med (Vol. 8, Number 1). https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3218439/

Schmitzer, V., Veberic, R., Osterc, G., & Stampar, F. (2010). Color and Phenolic Content Changes during Flower Development in Groundcover Rose. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *135*(3), 195–202. https://doi.org/10.21273/JASHS.135.3.195

Sharma, A., Gumber, K., Gohain, A., Bhatia, T., Sohal, H. S., Mutreja, V., & Bhardwaj, G. (2023). Importance of essential oils and current trends in use of essential oils (aroma therapy, agrofood, and medicinal usage). In *Essential Oils* (pp. 53–83). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91740-7.00002-5

Sharmeen, J., Mahomoodally, F., Zengin, G., & Maggi, F. (2021). Essential Oils as Natural Sources of Fragrance Compounds for Cosmetics and Cosmeceuticals. *Molecules*, *26*(3), 666. https://doi.org/10.3390/molecules26030666

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology* (pp. 152–178). https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Sociedad Americana de Rosas. (2018). *Clasificación de Rosas*. https://rose.org/rose-classifications/

Tena, N., Martín, J., & Asuero, A. G. (2020). State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health. *Antioxidants*, *9*(5), 451. https://doi.org/10.3390/antiox9050451

Yong, A. (2004). El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales. [Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas]*, *25*(2), 53–67. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217832008

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, *64*(4), 555–559. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

ANEXOS

Anexo 1. Muestras de residuos florícolas











Anexo 2. Extracción de aceites esenciales- Arrastre de vapor



Anexo 3. Extracción etanólica- Método de Soxhlet



Anexo 4. Concentración de los extractos en Rotavapor







Anexo 5. ANOVA de la proporción, método y tratamiento empleado

metodo	Medias	n	E.E.		
1	3,26	6	0,03	A	
2	-3,51	6	0,03		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09907

Error: 0,0055 gl: 8

Proporcion	Medias	n	E.E.		
2	-0,10	6	0,03	A	
1	-0,15	6	0,03	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19456

Error: 0,0055 gl: 8

metodo	Proporcion	Medias	n	E.E.		
1	2	3,30	3	0,04	A	
1	1	3,22	3	0,04	A	
2	2	-3,50	3	0,04		B
2	1	-3,52	3	0,04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 6. Cromatografía en capa fina de los extractos de rosas













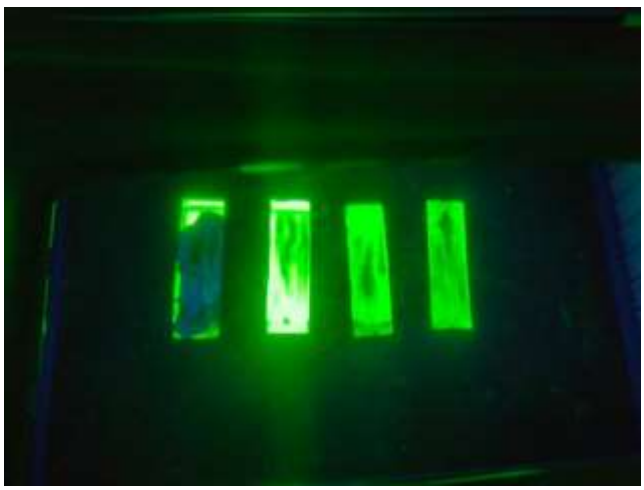


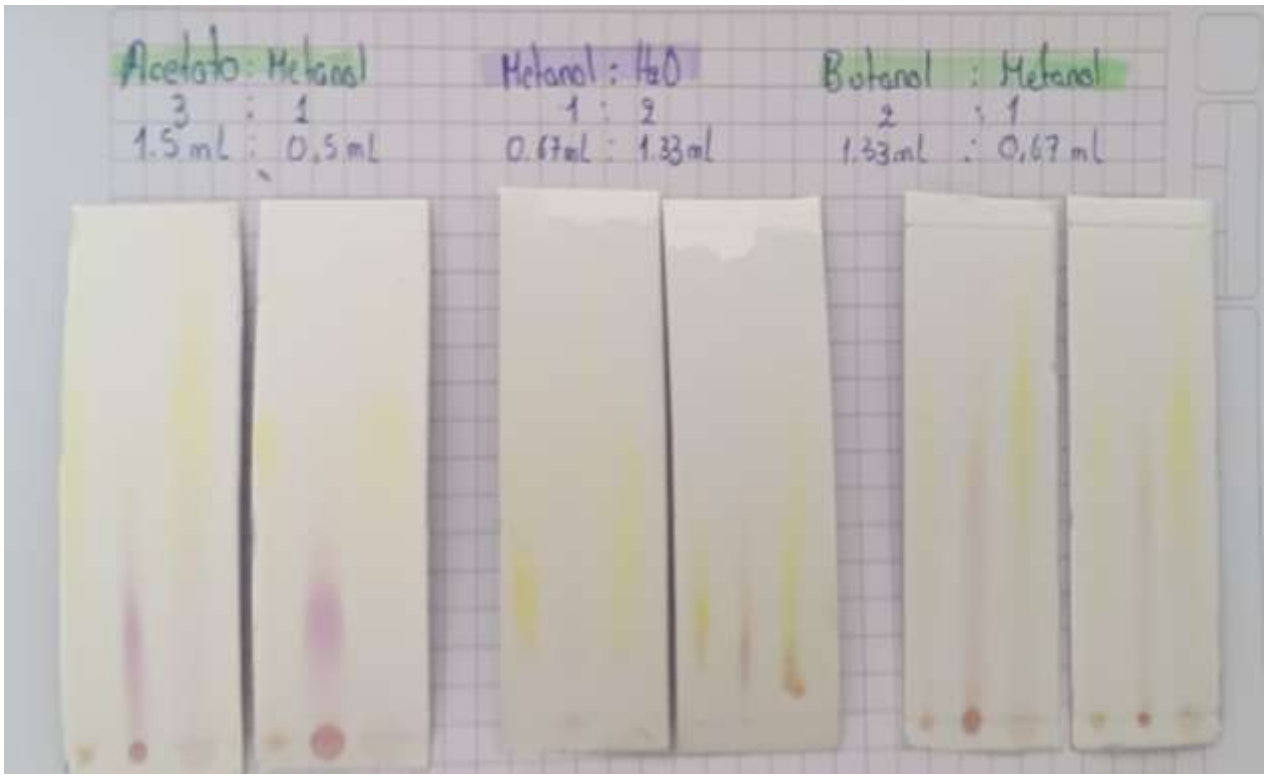




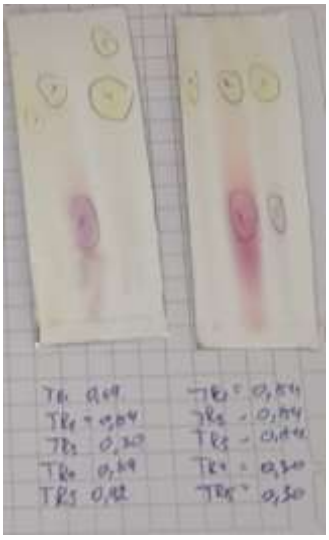


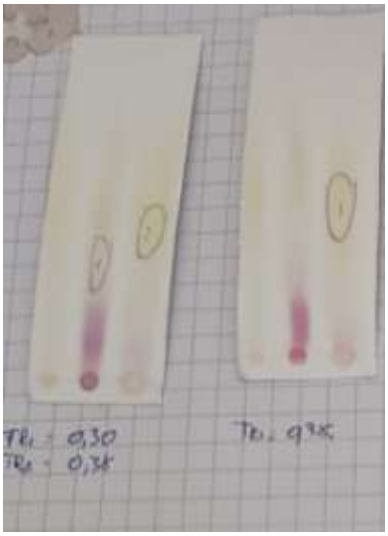





Acetato : Metanol
3 : 1
1.5 mL : 0,5 mL
Metanol : H2O
1 : 2
0.67mL : 1.33mL
Butanol : Metanol
2 : 1
1.33mL : 0,67 mL

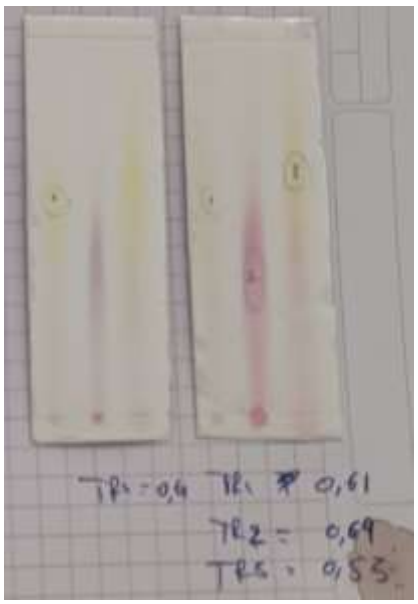

Cloroformo : Metanol
2 : 1
1,33mL : 67mL
Ac. Acetico : Butanol : H2O
1 3 1
0,4mL 1.2mL 0.4mL

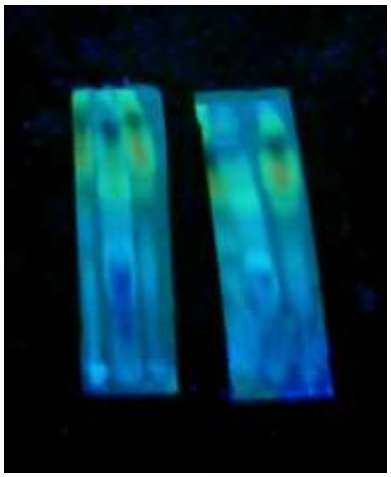


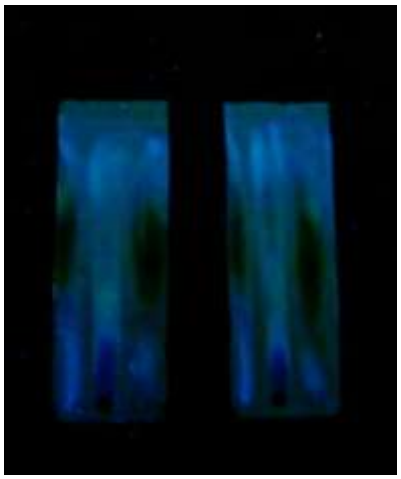


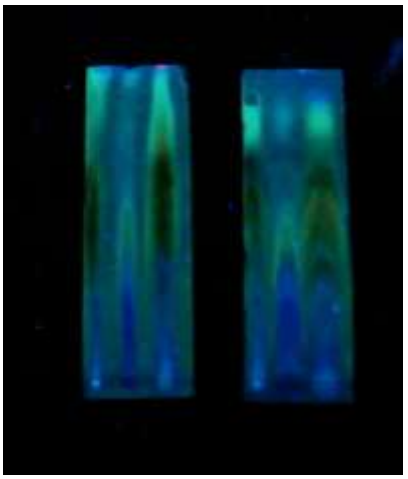


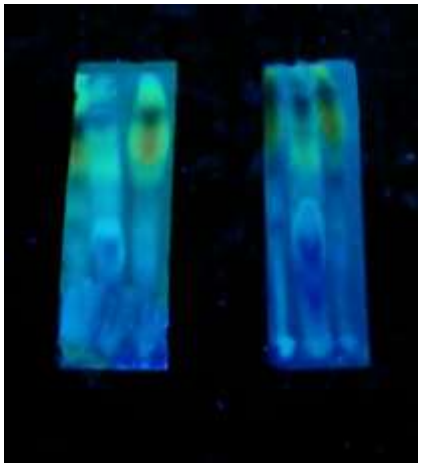
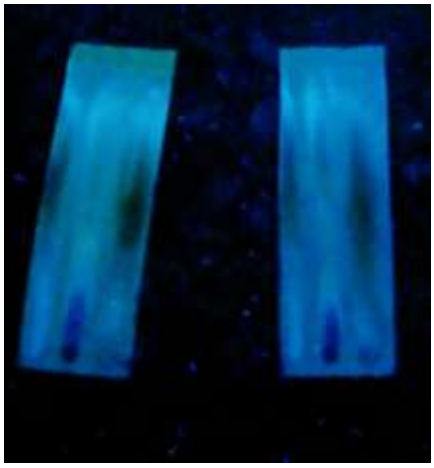
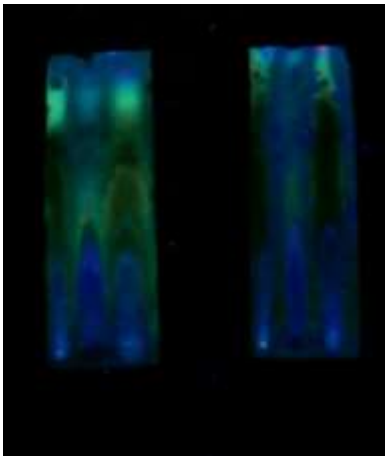
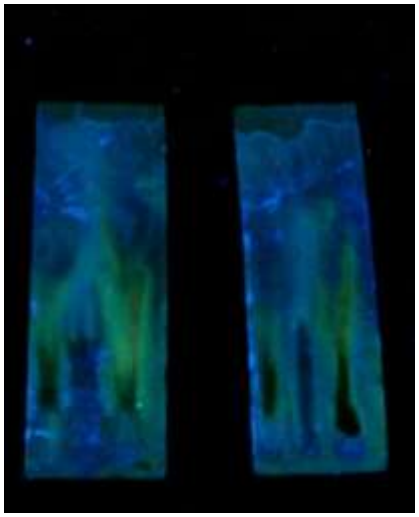
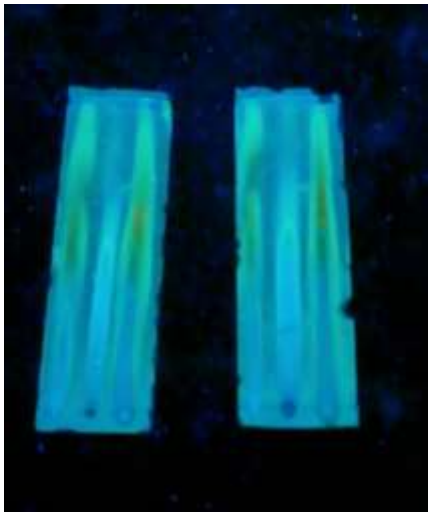
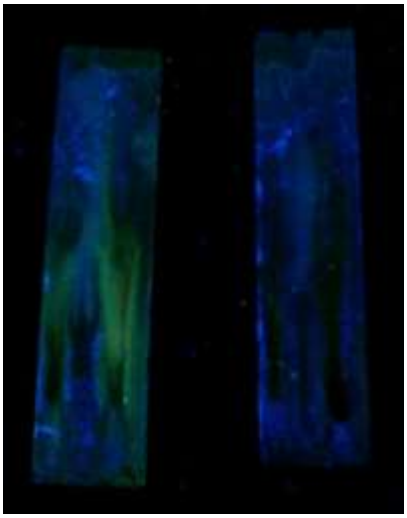
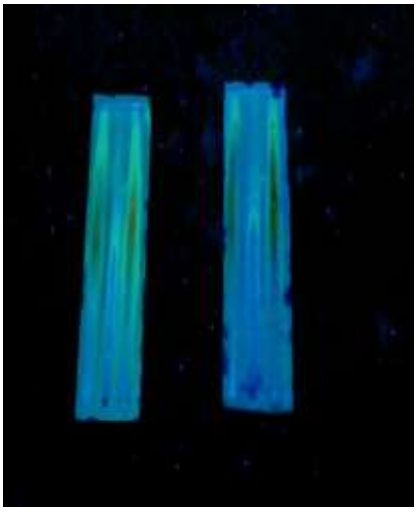










Anexo 7. Cuantificación de metabolitos secundarios totales.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Fundada en 1952

CABA CENTRO DE ANÁLISIS BIOLÓGICO Y AGROALIMENTARIO

INFORME DE RESULTADOS

Usuario	Yamberla De la Torre L. Vanessa	**Fecha de recibido:** 15/01/2026 **Fecha de análisis:** 15/01/2026 **Fecha de reporte:** 02/04/2026
Dirección	Ibarra- Ecuador	
Teléfono	+593 96 860 3477	
Muestra	Extractos de rosa	
Cantidad recibida	20mL /muestra	
Objetivo del análisis	Realizar un análisis– químico, microbiológico y funcional.	**Responsable de los Laboratorios FA - LAB**
		Autorizado y revisado

FLAVONOIDES TOTALES

Muestra	mg QE/ g de extracto seco
Hidrolato de rosas	<0,1
Extracto etanólico	15,8605
Retenido de rosas	1,5972

Método de ensayo: Espectrofotométrico/Cloruro de aluminio QE= Quercetina Equivalente

FENOLES TOTALES

Muestra	mg GAE/ g de extracto seco
Hidrolato de rosas	10,2062
Extracto etanólico	675,2567
Retenido de rosas	394,3453

Método de ensayo: Espectrofotométrico/ Folin- Ciocalteu
GAE= Ácido gálico equivalente

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Fundada en 1952

CABA CENTRO DE ANÁLISIS BIOLOGICO Y AGROALIMENTARIO

INFORME DE RESULTADOS

Usuario	Yamberla De la Torre L. Vanessa	**Fecha de recibido:** 15/01/2026 **Fecha de análisis:** 15/01/2026 **Fecha de reporte:** 02/04/2026
Dirección	Ibarra- Ecuador	
Teléfono	+593 96 860 3477	
Muestra	Extractos de rosa	
Cantidad recibida	20mL /muestra	
Objetivo del análisis	Realizar un análisis– químico, microbiológico y funcional.	**Responsable de los Laboratorios FA - LAB**
		Autorizado y revisado

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Muestra	µmol TE/ g de extracto seco
Hidrolato de rosas	N/D
Extracto etanólico	579,1494
Retenido de rosas	2194,0805

Método de ensayo: Espectrofotométrico/ ABTS
TE= Trolox Equivalente

ANTOCIANINAS

Muestra	mgC3G E/ g de extracto seco
Hidrolato de rosas	N/D
Extracto etanólico	0,3099
Retenido de rosas	10,8236

Método de ensayo: Espectrofotométrico/ pH diferencial.
C3GE= Equivalentes de cianidina-3-glucósido