



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS MEDIANTE
MACERACIÓN A PARTIR DE LA CÁSCARA DEL
ACHOTILLO (*Nephelium lappaceum*) Y EVALUACIÓN DE
LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIOXIDANTE**

AUTORA

ÁLVAREZ SAMANIEGO LADY MELISSA

TUTOR

ING. CALLE MENDOZA LUIS, M.Sc.

GUAYAQUIL, ECUADOR

2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS MEDIANTE MACERACIÓN A PARTIR DE LA CÁSCARA DEL ACHOTILLO (*Nephelium lappaceum*) Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIOXIDANTE, realizado por la estudiante ÁLVAREZ SAMANIEGO LADY MELISSA; con cédula de identidad N°0942966391 de la carrera AGROINDUSTRIA, Unidad Académica Campus Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Luis Calle Mendoza, M.Sc.

Guayaquil, 12 de enero del 2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS MEDIANTE MACERACIÓN A PARTIR DE LA CÁSCARA DEL ACHOTILLO (*Nephelium lappaceum*) Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIOXIDANTE”, realizado por la estudiante ÁLVAREZ SAMANIEGO LADY MELISSA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

**Ing. GUILCAMAIGUA ANCHATUÑA DORIS, M.Sc.
PRESIDENTE**

**Ing. ZÚNIGA MORENO LUIS, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. GARCIA ORTEGA YOANSY, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. CALLE MENDOZA LUIS, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 09 de enero del 2026

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a las futuras mentes del país, para que puedan continuar con el legado que se les ha dejado y así expandir el conocimiento, ampliando el horizonte en medio de la ciencia.

AGRADECIMIENTO

Le estoy sinceramente agradecida a Dios quien me dio paz en medio de la oscuridad, apoyándome y confiando en mi incluso cuando yo misma no creía que era capaz y sosteniendo mi mano para no caer en el abismo de la desesperación; a mis padres, los cuales me ayudaron en mi momento de angustia; mi familia en general, proporcionándome la ayuda necesaria y no puedo olvidar a mis compañeros de clase quienes estuvieron dispuestos a brindarme su apoyo.

En una tesis existen altas y bajas, se debe aprender a llevar las dificultades, y con las personas adecuadas eso se puede lograr. Gracias a quienes han pasado por mi vida dejando una huella significativa, mi Dios amado sea recompensándoles.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo Álvarez Samaniego Lady Melissa, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS MEDIANTE MACERACIÓN A PARTIR DE LA CÁSCARA DEL ACHOTILLO (*Nephelium lappaceum*) Y EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIOXIDANTE” para optar el título de INGENIERA AGROINDUSTRIAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, enero 09 2026.

ÁLVAREZ SAMANIEGO LADY MELISSA

C.I. 0942966391

RESUMEN

La búsqueda de alternativas naturales en la industria alimentaria ha adquirido gran relevancia, impulsada por la creciente demanda de los consumidores por productos más saludables y sostenibles. En este contexto, la presente investigación se enfocó en la cáscara del achotillo (*Nephelium lappaceum*), un subproducto de la industria conservera con potencial como fuente de compuestos bioactivos. El presente proyecto evaluó la extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de achotillo mediante maceración, variando la temperatura y la relación soluto. Se evaluó el efecto del solvente en seis tratamientos, utilizando volúmenes de 500, 750 y 1000 mL a dos temperaturas diferentes (25 y 55 °C). El contenido de compuestos bioactivos se analizó mediante técnicas cualitativas (screening fitoquímico) y cuantitativas (espectrofotometría). Posteriormente, se evaluó la actividad antimicrobiana de los extractos frente a *Escherichia coli* y su capacidad antioxidante. Los resultados demostraron que la eficiencia de extracción mejora significativamente al aumentar la temperatura y la proporción de solvente, obteniéndose el mayor rendimiento de fenoles totales con una relación 1:20 a 55 °C. Además, se identificaron diversos metabolitos secundarios en los extractos, y se comprobó que aquellos con mayor concentración de fenoles presentaron una mayor actividad antimicrobiana y antioxidante. En conclusión, la cáscara de achotillo representa una fuente valiosa de compuestos fenólicos, con potencial para aplicaciones en la industria alimentaria como alternativa natural con beneficios para la salud.

Palabras clave: Achotillo, antimicrobiana, antioxidante, compuestos bioactivos, compuestos fenólicos.

ABSTRACT

The search for natural alternatives in the food industry has gained significant importance due to increasing consumer demand for healthy and sustainable products. In this context, the present research focuses on the peel of achotillo (*Nephelium lappaceum*), a byproduct of the canning industry with potential as a source of bioactive compounds. This study evaluated the extraction of phenolic compounds from achotillo peel by maceration, varying both temperature and solvent-to-solid ratio through six different treatments using 500, 750, and 1000 mL of solvent at two temperatures (25 and 55 °C). The bioactive compounds were analyzed qualitatively through phytochemical screening and quantitatively by spectrophotometry. Subsequently, the extracts were assessed for their antimicrobial activity against *Escherichia coli* and their antioxidant capacity. Results indicated that extraction efficiency increased significantly with higher temperature and greater solvent volume, with the highest total phenolic content achieved at a 1:20 solid-to-solvent ratio at 55 °C. Additionally, various secondary metabolites were identified, and extracts with higher phenolic content demonstrated stronger antimicrobial and antioxidant activity. In conclusion, achotillo peel is a valuable source of phenolic compounds with promising applications in the food industry, providing natural additives with health-promoting properties.

Keywords: Achotillo, antimicrobial, antioxidant, bioactive compounds, phenolic compounds.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes del problema.....	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	2
1.2.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2.2 Formulación del problema	2
1.3 Justificación de la investigación	3
1.4 Delimitación de la investigación	5
1.5 Objetivo general	5
1.6 Objetivos específicos	5
1.7 Hipótesis.....	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Estado del arte	6
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática	8
2.2.1 El achotillo (<i>Nephelium lappaceum</i>)	8
2.2.2 Generalidades del achotillo	8
2.2.3 Origen del achotillo.....	9
2.2.4 Taxonomía del achotillo.....	9
2.2.5 Propiedades del achotillo	10
2.2.6 Método de maceración	10
2.2.7 Solventes.....	11
2.2.8 Compuestos fenólicos	12
2.2.9 Actividad antioxidante (DPPH)	13
2.2.10 Actividad antimicrobiana.....	13
2.3 Marco legal.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Enfoque de la investigación.....	16
3.1.1 Tipo de investigación.....	16
3.1.2 Diseño de investigación.....	16
3.2 Metodología.....	17
3.2.1 Variables	17
3.2.2 Matriz de operacionalización	17
3.2.3 Tratamientos	18
3.2.4 Diseño experimental.....	19

3.2.5 Recolección de datos	19
3.2.7 Análisis estadístico	28
4. RESULTADOS.....	30
4.1 Extracción de los compuestos fenólicos del extracto crudo de la cáscara del achotillo mediante el método de maceración evaluando (factores: temperatura + ratio: soluto: solvente (75 % etanol))	30
4.2 Realización de screening fitoquímico cualitativo y cuantificación de los compuestos fenólicos del extracto crudo de la cáscara del achotillo por espectrofotometría	34
4.2.1 Identificación cualitativa de compuestos fitoquímicos en los extractos de cáscara de achotillo.....	34
4.2.2 Cuantificación de compuestos fitoquímicos de los diferentes tratamientos propuestos.....	36
4.3 Determinación de la actividad antimicrobiana de los compuestos fenólicos del achotillo ante la capacidad de degradación enzimática de <i>E. coli</i> y antioxidante como una forma de resistencia intermedia	40
5. DISCUSIÓN	43
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
6.1 Conclusiones.....	47
6.2 Recomendaciones.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	55

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Achotillo (<i>Nephelium lappaceum</i>).....	55
Anexo N° 2: Cáscara de achotillo.....	56
Anexo N° 3: Norma Mexicana NOM 247-SSA1-2008	57
Anexo N° 4: Normativa internacional del Codex Alimentarius 192-1995	58
Anexo N° 5: Pesaje de achotillo previo a envío a laboratorio para elaboración de macerados.....	59
Anexo N° 6: Selección y empaquetado de achotillo para envío a laboratorio .	59
Anexo N° 7: Achotillo empaquetado para envío a laboratorio para elaboración de tratamientos.....	60
Anexo N° 8: Muestras seleccionadas de achotillo.....	60
Anexo N° 9: <i>Muestra de achotillo previo al análisis según lo establecido por Codex Alimentarius 192-1995</i>	61
Anexo N° 10: Proceso de deshidratación de las muestras de achotillo.....	61
Anexo N° 11: Muestra deshidratada y triturada.....	62
Anexo N° 12: Pesaje de las muestras	62
Anexo N° 13: Proceso de maceración de las muestras	63
Anexo N° 14: Muestras maceradas.....	63
Anexo N° 15: Análisis de fenoles totales de las muestras a 25°C.....	64
Anexo N° 16: Análisis de fenoles totales de las muestras a 55°C.....	65
Anexo N° 17: Screening fitoquímico T1 a 25°C.....	66
Anexo N° 18: Screening fitoquímico T1 a 55°C.....	67
Anexo N° 19: Screening fitoquímico T2 a 25°C.....	68
Anexo N° 20: Screening fitoquímico T2 a 55°C.....	69
Anexo N° 21: Screening fitoquímico T3 a 25°C.....	70
Anexo N° 22: Screening fitoquímico T3 a 55°C.....	71
Anexo N° 23: Análisis de espectrofotometría T1 a 25 °C Repetición 1	72
Anexo N° 24: Análisis de espectrofotometría T1 a 25 °C Repetición 2	73
Anexo N° 25: Análisis de espectrofotometría T1 a 25 °C Repetición 3	74
Anexo N° 26: Análisis de espectrofotometría T1 a 55 °C Repetición 1	75
Anexo N° 27: Análisis de espectrofotometría T1 a 55 °C Repetición 2	76
Anexo N° 28: Análisis de espectrofotometría T1 a 55 °C Repetición 3	77
Anexo N° 29: Análisis de espectrofotometría T2 a 25 °C Repetición 1	78
Anexo N° 30: Análisis de espectrofotometría T2 a 25 °C Repetición 2	79

Anexo N° 31: Análisis de espectrofotometría T2 a 25 °C Repetición 3	80
Anexo N° 32: Análisis de espectrofotometría T2 a 55 °C Repetición 1	81
Anexo N° 33: Análisis de espectrofotometría T2 a 55 °C Repetición 2	82
Anexo N° 34: Análisis de espectrofotometría T2 a 55 °C Repetición 3	83
Anexo N° 35: Análisis de espectrofotometría T3 a 25 °C Repetición 1	84
Anexo N° 36: Análisis de espectrofotometría T3 a 25 °C Repetición 2	85
Anexo N° 37: Análisis de espectrofotometría T3 a 25 °C Repetición 3	86
Anexo N° 38: Análisis de espectrofotometría T3 a 55 °C Repetición 1	87
Anexo N° 39: Análisis de espectrofotometría T3 a 55 °C Repetición 2	88
Anexo N° 40: Análisis de espectrofotometría T3 a 55 °C Repetición 3	89
Anexo N° 41: Contenido de compuestos fitoquímicos por los diferentes tratamientos.....	90
Anexo N° 42: ANOVA ácidos grasos.....	91
Anexo N° 43: ANOVA ácidos grasos - palmítico	92
Anexo N° 44: ANOVA Triterpenos/Esteroles -1.....	93
Anexo N° 45: ANOVA Triterpenos/Esteroles -2.....	94
Anexo N° 46: ANOVA Lactonas y cumarinas.....	95
Anexo N° 47: ANOVA Fenoles específicos - 1	96
Anexo N° 48: ANOVA fenoles específicos - 2	97
Anexo N° 49: ANOVA Saponinas.....	98
Anexo N° 50: ANOVA Fenoles totales	99
Anexo N° 51: Análisis de Actividad Antimicrobiana.....	100
Anexo N° 52: Datos de actividad antimicrobiana de los diferentes tratamientos propuestos.....	101
Anexo N° 53: ANOVA actividad antimicrobiana	102
Anexo N° 54: Análisis Actividad Antioxidante.....	103

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

Ecuador, país tropical de tierra fértil, con muchas potencialidades, produce una gran variedad de especies frutales dentro de las que se destaca el achotillo, drupa exótica de sabor agradable y contextura superior al de otros países productores de la que se aprovecha mayormente la pulpa para consumo interno pero que además tiene gran potencialidad para exportación y con valor agregado (Cui et al., 2024).

Se identificó a las provincias de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Pastaza como las principales provincias productoras de achotillo con un total de 55 hectáreas y 400 árboles/ha., esta productividad está en aumento debido a las características sensoriales de su fruto que presenta una piel rojiza cubierta por espinas suaves; cada árbol puede llegar a producir 400 kilos de frutos por año (Chaidech et al., 2024).

La cáscara o pericarpio del achotillo contiene compuestos fenólicos como ácido elágico, corilagina y geranina; flavonoides y antocianinas que son pigmentos rojos, marrón y violeta, solubles en agua y que le confieren propiedades antioxidantes (Palomino y Salazar, 2020).

Estudios indicaron que las antocianinas pueden mejorar la visión actuando como quimio-protector eliminando radicales libres, también se le atribuye propiedades antidiabéticas y protección vascular (García et al., 2021).

Según Figueroa (2020) las antocianinas son pigmentos naturales que imparten un color atractivo y tienen propiedades antioxidantes. La microencapsulación es un método eficaz para preservar la actividad antioxidante de las antocianinas cuando se utilizan en productos alimenticios.

Para aprovechar estos beneficios se desarrollaron productos innovadores que contienen extractos de la cáscara de achotillo, como el aditivo en polvo Ramboost, que se puede agregar a bebidas y alimentos. Además, un startup llamado Rambuhealth desarrolló un producto con sabor a vino que tiene como objetivo eliminar las tendencias de consumo de productos saludables.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En Ecuador, el consumo de la pulpa de achotillo se realiza de forma directa o en conservas, generando desechos que es aprovechado para elaborar compost; sin embargo, esta práctica supone una pérdida de potencial de fuentes de biosustancias activas que se aprovechan en el uso alimenticio, farmacéutico y en cosmetología (Rojas et al., 2019).

La demanda de productos saludables y sostenibles impulsa el crecimiento del mercado de tintes naturales. Los consumidores buscan productos libres de aditivos artificiales y les preocupa el impacto ambiental, por lo que prefieren el uso de productos naturales (García et al., 2021).

En algunos estudios, las antocianinas se trajeron y microencapsulado de otras fuentes vegetales, como la piel de berenjena y pitahaya roja, para preservar su actividad antioxidante durante el consumo. Esto nos permitió aprovechar los beneficios de las antocianinas, como sus propiedades antioxidantes, para desarrollar alimentos funcionales y saludables (García et al., 2021).

La identificación del método de extracción más eficiente permitió optimizar el proceso de obtención de colorantes naturales a partir del pericarpio del achotillo, la evaluación de la aplicación de las antocianinas extraídas en productos agroindustriales brindó información valiosa para el desarrollo de alternativas naturales a los tintes artificiales. Los resultados de esta investigación, comúnmente utilizados en la industria, tienen implicaciones significativas para la industria alimentaria al ofrecer a los consumidores opciones más saludables y sostenibles (Vásquez et al., 2024).

1.2.2 Formulación del problema

Los compuestos fenólicos totales presentes en la cáscara del achotillo (*Nephelium lappaceum*) y que son extraídos mediante maceración en frío o en calor ¿pueden diferir significativamente en su concentración, actividad antimicrobiana y antioxidante?

1.3 Justificación de la investigación

En Ecuador, el cultivo de achotillo (*Nephelium lappaceum*), también conocido como achotillo, no ha alcanzado aún una escala significativa en términos comerciales. Sin embargo, existen zonas con alto potencial productivo, como la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, donde las condiciones edafoclimáticas favorecen su desarrollo. A nivel agronómico, un árbol maduro puede producir hasta 400 kilogramos de fruta por año, lo que evidencia su capacidad de rendimiento. No obstante, la falta de datos oficiales sobre la producción nacional limita su visibilidad dentro del sector agroindustrial y reduce el interés en su aprovechamiento integral. Este bajo nivel de aprovechamiento se agrava al considerar que gran parte del fruto, específicamente el pericarpio, es desecharo durante el procesamiento, a pesar de constituir una porción considerable de la biomasa generada (Zou et al., 2025).

De acuerdo con Sosa y García (2020) el pericarpio representa aproximadamente el 10 % del peso total del fruto, con un contenido estimado de 10 a 30 gramos por cada 100 gramos de fruta fresca, según la época de cosecha. Al ser no comestible, este componente suele ser eliminado como residuo, sin que se considere su potencial valor añadido. Sin embargo, diversos estudios han evidenciado que este subproducto posee una elevada concentración de compuestos bioactivos, entre los que destacan los compuestos fenólicos, conocidos por sus propiedades antioxidantes. En este contexto, la valorización del pericarpio del achotillo representa una alternativa viable para el desarrollo de estrategias sostenibles en la industria alimentaria y farmacológica, permitiendo transformar un desecho subutilizado en una fuente funcional de interés. Así, la revalorización de residuos agroindustriales, como los generados en la industria conservera, se perfila como una herramienta clave para fomentar el aprovechamiento integral de los cultivos emergentes en el país.

El creciente interés por los compuestos fenólicos se debe a su capacidad para actuar como agentes bioactivos con múltiples beneficios sobre la salud humana. Estos metabolitos secundarios, presentes en diversas matrices vegetales, han sido ampliamente estudiados por sus propiedades antioxidantes, pero también por su actividad antiinflamatoria, antimicrobiana e incluso anticancerígena. Tales características los convierten en candidatos

prometedores para el desarrollo de productos funcionales, nutracéuticos y farmacológicos. En este sentido, la identificación de compuestos fenólicos en subproductos agroindustriales como el pericarpio del achotillo no solo representa una alternativa de aprovechamiento de residuos, sino también una oportunidad para generar valor agregado a partir de recursos locales. Esta estrategia resulta particularmente relevante en contextos donde se busca reducir la dependencia de compuestos sintéticos, promoviendo el uso de ingredientes naturales, sostenibles y de bajo costo (Aronés et al., 2022).

Esta necesidad de alternativas naturales se justifica aún más al considerar el impacto que los radicales libres tienen sobre el organismo humano. Estos compuestos inestables generan estrés oxidativo, un proceso que deteriora estructuras celulares y está directamente relacionado con el envejecimiento prematuro y la aparición de enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. Frente a este escenario, los compuestos antioxidantes desempeñan un papel clave al neutralizar dichos radicales, restaurando el equilibrio redox celular y previniendo el daño oxidativo. Por ello, la investigación científica ha puesto especial atención en el análisis de alimentos y subproductos vegetales con alto contenido de antioxidantes, en particular aquellos ricos en compuestos fenólicos. En este marco, el pericarpio del achotillo se perfila como un material de gran interés, no solo por su abundancia en la biomasa desechada, sino también por su riqueza en pigmentos y polifenoles que podrían ejercer una función protectora frente al daño celular (Hernández, 2015).

En consecuencia, la presente investigación se orienta hacia la caracterización cualitativa de los compuestos fenólicos presentes en el pericarpio del achotillo, con el objetivo de evaluar su potencial como fuente natural de antioxidantes. Para ello, se aplicó una metodología que permite identificar la presencia de estos compuestos y, al mismo tiempo, establecer el volumen óptimo de solvente requerido para su extracción eficiente. Este enfoque metodológico resulta clave para optimizar futuros procesos de aprovechamiento, asegurando tanto la efectividad del rendimiento como la viabilidad económica y ambiental del procedimiento.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en la provincia del Guayas, en el cantón Guayaquil, en la Universidad Agraria del Ecuador Campus Dr. Jacobo Bucaram Ortiz.
- **Tiempo:** La presente investigación se ejecutó durante el segundo ciclo de periodo lectivo 2024 – 2025 en un tiempo aproximado de ocho meses.
- **Población:** El proyecto fue dirigido a la comunidad de la Universidad Agraria del Ecuador y a las industrias de alimentos.

1.5 Objetivo general

Determinar cualitativa y cuantitativamente los compuestos fenólicos de la cáscara del achotillo (*Nephelium lappaceum*) y su actividad antimicrobiana y antioxidante *in vitro*.

1.6 Objetivos específicos

- Extraer los compuestos fenólicos del extracto crudo de la cáscara del achotillo mediante el método de maceración evaluando (factores: temperatura + ratio: soluto: solvente (75 % etanol)).
- Realizar screening fitoquímico cualitativo y cuantificación de los compuestos fenólicos del extracto crudo de la cáscara del achotillo por espectrofotometría.
- Determinar la actividad antimicrobiana de los compuestos fenólicos del achotillo ante la capacidad de degradación enzimática de *E. coli* y antioxidante como una forma de resistencia intermedia.

1.7 Hipótesis

Los compuestos fenólicos extraídos mediante procesos de maceración de la cáscara del achotillo tienen actividad antibacteriana y antioxidante y el grado de efectividad ante *Escherichia coli* y su capacidad antioxidante dependerá de la concentración del extracto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

El estudio de Estrada et al. (2022) evaluó la extracción de compuestos fenólicos totales a partir de residuos de mango común (*Mangifera indica L.*) utilizando un proceso asistido por ultrasonido. Se probaron diferentes proporciones residuo/solvente, tiempos de extracción y concentraciones de etanol. Los mejores resultados se obtuvieron con una relación de 1 g de residuo por 15 mL de solvente, 20 minutos de extracción y una concentración de etanol del 60 %, alcanzando rendimientos del 30 al 56% y valores superiores a 0.8 mg EAG/mg de residuo seco. El estudio concluyó que la relación residuo/solvente, el tiempo y la concentración de etanol influyeron significativamente en el contenido de fenoles, siendo la técnica de ultrasonido una alternativa eficiente para su extracción.

Rochín et al. (2021) evaluaron la extracción de compuestos fenólicos totales en nueve variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivadas en Zacatecas, utilizando una relación soluto: solvente de 1:20 con metanol al 80 % para los compuestos libres, y una hidrólisis alcalina seguida de extracción con acetato de etilo para los compuestos ligados. Los compuestos fenólicos totales variaron de 67.90 a 204.37 mg EAG/g ms, siendo la variedad Flor de Junio la que presentó el mayor contenido en ambas fracciones. Se observó que entre el 64 % y el 93 % de los compuestos fenólicos estaban en la fracción ligada, indicando que esta fracción representa la mayor proporción del contenido fenólico total en las variedades estudiadas.

Hurtado y Ortiz (2018) identificaron compuestos fenólicos en cáscaras de diez frutas (limón, mandarina, mango, manzana, naranja, palta, papaya, plátano, sandía y uva): cualitativamente, todas las muestras mostraron presencia de fenoles totales, flavonoides y flavanoles, mientras que las antocianinas solo se detectaron en las cáscaras de manzana y uva; cuantitativamente, los fenoles totales oscilaron entre 24,42 mg EAG/100 g en plátano y 9088,63 mg EAG/100 g en palta; los flavonoides variaron de 16,83 mg CE/100 g en plátano a 6290,27 mg CE/100 g en palta; los flavanoles estuvieron entre 0,07 mg CE/100 g en naranja y 6,92 mg CE/100 g en manzana; y las antocianinas alcanzaron 7,10 mg C3G/100 g en manzana y 9,48 mg C3G/100 g en uva.

Trujillo (2021) identificó compuestos fenólicos, flavonoides, taninos y saponinas en extractos alcohólicos de cáscara de piña (*Ananas comosus*); cualitativamente, todas las muestras mostraron presencia de los compuestos mencionados mediante pruebas fitoquímicas específicas. Cuantitativamente, la capacidad antioxidante del extracto se determinó mediante el método DPPH, con un valor de IC₅₀ de 35,96 µl/mL y un porcentaje de inhibición del 46,85 %. Basado en estos resultados y en estimaciones comparativas con estudios similares, se estima que el contenido de fenoles totales del extracto corresponde a aproximadamente 3,75 a 6,75 mg EAG/g de materia seca, lo cual respalda su potencial como fuente de antioxidantes naturales para aplicaciones cosméticas o alimentarias.

Aguilar et al. (2020) evaluó la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos acuoetanólicos obtenidos por ultrasonido de cáscaras de aguacate, cacao, coco y tuna: cualitativamente, todos los extractos presentaron actividad antioxidante, mientras que la actividad antimicrobiana solo se detectó en cáscaras de aguacate, coco y, en menor grado, tuna; el extracto de cacao mostró actividad únicamente frente a *Candida albicans*. Cuantitativamente, el extracto de cáscara de aguacate presentó el mayor contenido de fenoles totales (36,5 mg EAG/g ms), la mayor capacidad antioxidante (141,23 mM Trolox/g ms) y el menor valor de EC₅₀ (59,03 ppm). En cuanto a la actividad antimicrobiana, los halos de inhibición oscilaron entre 10,6 mm frente a *Escherichia coli* y 15,3 mm frente a *C. albicans* en el extracto de aguacate; el extracto de coco mostró halos de hasta 13,2 mm frente a *E. coli*, mientras que el extracto de tuna presentó una inhibición más moderada de 8,0 mm.

El estudio de Rico et al. (2021) describió la actividad antimicrobiana de compuestos polifenólicos extraídos de frutos del género *Vaccinium* (arándano rojo, azul y mortiño): cualitativamente, todas las especies mostraron presencia de proantocianidinas tipo A (PAC-A), flavonoides y taninos, responsables de su efecto antioxidante y antimicrobiano; cuantitativamente, los extractos evaluados presentaron halos de inhibición frente a *Escherichia coli* que oscilaron entre 12,0 mm en *Vaccinium macrocarpon* y 15,2 mm en *Vaccinium corymbosum*, mientras que frente a *Staphylococcus aureus* los halos variaron de 10,1 mm a 13,7 mm, respectivamente. Estos resultados se relacionaron positivamente con la concentración de polifenoles, con contenidos de hasta 120 mg PAC-A/100 g en

arándano rojo. Además, la alta capacidad antioxidante reportada en estas especies (más de 200 µmol Trolox/g ms en algunos extractos) se correlacionó directamente con su eficacia antimicrobiana, destacando el rol de los compuestos fenólicos en la inhibición del crecimiento bacteriano y la prevención de infecciones.

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 *El achotillo (Nephelium lappaceum)*

El achotillo, también conocido como achotillo, es una fruta tropical originaria del sudeste asiático. Sin embargo, ahora se cultiva en varias regiones tropicales del mundo, es conocido por su apariencia distintiva y sabor dulce (Anexo 1). Su árbol es perenne y alcanza una altura considerable con hojas compuestas y flores pequeñas recogidas en inflorescencias (Hazmi et al., 2025).

La fruta en sí es valorada por su pulpa rica y carnosa; se consume fresca, agregada a ensaladas, como postre o jugo. Su cultivo requiere condiciones tropicales específicas, incluyendo suelos bien drenados y un clima cálido, convirtiéndola en una fruta que no sólo proporciona placer sensorial, sino que también despierta interés por su contenido nutricional y su papel en diversas tradiciones (Triviño, 2024).

2.2.2 Generalidades del achotillo

Según Arias et. al. (2016) el Achotillo o también conocido como Mamón Chino, es un fruto ovalado y muy dulce, su pulpa tiene cierto parecido al de la uva, su sabor es fresco y un poco ácido; su pericarpio es particular debido a las púas que tiene integradas las cuales ayudan a que los insectos no se acerquen y dañen su fruto.

La cáscara del achotillo tiene un antioxidante 10 veces más potente que la vitamina C y E, también protege las células del daño causado por los radicales libres, mejorando el flujo sanguíneo y la elasticidad de la piel, aportando beneficios antienvejecimientos (Le et. al. 2022).

2.2.2.1. Variedades del achotillo.

Según Arias y Calvo (2014), las distintas variedades que existen en distintos países son:

- Indonesia: Lebakbooloos, Seematjan y Seematjan ketjil.
- Filipinas: Queen Zaida, Baby Eulie, Princess Caroline, Roxas, Zamora y Quirino.
- Malasia: Chooi Ang, Peng Thing Bee y Ya Tow'.
- Costa Rica: R134, R162, R167, Jeetle y Rongriem.

2.2.3 Origen del achotillo

El achotillo (*Nephelium lappaceum*) tiene sus raíces en las regiones del sudeste asiático, de donde es originario. Este árbol frutal tropical crece en climas cálidos y húmedos y se ha extendido a países como Malasia, Indonesia, Tailandia y Filipinas. Debido a su popularidad y aprecio por su sabor único, la producción de esta planta se expandió a otras regiones tropicales del mundo. Su adaptabilidad a diversas condiciones climáticas ha propiciado que se introduzcan en países de América Latina, África y otras zonas tropicales y se encontraron tierras aptas para su crecimiento (Triviño, 2024).

2.2.4 Taxonomía del achotillo

El achotillo también conocido como Achotillo es un árbol frutal que pertenece a la familia *Sapindaceae*, del género *Nephelium L.* (Tabla 1).

Tabla 1.

Taxonomía del Achotillo

Categoría	Nombre
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Sapindaceae
Subfamilia	Sapindoideae
Género	<i>Nephelium</i>
Especie	<i>Nephelium lappaceum</i>

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2014). Elaborado por: La Autora, 2025

El achotillo es apreciado por sus frutos, que se desarrollan en racimos colgantes y están rodeados por una capa exterior peluda y rojiza (Anexo 2). La taxonomía proporciona un marco sistemático para comprender la clasificación

biológica del achotillo, ubicándolo dentro y destacando el amplio contexto de la diversidad vegetal.

2.2.5 Propiedades del achotillo

El achotillo es conocido por sus diversas propiedades, convirtiéndolo en un fruto apreciado, gastronómico y medicinal. Esta fruta tropical es rica en nutrientes, entre ellos vitaminas y minerales que benefician la salud. Contiene vitamina C, que actúa como antioxidante, fortaleciendo el sistema inmunológico y contribuyendo al bienestar general, también aporta importantes minerales como fósforo, calcio y hierro. Desde el punto de vista medicinal, tiene dominios antioxidantes y reductores de la inflamación que combaten el estrés oxidativo, mejorando la salud digestiva. El achotillo aporta beneficios nutricionales y propiedades medicinales, haciéndolo valioso en dietas y medicina tradicional (Valencia et al., 2021).

La cáscara del achotillo es rica en compuestos fenólicos como geranina, corilagina y ácido elágico con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antihiperglucémicas y anticancerígenas (Palomino y Salazar, 2020).

2.2.6 Método de maceración

El método de maceración consiste en poner en contacto materiales como flores, hojas e incluso cortezas con un disolvente adecuado, como agua o etanol, y se deja reposar la mezcla durante varios días, revolviendo frecuentemente a temperatura ambiente (Carrión y García, 2010).

Según Carrión y García (2010) es un proceso de extracción sólido-líquido, que cuenta con una serie de compuestos disueltos en el fluido de extracción del que se extrae. Este proceso produce dos productos que se utilizarán según la necesidad, un sólido esencialmente inexistente o el extracto mismo. Existen dos métodos de maceración según temperaturas frías y calientes.

2.2.6.1. Maceración en frío.

El método consiste en remojar el producto a macerar en un recipiente con suficiente disolvente para cubrir toda la parte a macerar, durante un tiempo muy largo dependiendo del material a macerar. Sus ventajas son usar equipos sencillos que requieren una mínima energía y la capacidad de extraer casi todas

las propiedades de la maceración (dependiendo del disolvente), casi sin alterarlas por la temperatura, aunque esto es necesario para lograr una extracción adecuada.

2.2.6.2. Maceración con calor.

Consiste en el contacto entre las etapas del producto a macerar y el disolvente, por las variaciones de temperatura, el tiempo necesario para la maceración en frío varía ya que el uso de calor acelera el proceso. Lo malo de la maceración térmica es que no se puede extraer la esencia del producto de forma pura, ya que destruye algunas propiedades, muchas veces los compuestos termolábiles afectados por la temperatura, sin embargo, el periodo de tiempo se acorta en comparación al frío.

2.2.7 Solventes

El etanol se utiliza en la extracción de colorantes naturales debido a sus propiedades solventes y su capacidad para disolver y extraer compuestos orgánicos como carotenoides y antocianinas, debido a que es un solvente polar, es decir, que en cuyas moléculas la distribución de la nube electrónica es asimétrica, se evapora fácilmente permitiendo la extracción el colorante ya sea en polvo o líquido (Carpio, 2021).

Según Chaidech et al. (2024) para la extracción de antocianinas se aplican solventes ácidos, por ejemplo:

- Ácido clorhídrico (HCl) en Metanol: Extrae y purifica compuestos naturales, reduce la actividad enzimática que pueden degradar los compuestos naturales.
- Etanol al 90 %: Solvente seguro y no tóxico adecuado para colorantes naturales de grado alimenticio, la temperatura de extracción es de 60 °C optimizando la solubilidad y extracción del colorante.
- Cloroformo con acetona: Disuelve compuestos lipófilos y ayuda a estabilizar las moléculas mejorando su solubilidad, debido a que el cloroformo es un solvente tóxico y cancerígeno se pueden usar alternativas como hexano y acetona.
- Etanol con ácido acético: Extrae compuestos naturales como los flavonoides, taninos y otros polifenoles, también se suele utilizar en una

mezcla de 80-90 % etanol y 10-20 % ácido acético, siendo menos tóxica y corrosiva.

- Metanol con ácido acético: Extracción y purificación de compuestos especialmente los sensibles al agua y otros solventes polares, el metanol es tóxico en grandes cantidades por ese motivo es comúnmente recomendado utilizarlo en una proporción de 80-90 % metanol y 10-20 % ácido acético.
- Etanol con ácido cítrico: Estabiliza las moléculas y mejora la solubilidad, tiene propiedades antioxidantes ayudando a proteger los compuestos naturales de la oxidación durante el proceso de extracción y purificación.

2.2.8 Compuestos fenólicos

Las plantas sintetizan una gran cantidad de metabolitos primarios y secundarios los primeros intervienen en los diversos procesos vitales, pero los metabolitos secundarios no ejercen la función definida, estos últimos no se encuentran distribuidos uniformemente en todas las plantas y se sintetizan en pequeñas cantidades; dentro del grupo de metabolitos secundarios encontramos los terpenos, los alcaloides, los glucósidos y los compuestos fenólicos (Martin, 2018).

Los metabolitos secundarios intervienen en funciones como asimilación de nutrientes, síntesis proteica, actividad enzimática, defensa, fotosíntesis, formaciones estructurales, resalta la gran capacidad antioxidante de muchos de estos compuestos fenólicos (Palomino y Salazar, 2020).

Los metabolitos secundarios presentan un grupo fenol, (anillo aromático con un grupo hidroxilo) y recibe el nombre de compuestos fenólicos, formando un grupo muy diverso de moléculas sencillas y complejas que a pesar de no considerarse nutrientes están presentes en la dieta humana (Palomino y Salazar, 2020).

Los pigmentos flavonoides con alrededor de 3000 compuestos fenólicos que interactúan en la relación planta – consumidor; dentro de este grupo encontramos a las chalconas utiliza catalizadores carbonatados de carácter ácido que poseen propiedades antibacterianas, antifúngicas, antitumorales y antiinflamatorias. Otro compuesto flavonoide de gran importancia son las

cumarinas empleadas como veneno y acelera la fermentación de levaduras (Martin, 2018).

Los taninos como el ácido elágico poseen propiedades antioxidantes actuando en contra de los radicales libres responsables del proceso de envejecimiento; la geranina, posee propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatoria y anticancerígenas (Palomino y Salazar, 2020).

2.2.9 Actividad antioxidante (DPPH)

Según Grande et al. (2020) indican que el método DPPH demostró que el hidrometanol 80:20 % (v/v) tuvo la capacidad antioxidante más alta (40,53 µmol equivalente de trolox, TE), mientras que el extracto liofilizado tuvo capacidad antioxidante más alta por el método del ácido 2,2'-azino-bis (3-etylbenzotiazolina-6-sulfónico), ABTS proporciona 60,31 µmol trolox, equivalente (TE).

2.2.10 Actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana es la capacidad que presentan ciertas sustancias que, a bajas concentraciones pueden eliminar o inhibir microorganismos como las bacterias.

Existen diversos métodos para determinar la capacidad antimicrobiana. Entre los métodos de evaluación se citan los métodos de difusión en disco que están indicados para microorganismos no exigentes y de rápido crecimiento; así también el método de difusión del pozo en agar, ambos métodos permiten la determinación cualitativa del efecto antimicrobiano de los extractos vegetales.

El método de difusión se emplea cuando un microorganismo presenta resistencia a los antimicrobianos de uso frecuente y para estudiar nuevas alternativas de tratamiento (Sánchez et al. 2016).

2.2.10.1. Medición de la actividad antimicrobiana: Halos de inhibición.

La medición de la actividad antimicrobiana mediante halos de inhibición es una técnica comúnmente empleada para evaluar la eficacia de compuestos frente a microorganismos, basada en el método de difusión en agar. En este procedimiento, se siembra una suspensión microbiana sobre una placa con medio de cultivo, y luego se aplican discos o pocillos impregnados con el agente antimicrobiano. Tras incubación, si el compuesto es eficaz, inhibe el crecimiento

bacteriano alrededor del punto de aplicación, generando un halo claro cuya dimensión se mide en milímetros. El tamaño del halo es proporcional a la potencia del antimicrobiano, y su interpretación se realiza comparándolo con estándares establecidos por organismos como el CLSI. Este método es ampliamente usado en investigaciones microbiológicas y en laboratorios clínicos por su simplicidad, bajo costo y capacidad de evaluar múltiples agentes simultáneamente, aunque presenta limitaciones como la baja precisión cuantitativa y la influencia del tipo de medio y difusión del compuesto (Rico et al., 2021).

2.3 Marco legal

El artículo 397 numeral 3 de la Constitución de la República del Ecuador establece que: "[...] Estado regulara la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente [...]"

El artículo 12 de la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria, publicada en el Registro Oficial Suplemento 27 de 3 de julio de 2017, establece: "Crease la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, entidad técnica de derecho público, [...] A esta Agencia corresponde la regulación y control de la sanidad y bienestar animal, sanidad vegetal y la inocuidad de los alimentos en la producción primaria, con la finalidad de mantener y mejorar el estatus fito y zoosanitario de la producción agropecuaria (...).

La agencia de Regulación y Control Fitosanitaria ecuatoriana mediante resolución 0105 del 2 de junio del 2022 aprobó el Manual de procedimiento para el registro y control de agentes de control biológico, extractos vegetales, preparados minerales y semioquímicos.

En el mencionado manual se establecen los requisitos sanitarios que se deben cumplir para el Registro Nacional.

Según Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 (2009), establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los colorantes orgánicos naturales, así como métodos de prueba para verificar su cumplimiento (Anexo 3). Algunos requisitos que se deben cumplir:

- Sea seguro para su salud
- Ser extraído de fuentes naturales

- No tener un sabor desagradable
- Ser compatible con otros ingredientes alimentarios
- No dañar el medio ambiente

La Norma Mexicana regula el uso de colorantes naturales, incluidos los de origen vegetal, en alimentos procesados para garantizar su inocuidad y calidad.

Según el Codex Alimentarius 192-1995 (2024), (Anexo 4) las antocianinas son pigmentos comunes en la mayoría de las frutas rojas como las fresas, frambuesas, moras, arándanos, uvas y granadas. Las antocianinas se identifican con el número SIN 163 en el Sistema Internacional de Numeración de Aditivos del Codex. Según el E163, varios tipos de antocianinas están aprobados como colorantes alimentarios, incluidos extractos de pieles de uva, grosellas negras, maíz morado, repollo, lombarda, zanahorias negras, batatas, rábanos, bayas de saúco, hibiscos, campanillas, etc.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 *Tipo de investigación*

La investigación adoptó un enfoque bibliográfico y experimental para aprovechar materias primas no tradicionales, como la cáscara del achotillo, para elaborar una extracción de compuestos fenólicos.

- Investigación aplicada: Implicó la utilización del conocimiento existente para resolver problemas prácticos. La investigación se centró en aplicar el método de maceración que permite extraer los compuestos fenólicos presentes en el pericarpio.
- Investigación documental: Se analizó una revisión de la literatura, los documentos y las fuentes existentes relacionados con el tema. La investigación implicó revisar trabajos, artículos e informes científicos sobre compuestos fenólicos, propiedades del achotillo y método de maceración recopilando información relevante para el proceso de obtención.
- Investigación de campo y laboratorio: Se recolectó la cáscara del achotillo, y se evaluó la disponibilidad de la materia prima, la investigación se centró en el análisis fisicoquímico de la cáscara y los factores (temperatura + ratio: soluto: solvente (75% etanol)).
- Investigación experimental: Se realizaron experimentos controlados para probar la hipótesis y recopilar datos. Para obtener los compuestos fenólicos a partir de cáscaras de achotillo, se empleó el método de maceración identificando el factor que proporcionó el mejor resultado de concentración.

3.1.2 *Diseño de investigación*

La investigación fue de tipo experimental donde se evaluó la presencia de compuestos fenólicos; así como, el mejor método de extracción por maceración según la concentración obtenida.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente.

Las variables independientes analizadas fueron:

Métodos de extracción:

- Temperatura
- Ratio extracción

3.2.1.2. Variable dependiente.

Las variables dependientes analizadas fueron:

- Tipos y concentración de compuestos fenólicos
- Actividad antimicrobiana frente a *E. coli*
- Actividad antioxidante

3.2.2 Matriz de operacionalización

Esta herramienta sirve para organizar y sistematizar la recopilación y análisis de datos, ayudando a clasificar los conceptos y variables establecidos (Tabla 2).

Tabla 2.

Matriz de operacionalización de variables

Variables		Nivel de medida	Descripción
Variable	Tipo		
Independiente			
Métodos de extracción con diferente temperatura y ratio de extracción	Cuantitativa	Nominal	Se utilizó el método de extracción por maceración a partir de la cascará de achotillo, se midió a través de observación directa y pruebas de laboratorio.

Variable Dependiente	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Tipos y concentración de compuestos fenólicos	Cuantitativa	Continua	Los resultados fueron expresados mediante coloración, cambios de coloración, formación de espuma, formación de precipitados, turbidez.
Actividad antimicrobiana frente a <i>E. coli</i>	Cuantitativa	Continua	Los resultados se expresaron midiendo el diámetro de los halos de inhibición producido por el extracto.
Actividad antioxidante	Cuantitativa	Continua	Los resultados de la inhibición de la oxidación de la sonda media por el Trolox (análogo de la vitamina E), los cuales fueron expresados en µmol TE/L (Trolox equivalente).

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.3 Tratamientos

Para esta investigación se realizó tres tratamientos de maceración a temperatura ambiente (25 °C) y caliente (55 °C) de las cáscaras de achotillo para tres concentraciones diferentes de soluto y solvente 1:10, 1:15, 1:20 (Tabla 3). Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un análisis de espectrofotometría que permitió conocer la concentración de compuestos fenólicos en términos de µg/mL (Ávila et al., 2023).

Tabla 3.
Tratamiento de extracción

Ingredientes	T1	T2	T3
	1:10	1:15	1:20
Ratio Soluto:Solvente	50 g/500 ml	50 g/75 0ml	50 g/1000 ml
Temperatura	25°C	55°C	25°C

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.4 Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo mediante un diseño completamente al azar conformado por tres tratamientos y tres repeticiones.

Para la extracción de los compuestos fenólicos se partió del extracto alcohólico el cual se obtuvo por maceración de cáscaras de achotillo utilizando etanol al 75 % como solvente.

De este extracto se tomó 100 µL y se adicionó 500 µL de Folin-Ciocalteau y 400 µL de carbonato de sodio al 7,5 % dejando reaccionar durante media hora luego se realizó la cuantificación con el espectrofotómetro en 765 nm.

El extracto alcohólico, también fue empleado para realizar el screening fitoquímico al que se le hizo reaccionar con diferentes reactivos para determinar la presencia de diversos metabolitos lo que brindó la oportunidad de identificar las moléculas con potencial farmacológico.

Se empleó un análisis de actividad antimicrobiana con la bacteria *E. coli* durante 72 horas para comprobar si el extracto tenía alguna resistencia contra él y se lo comparó con otros extractos ya existentes para verificar si es o no más resistente que otros extractos, de igual modo se le aplicó una actividad antioxidante DPPH al extracto el cual cambió a un color violeta por espectrofotometría a 517 nm, se construyó una curva de calibración con Trolox y se expresó como Equivalente de Trolox/100g de extracto.

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1. Materia prima.

La materia prima es la cáscara del achotillo (Variedad R-14, madurez específica color rojo brillante y en la zona de Guayaquil donde los distribuyen), sin embargo, se compró el fruto y se separó la pulpa de la cáscara, manteniéndolo a una temperatura de almacenamiento de 10 °C. La madurez del fruto presenta tonalidades desde verde, amarillo hasta el rojo o morado, debido a que el achotillo es un fruto no climatérico es necesario recolectar el fruto en su tonalidad rojiza para así obtener un mejor resultado en la extracción de compuestos fenólicos, ya que la concentración de antocianinas varía dependiendo del nivel de madurez (Arias et. al., 2016).

3.2.5.2. Recursos.

Los materiales que se utilizaron para el trabajo de investigación experimental se describen a continuación:

3.2.5.2.1. Método de maceración.

Materia prima

- Cáscara de achotillo
- *Escherichia coli*

Materiales

- Mortero
- Recipiente de vidrio con tapa (500 mL)
- Tubos de ensayo de 15 mL
- Micropipeta automática
- Pera de succión
- Pipetas de 2 mL.
- Papel filtro
- Vaso de precipitación tipo pyrex
- Termómetro digital tipo alimentario (-50 a 300 °C)
- Pinza para tubo
- Sorbona
- Molino
- Gradilla
- Caja petri
- Mechero
- Asa plástica
- Campana de Durham
- Espátula drigalski

Equipos de protección personal (EPP)

- Mandil
- Cofia plisada
- Cubrebocas (KN95)
- Guantes de látex

Ingrediente

- Etanol (75 %)

Equipos

- Horno tostador
- Vortex
- Rotavapor
- Espectrofotómetro
- Hornilla eléctrica
- Cámara de Neubauer

Reactivos

- Folin-Ciocalteau
- Carbonato de sodio al 7,5 %
- Éter etílico
- Sudan (aceites y grasas)
- Liebermann-Burchard (triterpenos y esteroides)
- Baljet (lactonas y cumarinas)
- Cloruro férrico al 1 %(taninos)
- Espuma (saponinas)
- Dragendorff (alcaloides)
- Meyer (alcaloides)
- Wagner (alcaloides)
- Agar verde brillante
- 2,2-difenil-1-picrilhidracilo

3.2.5.3. Métodos y técnicas.

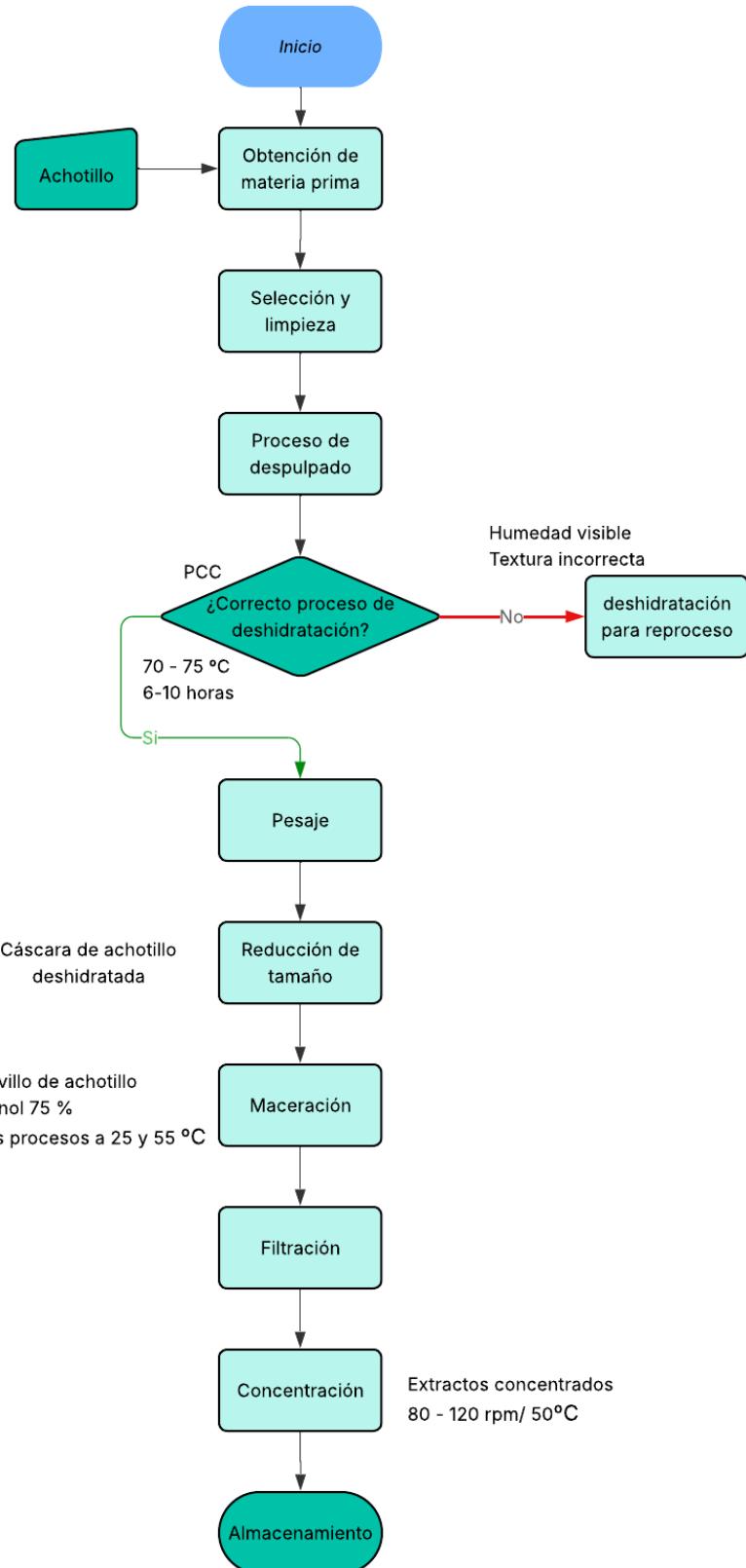
El diagrama de flujo se realizó por medio de la plataforma Lucidchart.

3.2.5.3.1. Proceso de elaboración de los diferentes tratamientos de extractos de achotillo a diferentes temperaturas.

El proceso de elaboración de los extractos se describe a continuación en la figura 1.

Figura 1.

Flujograma del proceso de maceración de los extractos a diferentes temperaturas



Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.5.1.2. Descripción del diagrama de flujo del proceso de maceración de los extractos a diferentes temperaturas.

- **Obtención de materia prima:** Se compró 2000 g de achotillo (madurez específica color rojo brillante), ya que la cáscara del achotillo representa un 10 % del fruto total.
- **Selección y limpieza:** Se seleccionó por medio de apariencia física. Se lavó la cáscara o pericarpio para eliminar cualquier residuo o suciedad.
- **Proceso de despulpado:** Se realizó la separación manual de la cáscara y la pulpa de achotillo, donde se utilizó únicamente la cáscara para el proceso de deshidratación.
- **Deshidratación:** Se secó a 70-75 °C en horno para que no queden residuos de agua, durante 6 – 10 horas (tiempo recomendado para cáscara). Se considera PCC porque este paso del proceso trata de reducir la actividad de agua (a_v), lo que inhibe el crecimiento microbiano. Si no se alcanza la temperatura adecuada (70–75 °C), el producto podría quedar con humedad residual peligrosa.
- **Pesaje:** La materia prima se pesó para saber qué cantidad de cáscara se obtuvo.
- **Reducción de tamaño:** Se fragmentó la cáscara del achotillo hasta llegar a un polvo para una mejor absorción de los compuestos fenólicos, se utilizó un tamiz de 3" (500 µm).
- **Macerado:** El proceso de maceración se realizó siguiendo las relaciones soluto: solvente establecidas en cada tratamiento (T1: 1:10; T2: 1:15; T3: 1:20), empleando 50 gramos de polvo de achotillo en 500, 750 y 1000 mL de etanol al 75 %, respectivamente. Para los tratamientos efectuados a 25 °C, las mezclas se mantuvieron en reposo durante 48 horas con agitación manual dos veces al día. En el caso de los tratamientos a 55 °C, estos fueron realizados en un laboratorio especializado, utilizando un baño María durante 1–2 horas bajo campana extractora, con agitaciones periódicas cada 10–15 minutos para favorecer la extracción y evitar el sobrecalentamiento del solvente.
- **Filtración:** Los diferentes tratamientos fueron filtrados para eliminar cualquier partícula con un filtro de papel de 11 µm (Whatman N°1).

- **Concentración:** Una vez realizado el proceso de filtración, los extractos se concentraron mediante rotavapor a 50 °C a 80 – 120 rpm.
- **Almacenado:** Se conservó en frascos de vidrio en un lugar fresco, seco y oscuro.

3.2.5.3.2. Evaluación del contenido de fenoles totales de las muestras

La determinación de compuestos fenólicos totales se realizó mediante el reactivo de Folin–Ciocalteu, utilizando ácido gálico como estándar (Estrada et al., 2022).

- Se prepararon alícuotas del extracto a una concentración adecuada.
- Se añadieron 0.5 mL del reactivo de Folin–Ciocalteu (diluido 1:10) y 1 mL de solución de carbonato de sodio al 7.5 %.
- Las mezclas se dejaron reaccionar en oscuridad a temperatura ambiente (\approx 25 °C) durante 30 minutos, evitando la exposición a la luz para prevenir interferencias en el desarrollo del color.
- La absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro UV–Vis.
- Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra seca (mg EAG/g ms).

3.2.5.3.3. Screening fitoquímico

A cada extracto se le realizaron las pruebas fitoquímicas clásicas descritas en literatura, utilizando reactivos selectivos para diferentes grupos funcionales. Las reacciones fueron en un laboratorio certificado donde se hicieron por triplicado para asegurar consistencia en la observación (Yunitasari et al., 2022).

Detección de aceites y grasas (Prueba con Sudan III)

- En un tubo de ensayo se colocaron 0,5 mL del extracto.
- Se añadieron 2–3 gotas del reactivo Sudan III.
- Se mezcló suavemente y se dejó reposar 1 minuto.

Interpretación:

La aparición de coloración rojiza o anaranjada intensa indica lípidos neutros, ceras o triglicéridos. La reacción se clasificó como (-), (+), (++) y (+++).

Triterpenos y esteroles (Reactivos de Liebermann–Burchard)

- En un tubo seco se añadieron 1 mL del extracto.
- Se incorporaron 2 mL de anhídrido acético.
- Luego se añadieron 2–3 gotas de ácido sulfúrico concentrado, cuidadosamente por la pared del tubo para evitar mezclado brusco.
- Se dejó reaccionar 2 minutos sin agitación.

Interpretación:

Color verde, azul o púrpura confirma presencia de triterpenos o esteroles (β -sitosterol, lupeol, etc.). Escala: (-), (+), (++) y (+++).

Alcaloides (Reactivos de Mayer, Wagner y Dragendorff)

Para cada extracto se prepararon tres tubos independientes:

- Se colocaron 1 mL del extracto en cada tubo.
- Se agregaron 2–3 gotas del reactivo correspondiente (Mayer, Wagner o Dragendorff).
- Se dejó reposar 1–2 minutos para observar formación de precipitados.

Interpretación:

Mayer: precipitado cremoso.

Wagner: precipitado rojizo/marrón.

Dragendorff: precipitado anaranjado.

La ausencia de precipitado se reportó como (-), indicando ausencia de alcaloides detectables.

Lactonas y cumarinas (Prueba de Baljet)

- En un tubo se colocaron 0,5 mL del extracto.
- Se añadieron 1 mL del reactivo de Baljet (picrato alcalino).
- Se dejó reaccionar 2 minutos a temperatura ambiente.

Interpretación:

Coloraciones amarillas, naranja o rojas indican lactonas sesquiterpénicas o cumarinas (ej. escopoletina, umbeliferona).

Taninos y compuestos fenólicos (Prueba con cloruro férrico al 1 %)

- Se mezclaron 0,5 mL del extracto con 2–3 gotas de FeCl₃ al 1 %.
- Se observó inmediatamente el desarrollo del color.

Interpretación:

Color azul oscuro, verde o negro confirma taninos hidrolizables, catecoles o polifenoles. Clasificación: (-), (+), (++) y (+++).

Saponinas (Prueba de espuma)

- En un tubo graduado se añadieron 5 mL del extracto.
- Se agitó vigorosamente durante 30 segundos.
- Se dejó reposar 10 minutos.

Interpretación:

La formación de espuma estable ≥ 1 cm indica presencia de saponinas esteroidales o triterpélicas. Se registró la altura y estabilidad de la espuma: (-), (+), (++) y (+++).

3.2.5.3.4 Identificación y cuantificación de compuestos fenólicos

Tras la identificación cualitativa inicial, la cuantificación de los compuestos fitoquímicos presentes en los extractos se realizó mediante técnicas cromatográficas (HPLC y GC) y espectrofotométricas. Todos los análisis se efectuaron en triplicado, y los resultados fueron expresados en función de la masa de extracto seco empleada.

Preparación general de extractos para análisis cuantitativo

- Los extractos previamente obtenidos se concentraron a presión reducida y se llevaron a sequedad. Para la cuantificación analítica:
- Se pesaron porciones de extracto seco (entre 50 y 100 mg, según el compuesto).
- Se disolvieron en disolventes grado analítico (metanol, acetonitrilo o mezcla hidroalcohólica).
- Se realizaron procesos de sonicación y centrifugación para garantizar la solubilidad total.
- Las muestras se filtraron a través de membranas de 0.22–0.45 µm antes de su inyección en los equipos cromatográficos.

Cromatografía de gases (GC-FID o GC-MS)

Los compuestos volátiles o susceptibles de derivatización, como los ácidos grasos, fueron cuantificados mediante cromatografía de gases equipada con detector de ionización en llama (FID) o espectrometría de masas.

Preparación general para GC

Las muestras se sometieron a derivatización para obtener derivados volátiles (por ejemplo, esterificación para formar FAMEs en el caso de ácidos grasos). Tras la reacción química, los derivados se extrajeron con un solvente orgánico volátil (hexano) y se filtraron.

Condiciones instrumentales

Equipo: Cromatógrafo de gases con FID o MS.

Columna: Capilar polar o semipolar de alta resolución.

Modo de inyección: Split.

Programa de temperatura: Incrementos programados para separar eficientemente compuestos de distintas volatilidades.

Cuantificación

- Se utilizaron patrones externos o mezclas certificadas.
- Las concentraciones se calcularon mediante normalización de área o curvas de calibración.
- Los resultados se expresaron como porcentaje relativo (%) o mg/g, dependiendo del analito y del estándar.

Análisis espectrofotométrico

Algunos grupos de metabolitos (fenoles totales, saponinas totales u otros compuestos basados en reacciones colorimétricas) se cuantificaron mediante espectrofotometría UV–Vis.

Procedimiento general

- Se mezclaron alícuotas del extracto con reactivos específicos (p. ej., Folin–Ciocalteu, vanilina–H₂SO₄).
- Las mezclas reaccionaron por un tiempo determinado en oscuridad o en baño maría según el método.
- Las absorbancias se midieron en longitudes de onda características para cada ensayo.

Cuantificación

- Se generaron curvas de calibración con estándares apropiados (ácido gálico, diosgenina, etc.).
- Los resultados se expresaron como mg equivalentes del estándar por g de extracto seco.

3.2.5.3.5. Ensayo de actividad antimicrobiana.

Para este ensayo se empleó una cepa de *Escherichia coli*, y todos los procedimientos fueron realizados íntegramente por un laboratorio especializado en análisis de alimentos. En el laboratorio, la suspensión bacteriana fue preparada y sembrada sobre placas de agar MacConkey estéril utilizando un asa estéril. A continuación, se colocaron los discos impregnados con los extractos fenólicos de achotillo, utilizando pinzas estériles. Los tratamientos incluyeron un disco blanco (sin ningún tipo de impregnación) y un disco correspondiente al solvente utilizado en la obtención de los extractos, etanol al 75 %. Finalmente, las placas fueron incubadas a 37 °C durante 24 horas para proceder a la lectura de los halos de inhibición.

3.2.7 Análisis estadístico

Según el enfoque planteado del estudio, si se cumplen los supuestos de la varianza (normalidad y homogeneidad de la varianza), los datos recopilados de las variables se analizaron mediante un ANOVA el cual es un método estadístico donde se prueban hipótesis referidas a parámetros de posición de dos o más poblaciones en estudio (Tabla 4). La comparación de medias se efectuó mediante Tukey.

Tabla 4.

ANOVA propuesto para evaluación de variables

Fuentes de variación	Fórmula	Desarrollo	Grados de libertad
Tratamiento	T-1	3-1	2
Error	N-T	9-3	6
Total	N-1	9-1	8

Elaborado por: La Autora, 2025

Hipótesis planteada:

H0: Ningún tratamiento presenta diferencia significativa entre los distintos métodos de extracción por maceración en la extracción de compuestos fenólicos.

H1: Al menos un tratamiento presenta diferencia significativa entre los distintos métodos de extracción por maceración en la extracción de compuestos fenólicos.

4. RESULTADOS

4.1 Extracción de los compuestos fenólicos del extracto crudo de la cáscara del achotillo mediante el método de maceración evaluando (factores: temperatura + ratio: soluto: solvente (75 % etanol))

Para el proceso de extracción de compuestos fenólicos del extracto crudo de la cáscara de achotillo mediante el método de maceración, se evaluaron dos factores: la temperatura y la relación soluto:solvente, utilizando etanol al 75 %. El material fue macerado durante 48 horas para los tratamientos realizados a 25 °C, con agitación manual dos veces al día (ver Anexos 5–10).

En el caso de los tratamientos a 55 °C, el proceso fue llevado a cabo en un laboratorio especializado, donde las mezclas se sometieron a un baño María durante 1–2 horas, bajo campana extractora y con agitaciones periódicas cada 10–15 minutos para favorecer la extracción y prevenir el sobrecalentamiento del solvente (ver Anexos 5–14).

En total se evaluaron seis condiciones experimentales combinando los factores temperatura (25 °C y 55 °C) y relación soluto:solvente (1:10, 1:15 y 1:20), empleando en todos los casos una cantidad constante de 50 g de cáscara de achotillo. Tanto el volumen inicial de solvente como el volumen final del extracto recuperado fueron registrados para cada tratamiento, conforme se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5.

Evaluación del proceso de maceración considerando temperatura y ratio soluto: solvente

Tratamiento	Relación soluto: solvente	Temperatura	Volumen inicial (mL)	Volumen extracto (mL)
T1	1:10 (50 g/500 mL)	25 °C	500 mL	250 mL
T1	1:10 (50 g/500 mL)	55 °C	500 mL	350 mL
T2	1:15 (50 g/ 750 mL)	25 °C	750 mL	450 mL
T2	1:15 (50 g/ 750 mL)	55 °C	750 mL	640 mL
T3	1:20 (50 g/ 1000 mL)	25 °C	1000 mL	700 mL
T3	1:20 (50 g/ 1000 mL)	55 °C	1000 mL	900 mL

Elaborado por: La Autora, 2025

La tabla 5, expone que el tratamiento T1 (1:10), con menor cantidad de solvente, obtuvo el menor volumen de extracto, especialmente a 25 °C (250 mL). Esto puede explicarse por la limitación en la disolución de los compuestos fenólicos debido a la menor proporción de solvente, que también puede haber sido absorbido por el residuo vegetal o perdido durante la filtración. Sin embargo, al aumentar la temperatura a 55 °C en el mismo tratamiento, el volumen recuperado mejoró a 350 mL, lo que indica que la temperatura favorece la ruptura de las estructuras celulares de la cáscara, facilitando una mayor liberación de compuestos.

En el tratamiento T2 (1:15), se empleó un volumen intermedio de solvente, lo que resultó en una recuperación mayor a temperaturas más altas, alcanzando 640 mL a 55 °C en comparación con 450 mL a 25 °C. Este comportamiento resalta que la temperatura facilita la solubilización de los compuestos fenólicos en etanol, mejorando la eficiencia del proceso de extracción.

Finalmente, en el tratamiento T3 (1:20), con la mayor proporción de solvente, se alcanzaron los mayores volúmenes de extracto, con 700 mL a 25 °C y hasta 900 mL a 55 °C. La mayor cantidad de solvente permitió una mayor

difusión de los compuestos desde la matriz vegetal hacia el medio líquido. El hecho de que incluso a temperatura controlada de 25 °C se haya obtenido un alto volumen sugiere que, en este tratamiento, el solvente no se saturó y que la cáscara tenía una buena liberación de compuestos solubles.

Posterior a la obtención de los extractos de cáscara de achotillo, se evaluó el contenido de fenoles totales por cada tratamiento donde se obtuvieron los siguientes resultados, expuestos en la tabla 6 (ver anexo 15 – 16).

Tabla 6.

Evaluación de contenido de compuestos fenólicos totales por los diferentes tratamientos evaluados a diferente temperatura y relación soluto: solvente

Tratamiento	Relación soluto: solvente	Temperatura	Fenoles totales (mg EAG/g ms)
T1	1:10 (50 g/500 mL)	25 °C	3.65 ^a
T1	1:10 (50 g/500 mL)	55 °C	4.48 ^b
T2	1:15 (50 g/ 750 mL)	25 °C	9.89 ^c
T2	1:15 (50 g/ 750 mL)	55 °C	10.39 ^d
T3	1:20 (50 g/ 1000 mL)	25 °C	12.65 ^d
T3	1:20 (50 g/ 1000 mL)	55 °C	12.89 ^f

Elaborado por: La Autora, 2025

La tabla 6 detalla los valores obtenidos de compuestos fenólicos totales (expresados en mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra seca, mg EAG/g ms) en función de la relación soluto: solvente y la temperatura de extracción. El tratamiento T1, con una relación 1:10 (50 g/500 mL), mostró un contenido de fenoles totales de 3.65 mg EAG/g ms a 25 °C, incrementándose a 4.48 mg EAG/g ms cuando la extracción se realizó a 55 °C. En el tratamiento T2, con una relación 1:15 (50 g/750 mL), se obtuvo un valor de 9.89 mg EAG/g ms a 25 °C, aumentando a 10.39 mg EAG/g ms al aplicar una temperatura de 55 °C. Por su parte, el tratamiento T3, que utilizó una relación 1:20 (50 g/1000 mL), presentó los valores más elevados en ambos niveles de temperatura, registrando 12.65 mg EAG/g ms a 25 °C y alcanzando un máximo de 12.89 mg EAG/g ms a 55 °C (ver anexo 11–12).

En general, se observa una tendencia clara en la que tanto el aumento de la proporción de solvente como el incremento de la temperatura favorecen

significativamente la extracción de compuestos fenólicos totales. Esto puede atribuirse a una mayor solubilización de los compuestos fenólicos en medios más diluidos y al efecto de la temperatura sobre la ruptura de estructuras celulares y la difusión de los metabolitos.

4.2 Realización de screening fitoquímico cualitativo y cuantificación de los compuestos fenólicos del extracto crudo de la cáscara del achotillo por espectrofotometría

4.2.1 Identificación cualitativa de compuestos fitoquímicos en los extractos de cáscara de achotillo

Los resultados del screening fitoquímico realizado a los tratamientos se muestra en la tabla 7 (ver anexo 17 - 22).

Tabla 7.

Screening fitoquímico realizado a los diferentes tratamientos evaluados mediante diferentes temperaturas y ratio (sólido: solvente)

Reactivos por compuesto	T1 – 25 °C (1:10)	T1 – 55 °C (1:10)	T2 – 25 °C (1:15)	T2 – 55 °C (1:15)	T3 – 25 °C (1:20)	T3 – 55 °C (1:20)	Compuestos específicos
Aceites y grasas							
Sudan	-	-	-	+	+	+	Triglicéridos, ceras, lípidos neutros
Triterpenos/Esteroles							
Reactivio Liebermann-Burchard	+	+	++	++	++	++	Colesterol, β-sitosterol, ácido ursólico, lupeol
Alcaloides							
Reactivio de Mayer	-	-	-	-	-	-	Morfina, papaverina, atropina
Reactivio de Wagner	-	-	-	-	-	-	Cafeína, nicotina, quinina
Dragendorff	-	-	-	-	-	-	Alcaloides básicos en general
Lactonas y cumarinas							
Baljet	-	+	+	+	+	++	Escopoletina, umbeliferona, artemisinina
Taninos/fenoles							
Cloruro férrico	+	++	++	++	++	+++	Flavonoides fenólicos, taninos hidrolizables, catecol
Saponinas							
Prueba Espuma	+	+	+	++	++	++	Saponinas esteroidales o triterpénicas

Elaborado por: La Autora, 2025

La tabla 7 expone los resultados del screening fitoquímico (valoración cualitativa de la presencia de compuestos bioactivos en el extracto de achotillo), donde se observó que la presencia e intensidad de los metabolitos secundarios varió según el tratamiento aplicado, influenciado principalmente por la relación soluto: solvente y la temperatura de extracción. En cuanto a aceites y grasas, se detectaron a partir del tratamiento T2 (1:15) a 55 °C, evidenciando mayor extracción de lípidos neutros y ceras en condiciones térmicas elevadas. Para triterpenos y esteroles, el reactivo de Liebermann–Burchard confirmó su presencia en todos los tratamientos, siendo más intensa desde T2 y con incremento a mayor temperatura, lo que sugiere una mayor solubilización de compuestos como el ácido ursólico, lupeol y β-sitostero.

Los alcaloides no fueron detectados en ninguno de los tratamientos, reflejando una ausencia de reacciones en los tres reactivos empleados (Dragendorff, Mayer y Wagner), lo que indica que no hubo presencia de alcaloides típicos como cafeína, nicotina o quinina en el extracto de achotillo.

Las lactonas y cumarinas fueron detectadas de forma débil desde T1 a 55 °C, aumentando su intensidad hasta T3 a 55 °C, lo cual es indicativo de compuestos como artemisinina o umbeliferona. En el caso de los taninos y compuestos fenólicos, la prueba con cloruro férrico reveló presencia desde T1 a 25 °C, aumentando significativamente hasta alcanzar una reacción +++ en T3 a 55 °C, en correlación con el aumento de fenoles totales cuantificados instrumentalmente.

Finalmente, las saponinas estuvieron presentes en todos los tratamientos, pero su intensidad aumentó con la temperatura y dilución, reflejando mayor concentración de saponinas esteroidales o triterpénicas en los tratamientos T2 y T3, particularmente a 55 °C.

4.2.2 Cuantificación de compuestos fitoquímicos de los diferentes tratamientos propuestos

Una vez evaluados estos compuestos en los diferentes tratamientos de forma cualitativa, se realizó su análisis de forma cuantitativa mediante espectrofotometría, con tres repeticiones cada uno, estos resultados, se muestran a continuación en las tablas 8 – 11 (ver anexo 23 - 40).

Tabla 8.

Contenido de ácidos grasos en los diferentes tratamientos propuestos

Tratamientos	Ácidos grasos	
	Oleico (%)	Palmítico (%)
T1	3.993 ^a	2.267 ^a
T1.1	4.62 ^b	3.103 ^b
T2	13.877 ^c	9.967 ^c
T2.1	16.287 ^d	14.287 ^e
T3	17.947 ^e	12.267 ^d
T3.1	27.957 ^f	17.957 ^f
p - valor	0.0000	0.0000
E.E.	0.091	0.040

Tratamientos sometidos a diferentes temperaturas de maceración: (T1, T2 y T3) 25 °C y (T1.1, T2.1, T3.1) a 55 °C. Los valores con letras distintas en la misma columna presentan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$). E.E.: Error estándar.

Elaborado por: La Autora, 2025.

La tabla 8 (ver anexo 41 - 50) muestra el contenido de ácido oleico y ácido palmítico, expresado en porcentaje (%), en los diferentes tratamientos evaluados, los cuales fueron sometidos a procesos de maceración a dos temperaturas distintas: 25 °C (T1, T2, T3) y 55 °C (T1.1, T2.1, T3.1). Los resultados evidencian un incremento significativo en el contenido de ambos ácidos grasos en los tratamientos macerados a 55 °C en comparación con aquellos tratados a 25 °C. Por ejemplo, el ácido oleico aumentó de 17.947 % en T3 a 27.957 % en T3.1, y el ácido palmítico de 12.267 % en T3 a 17.957 % en T3.1. Este patrón se repite en los otros tratamientos, lo que sugiere que la temperatura de maceración influye de manera

positiva en la extracción o conservación de estos compuestos. El análisis estadístico muestra que las diferencias observadas son altamente significativas, con valores de $p < 0.0001$ para ambos ácidos grasos.

Tabla 9.

Contenido de triterpenos/esteroles en los diferentes tratamientos propuestos

Tratamientos	Triterpenos/Esteroles	
	β -sitosterol (mg/g)	Lupeol (mg/g)
T1	0.383 ^a	0.233 ^a
T1.1	0.403 ^{ab}	0.247 ^a
T2	0.507 ^{cd}	0.237 ^a
T2.1	0.473 ^{bc}	0.260 ^{ab}
T3	0.573 ^d	0.290 ^b
T3.1	0.870 ^e	0.390 ^c
p - valor	0.0000	0.0000
E.E.	0.017	0.007

Tratamientos sometidos a diferentes temperaturas de maceración: (T1, T2 y T3) 25 °C y (T1.1, T2.1, T3.1) a 55 °C. Los valores con letras distintas en la misma columna presentan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$). E.E.: Error estándar.

Elaborado por: La Autora, 2025.

La tabla 9 presenta el contenido de triterpenos/esteroles: β -sitosterol y lupeol, de los seis tratamientos sometidos a procesos de maceración a dos temperaturas: 25 °C (T1, T2, T3) y 55 °C (T1.1, T2.1, T3.1). Los resultados muestran un aumento progresivo en el contenido de ambos compuestos a medida que se avanza en los tratamientos, siendo el tratamiento T3.1 (macerado a 55 °C) el que registra los niveles más altos, con 0.870 mg/g de β -sitosterol y 0.390 mg/g de lupeol. En comparación, el tratamiento T1 (macerado a 25 °C) mostró los valores más bajos para ambos compuestos (0.383 mg/g y 0.233 mg/g, respectivamente). En general, los tratamientos a 55 °C tienden a favorecer una mayor concentración de triterpenos y esteroles en comparación con los realizados a 25 °C, lo que sugiere que la temperatura más elevada potencia la extracción o estabilidad de estos compuestos bioactivos. El análisis estadístico refleja diferencias altamente

significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$) lo cual indica consistencia en los resultados obtenidos.

Tabla 10.

Contenido de alcaloides, lactonas y cumarinas, y saponinas en los diferentes tratamientos propuestos

Tratamientos	Alcaloides	Lactonas y Cumarinas	Saponinas (mg/g)
		Escopoletina (mg/g)	
T1	ND	0.083 ^a	1.103
T1.1	ND	0.087 ^a	1.44
T2	ND	0.527 ^a	2.177
T2.1	ND	0.087 ^a	3.11
T3	ND	0.127 ^b	2.673
T3.1	ND	0.137 ^b	3.767
p - valor	ND	0.0000	0.0000
E.E.	ND	0.009	0.020

ND: No detectado. Tratamientos sometidos a diferentes temperaturas de maceración: (T1, T2 y T3) 25 °C y (T1.1, T2.1, T3.1) a 55 °C. Los valores con letras distintas en la misma columna presentan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$). E.E.: Error estándar.

Elaborado por: La Autora, 2025.

La tabla 10 presenta el contenido de tres grupos de metabolitos secundarios: alcaloides, lactonas y cumarinas (representadas por la escopoletina) y saponinas, en los diferentes tratamientos, donde en todos los tratamientos, los alcaloides no fueron detectados (ND), lo que indica que su concentración está por debajo del límite de detección del método analítico empleado. Respecto a la escopoletina, se observan valores bajos en general, con un marcado incremento en el tratamiento T2 (0.527 mg/g), mientras que los demás tratamientos presentan valores mucho menores, oscilando entre 0.083 y 0.137 mg/g. Esto sugiere una posible influencia de las condiciones del tratamiento T2 en la liberación de este compuesto.

En cuanto a las saponinas, se evidencia un aumento progresivo de su contenido a medida que se avanza hacia tratamientos con mayor temperatura de maceración. El tratamiento T3.1 alcanzó el valor más alto con 3.767 mg/g, mientras que T1 presentó el valor más bajo con 1.103 mg/g. Este patrón sugiere que la

maceración a 55 °C favorece una mayor concentración o extracción de saponinas. Los análisis estadísticos revelan diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) tanto para escopoletina como para saponinas.

Tabla 11.

Contenido de fenoles en los diferentes tratamientos propuestos

Tratamientos	Fenoles específicos		Fenoles totales mg EAG/g
	Ácido gálico (mg/g)	Elágico (mg/g)	
T1	0.847 ^a	0.910 ^{bc}	3.648
T1.1	0.890 ^a	0.947 ^c	4.47
T2	1.017 ^b	0.717 ^a	9.957
T2.1	1.073 ^b	1.100 ^d	10.365
T3	1.170 ^c	0.890 ^b	12.643
T3.1	1.570 ^d	1.120 ^d	12.817
p - valor	0.0000	0.0000	0.0000
E.E.	0.014	0.016	0.024

Los valores con letras distintas en la misma columna presentan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$). E.E.: Error estándar.

Elaborado por: La Autora, 2025.

La tabla 11 muestra el contenido de fenoles específicos (ácido gálico y ácido elágico) y fenoles totales (expresados en mg equivalentes de ácido gálico por gramo, mg EAG/g) en tratamientos sometidos a maceración a dos temperaturas: 25 °C (T1, T2, T3) y 55 °C (T1.1, T2.1, T3.1). En cuanto a los fenoles específicos, se observa un incremento progresivo en el contenido de ácido gálico, desde 0.847 mg/g en T1 hasta un máximo de 1.570 mg/g en T3.1. Para el ácido elágico, los valores también aumentan, con ligeras variaciones, alcanzando su punto más alto en T3.1 (1.12 mg/g). Estos resultados indican que la maceración a mayor temperatura (55 °C) favorece la presencia de estos compuestos fenólicos, posiblemente debido a una mejor liberación de estos desde la matriz vegetal. En cuanto a los fenoles totales, los valores más elevados se presentan en los tratamientos T3 (12.643 mg EAG/g) y T3.1 (12.817 mg EAG/g), lo cual confirma que tanto el tipo de tratamiento como la temperatura de maceración influyen

significativamente en la concentración de estos compuestos con potencial antioxidante. El tratamiento T1, macerado a 25 °C, mostró el menor contenido de fenoles totales (3.648 mg EAG/g). El análisis estadístico revela diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en todos los compuestos analizados.

4.3 Determinación de la actividad antimicrobiana de los compuestos fenólicos del achotillo ante la capacidad de degradación enzimática de *E. coli* y antioxidante como una forma de resistencia intermedia

Para evaluar el potencial antimicrobiano de los compuestos fenólicos presentes en el achotillo frente a *Escherichia coli*, con énfasis en su acción antioxidante como posible vía de interferencia en el desarrollo bacteriano, se determinó la actividad antimicrobiana de los extractos con diferentes concentraciones de compuestos fenólicos, conforme a lo planteado en el objetivo 2.

A continuación, en la tabla 12 se presentan los resultados de la capacidad antimicrobiana de los extractos con diferentes concentraciones de compuestos fenólicos (ver anexo 51 - 53).

Tabla 12.

Actividad antimicrobiana de los extractos con diferentes concentraciones de compuestos fenólicos

Tratamientos	Halo de inhibición (mm)
T1	6.87 ^a
T1.1	8.00 ^b
T2	14.23 ^c
T2.1	14.80 ^d
T3	17.63 ^e
T3.1	18.00 ^e
p - valor	0.00
E.E.	0.09

Los valores con letras distintas en la misma columna presentan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($p<0.05$). E.E.: Error estándar.

Elaborado por: La Autora, 2025.

La tabla 12 expone la evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos con diferentes concentraciones de compuestos fenólicos frente a

Escherichia coli, se observaron diferencias significativas en los halos de inhibición entre tratamientos ($p < 0.05$). Los tratamientos T1 y T1.1, con las menores concentraciones de fenoles, presentaron halos de 6.87 mm y 8.00 mm respectivamente, reflejando una actividad antimicrobiana limitada. En cambio, los tratamientos T2 y T2.1 mostraron un incremento considerable, alcanzando halos de 14.23 mm y 14.80 mm, lo que indica una mayor eficacia antimicrobiana atribuida a una mayor presencia de compuestos fenólicos. Finalmente, los tratamientos T3 y T3.1 alcanzaron los halos más amplios, con 17.63 mm y 18.00 mm respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos, evidenciando una saturación en la respuesta antimicrobiana a partir de cierto umbral fenólico. Estos resultados sugieren una correlación positiva entre la concentración de compuestos fenólicos y el efecto inhibitorio sobre *E. coli*.

A continuación, se presenta los resultados de la actividad antioxidante de los diferentes tratamientos propuestos en la tabla 13 (ver anexo 54).

Tabla 13.

Actividad antioxidante de los extractos con diferentes concentraciones de compuestos fenólicos

Tratamientos	Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TE/L}$)
T1	62.02
T1.1	75.99
T2	169.27
T2.1	176.21
T3	214.93
T3.1	217.89

Elaborado por: La Autora, 2025.

La tabla 13 expone los valores de capacidad antioxidante expresados en μmol equivalentes de Trolox por litro ($\mu\text{mol TE/L}$) los cuales muestran un incremento progresivo con los tratamientos que contienen mayor concentración de compuestos fenólicos. El tratamiento T1 registró el valor más bajo con 62.02 $\mu\text{mol TE/L}$, mientras que su contraparte T1.1 alcanzó los 75.99 $\mu\text{mol TE/L}$. A medida que se incrementó la concentración de fenoles, los valores se elevaron notablemente: T2 presentó 169.27 $\mu\text{mol TE/L}$ y T2.1, 176.21 $\mu\text{mol TE/L}$. Finalmente, T3 y T3.1 alcanzaron las

mayores capacidades antioxidantes con 214.93 y 217.89 $\mu\text{mol TE/L}$, respectivamente. Estos resultados sugieren una correlación positiva entre la capacidad antioxidante y la actividad antimicrobiana de los extractos, ya que los tratamientos con mayor capacidad antioxidante también presentaron halos de inhibición más amplios frente a *E. coli*.

5. DISCUSIÓN

La evaluación de la influencia de la temperatura y la relación soluto: solvente en la extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de achotillo mediante maceración reveló que el tratamiento T3 (relación 1:20) a una temperatura de 55 °C produjo el mayor rendimiento de fenoles totales, alcanzando 12.89 mg EAG/g ms. Este resultado podría atribuirse a la combinación de una mayor disponibilidad de solvente, que facilita la disolución y difusión de los compuestos fenólicos desde la matriz vegetal, y al efecto de la temperatura elevada, que promueve la ruptura de las estructuras celulares de la cáscara, incrementando la liberación de estos compuestos. Por otro lado, la menor eficiencia observada en el tratamiento T1 (relación 1:10) a 25 °C podría deberse a una limitación en la capacidad del solvente para disolver una cantidad significativa de compuestos fenólicos debido a la menor proporción utilizada, así como a una menor eficiencia en la ruptura de las estructuras vegetales a temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos con los macerados de cáscara de achotillo superan los reportados por Estrada et al. (2022). Al comparar estos hallazgos con investigaciones previas, se observa que la extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos totales en residuos de mango común (*Mangifera indica L.*), realizada por dichos autores, alcanzó rendimientos del 30 al 56 % y concentraciones superiores a 0,8 mg EAG/mg de residuo seco con su mejor tratamiento de relación 1:15. Sin embargo, la concentración de fenoles totales por gramo de materia seca registrada en la cáscara de achotillo fue considerablemente mayor, lo que sugiere diferencias atribuibles tanto a la naturaleza de la matriz vegetal como a la técnica de extracción utilizada y a la optimización de los parámetros específicos en cada estudio.

De manera similar, al comparar con los resultados obtenidos por Rochín et al., (2021) en distintas variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), donde los compuestos fenólicos totales oscilaron entre 67,90 y 204,37 mg EAG/100 g (equivalente a 0,679 a 2,0437 mg EAG/g), la cáscara de achotillo mostró un contenido notablemente superior. Los autores señalaron que una proporción considerable de estos compuestos se encontraba en la fracción ligada, lo cual podría limitar su disponibilidad. Esta diferencia sugiere no solo una mayor concentración en la cáscara de achotillo, sino también una mayor accesibilidad de

los compuestos fenólicos, posiblemente debido a las características estructurales del tejido vegetal y a su menor grado de complejidad.

Una vez obtenidos estos resultados, se procedió a la evaluación cualitativa y cuantitativa de los compuestos fitoquímicos extraídos de la cáscara de achotillo bajo diferentes condiciones de maceración donde se identificó la presencia de triterpenos/esteroles (hasta 0.870 mg/g de β -sitosterol y 0.390 mg/g de lupeol), lactonas y cumarinas (con un máximo de 0.527 mg/g de escopoletina), taninos/fenoles (con un máximo de 12.817 mg EAG/g de fenoles totales), y saponinas (hasta 3.767 mg/g). Los alcaloides no fueron detectados. La cuantificación de ácidos grasos reveló un incremento significativo en el contenido de ácido oleico (hasta 27.957 %) y palmítico (hasta 17.957 %) a una temperatura de maceración de 55 °C. En general, la maceración a 55 °C y una relación soluto:solvente de 1:20 (tratamiento T3.1) favoreció la extracción de la mayoría de los compuestos analizados, incluyendo los fenoles totales previamente mencionados, lo que sugiere que estas condiciones optimizan la obtención de una amplia gama de metabolitos secundarios de la cáscara de achotillo.

En este contexto, los resultados obtenidos sobre la cuantificación de compuestos bioactivos en la cáscara de achotillo permitieron establecer comparaciones relevantes con investigaciones previas. Por ejemplo, el estudio de Hurtado y Ortiz (2018) realizado en cáscaras de diez frutas, reportó de forma cualitativa la presencia de fenoles totales, flavonoides y flavanoles en todas las muestras, con una marcada variabilidad cuantitativa en el contenido de fenoles totales, que osciló entre 24,42 mg EAG/100 g y 9088,63 mg EAG/100 g. En comparación, la concentración de fenoles totales determinada en la cáscara de achotillo supera los valores obtenidos en la mayoría de las frutas analizadas por estos autores, aunque sin alcanzar el valor máximo registrado en la cáscara de palta. Adicionalmente, la detección de metabolitos como triterpenos/esteroles y lactonas/cumarinas en el presente estudio amplía de manera significativa el perfil fitoquímico reportado en relación con aquellas frutas, lo que refuerza el potencial bioactivo de la cáscara de achotillo como una fuente valiosa de compuestos funcionales.

Por su parte, Trujillo (2021) identificó en extractos de cáscara de piña la presencia de fenoles, flavonoides, taninos y saponinas, con un contenido de fenoles totales estimado entre 3,75 y 6,75 mg EAG/g de materia seca, valores

notablemente inferiores a los obtenidos en la cáscara de achotillo. Estas diferencias son atribuibles debido a la composición de la matriz vegetal, ya que la cáscara de achotillo podría contener una mayor proporción de tejidos lignificados y metabolitos secundarios acumulados en respuesta al estrés ambiental. Además, el método de extracción empleado por Trujillo se basó en maceración con etanol al 80 %, sin control térmico específico ni optimización de parámetros como la relación soluto: solvente, lo que podría haber limitado la eficiencia del proceso. En contraste, en el presente estudio se aplicaron condiciones optimizadas de temperatura (55 °C) y proporción de extracción (1:20), las cuales favorecieron la liberación de compuestos fenólicos y otros metabolitos.

Considerando los resultados obtenidos en la extracción y caracterización fitoquímica, se procedió a evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos de cáscara de achotillo frente a *Escherichia coli*, así como su capacidad antioxidante, con el objetivo de explorar una posible relación entre ambos efectos. Se observó una correlación positiva entre la concentración de compuestos fenólicos y el tamaño del halo de inhibición. Los tratamientos con menor concentración de fenoles (T1 y T1.1) presentaron halos reducidos (6,87 mm y 8,00 mm, respectivamente), mientras que los tratamientos intermedios (T2 y T2.1) mostraron halos más amplios (14,23 mm y 14,80 mm). Los tratamientos con la mayor concentración de fenoles (T3 y T3.1) alcanzaron los halos de inhibición más elevados (17,63 mm y 18,00 mm), sin diferencias significativas entre ellos, lo que podría indicar un punto de saturación en el efecto antimicrobiano. De forma paralela, la capacidad antioxidante —expresada en µmol equivalentes de Trolox por litro (µmol TE/L)— también mostró un incremento progresivo conforme aumentaba la concentración de fenoles, desde 62,02 µmol TE/L en T1 hasta 217,89 µmol TE/L en T3.1. Esta tendencia sugiere que la actividad antioxidante podría estar asociada a la eficacia antimicrobiana, ya que los extractos con mayor capacidad antioxidante también presentaron un efecto inhibitorio más pronunciado frente a *E. coli*.

Esto contrasta con lo reportado por Aguilar et al. (2020), quienes evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos de cáscara de aguacate y coco frente a *E. coli*, obteniendo halos de inhibición de 10,6 mm y hasta 13,2 mm, respectivamente. Aunque el extracto de aguacate presentó un contenido fenólico total significativamente superior (36,5 mg EAG/g ms) al registrado en el tratamiento óptimo del achotillo (12.817 mg EAG/g ms), la cáscara de achotillo exhibió una

mayor eficacia inhibitoria, con halos de hasta 18,00 mm. Esta diferencia podría explicarse por la presencia de otros compuestos bioactivos en la cáscara de achotillo que, en sinergia con los fenoles, potencian su acción antimicrobiana. Entre estos se encuentran triterpenos como el β -sitosterol y el lupeol, así como lactonas (escopoletina) y saponinas, cuyos mecanismos de acción incluyen la alteración de la permeabilidad de la membrana bacteriana, inhibición de enzimas clave y disrupción de la síntesis de pared celular. La interacción de estos metabolitos con los compuestos fenólicos podría generar un efecto sinérgico que amplifique la respuesta antimicrobiana, incluso en concentraciones menores de fenoles totales (Hazmi et al., 2025).

Asimismo, Rico et al. (2021) evaluaron extractos polifenólicos de frutos del género *Vaccinium*, conocidos por su alto contenido de proantocianidinas tipo A (PAC-A), y reportaron halos de inhibición frente a *Escherichia coli* que oscilaron entre 12,0 mm y 15,2 mm. Esta actividad antimicrobiana fue atribuida tanto a la capacidad de los PAC-A para interferir con la adhesión fimbrial bacteriana como a su alta capacidad antioxidante, superior a 200 μmol Trolox/g ms, que refuerza el estrés oxidativo en las células microbianas. A pesar de que los extractos de *Vaccinium* presentaron concentraciones fenólicas y capacidad antioxidante elevadas, los extractos de cáscara de achotillo lograron halos de inhibición aún mayores, alcanzando hasta 18,00 mm, incluso con un contenido fenólico moderado (12.817 mg EAG/g ms). En este sentido, los resultados del achotillo no solo se alinean con la tendencia observada en *Vaccinium*, sino que también destacan su potencial como fuente alternativa de agentes antimicrobianos naturales con un perfil fitoquímico más diverso tal y como lo describen Rico et al.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos en la extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de achotillo mediante maceración evidenciaron una influencia significativa de la temperatura y de la relación soluto: solvente. El tratamiento más eficiente fue T3 (relación 1:20) a 55 °C, alcanzando tanto el mayor volumen de extracto (900 mL) como el contenido más alto de fenoles totales (12.89 mg EAG/g ms), indicando que una mayor proporción de solvente, combinada con una temperatura elevada, favorece la solubilización y liberación de compuestos bioactivos desde la matriz vegetal de la cáscara de achotillo.

El análisis fitoquímico cualitativo de los extractos de cáscara de achotillo permitió identificar la presencia de varios grupos de metabolitos secundarios, entre ellos triterpenos y esteroles, lactonas y cumarinas (representadas por la escopoletina), taninos y otros compuestos fenólicos, así como saponinas. La intensidad de estas reacciones varió entre tratamientos, lo que indica diferencias en la concentración de los compuestos según las condiciones de extracción. La cuantificación espectrofotométrica confirmó la presencia de ácidos grasos, triterpenos/esteroles, escopoletina, saponinas, y fenoles específicos como el ácido gálico y el ácido elágico, además de un alto contenido de fenoles totales en los tratamientos con mayor proporción de solvente y temperatura, destacando el tratamiento T3.1.

Por último, la evaluación de la actividad antimicrobiana frente a *E. coli* mostró una correlación positiva entre la concentración de compuestos fenólicos en los extractos y el halo de inhibición bacteriana. Los tratamientos T3 y T3.1, con los mayores contenidos de fenoles, exhibieron la mayor actividad inhibitoria. De manera similar, la capacidad antioxidante de los extractos también se incrementó con la concentración de compuestos fenólicos, siendo estos tratamientos los que presentaron los valores más altos de capacidad antioxidante. Estos hallazgos sugieren que los compuestos fenólicos presentes en la cáscara de achotillo poseen actividad antimicrobiana contra *E. coli*, y que esta actividad podría estar relacionada, al menos en parte, con su capacidad antioxidante.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda evaluar la influencia de la granulometría de la cáscara de achotillo en la eficiencia del proceso de extracción por maceración. Realizar pruebas con cáscara molida a diferentes tamaños de partícula podría revelar si una mayor superficie de contacto facilita la liberación de los compuestos fenólicos, optimizando así el rendimiento de la extracción sin necesidad de recurrir a técnicas más avanzadas.

En relación con los metabolitos secundarios identificados, considerando la variabilidad en su presencia e intensidad, se sugiere llevar a cabo una cuantificación más exhaustiva de cada uno de los compuestos detectados mediante técnicas cromatográficas avanzadas como HPLC-MS o GC-MS. Esto permitiría obtener datos precisos sobre la concentración de cada compuesto bioactivo y entender mejor cómo las condiciones de extracción, como la temperatura y la relación soluto: solvente, influyen selectivamente en su obtención. Además, sería valioso investigar la posible presencia de otros compuestos fitoquímicos que no fueron detectados en el screening cualitativo inicial.

Dado el potencial antimicrobiano y antioxidante de los extractos de cáscara de achotillo, se recomienda realizar estudios *in vitro* más detallados para elucidar los mecanismos de acción específicos de los compuestos fenólicos contra *E. coli*. Esto podría incluir la evaluación de su capacidad para inhibir enzimas bacterianas clave o alterar la integridad de la membrana celular. Además, sería pertinente investigar la actividad antimicrobiana de los extractos frente a otras cepas bacterianas y hongos relevantes en la seguridad alimentaria. Finalmente, se sugiere explorar la aplicación de los extractos de cáscara de achotillo como conservantes naturales en matrices alimentarias, con el fin de evaluar su eficacia en condiciones reales de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M., Campos, M., Quiroz, C., Ronquillo, E., & Cruz, M. (2020). Cáscaras de frutas como fuentes de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas. *Instituto Politécnico Nacional*, 52(1), 360-371. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652020000100028&script=sci_arttext
- Alarcón, M. (29 de diciembre de 2023). *¿Qué es el achotillo y cuáles son sus beneficios?* Imagen web. <https://www.marca.com/bienestar/alimentacion/2023/12/29/657aec5ee2704efc6c8b45c9.html>
- Aronés, M., Cárdenas, E., Luna, H., Barbarán, S., y Gómez, M., (2022). Tamizaje fitoquímico, contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(2), 165-179. <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.388>
- Arias, M., y Calvo, I., (2014). El cultivo de Achotillo o Mamón chino. *Ministerio de Agricultura y Ganadería* 20-23. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10729.pdf>
- Arias, M., Velásquez, H., Cagua, D., Chaparro, H., y Orduz, J., (2016). El achotillo (*Nephelium lappaceum*), frutal asiático con potencial para Colombia: avances de la investigación en el piedemonte del Meta. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 10(2), 262-272 <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5761>
- Ávila, C., Giraldo, A., Guzmán, V., y Hernández, M., (2023). Aplicación y evaluación sensorial de un extracto hidroalcohólico de capuchina (*Tropaeolum majus L.*) en una bebida a partir de frutas y verduras tropicales. *Agronomía Colombiana*, 41 (1), 1. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v41n1.104490>
- Carpio, C., (2021). Natural anthocyanin colorants extracted from *Berberis humbertiana* y *Berberis boliviiana* fruits for use in yogurts. *Revista de la*

- Sociedad Química del Perú, 87(4), 321-331.
<https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i4.358>
- Carrión, A., y García, C., (2010). *Preparación de extractos vegetales: Determinación de eficiencia de metódica.* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Archivo digital.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2483>
- Chaidech, P., Suhem, K., Kongchoosi, N., & Matan, N. (2024). Prebiotic potential of rambutan peel with cardamom oil and its application to extend the shelf-life of plant-base rice milk. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 32, 100-103. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2024.100438>
- Codex Alimentarius, (2024). *Norma general para los aditivos alimentarios.* CODEX STAN 192-1995 https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf
- Cui, J., Jiang, J., Lin, W., Li, T., & Zhang, W. (2024). Characterization and differentiation of three rambutan seed oils using metabolomics coupled with chemometric methodology. *Food Bioscience*, 61, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104692>
- Estrada, R., Ruiz, F., & Martínez, H. (2022). Extracción de compuestos fenólicos totales de residuo de mango común (*Mangifera indica* L.) empleando ultrasonido. *Acta agronómica*, 61(5), 95-96.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169959497045>
- Flores, E., (2017). Extracción de Antioxidantes de las Bayas del Sauco (*Sambucus nigra* L. subsp. *peruviana*) con Ultrasonido, Microondas, Enzimas y Maceración para la obtención de Zumos Funcionales. *Información tecnológica*, 28(1), 121-132. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000100012>
- García, R., Gonzalo, P., Torres, V., y Crhistian, M., (2021). *Optimización de parámetros de extrusión en el rendimiento de antiosaninas de flores rojas*

mastuerzo asistida por ultrasonido. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Archivo digital.
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/8018>

Grande, C., Aranaga, C., Flórez, E., y Araujo, L. (2020). Determinación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de residuos de mora (*Rubus glaucus Benth.*). *Informador Técnico*, 85(1), 64-82.
<https://doi.org/10.23850/22565035.2932>

Guan, H., Shouki, T., Pan, Y., Zhang, W., Han, Z., Yang, H., & Tan, Y. (2025). Water transport, vascular bundle integrity, and enzymatic activity in rambutan pericarp and spine browning. *Postharvest Biology and Technology*, 228(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2025.113685>

Hazmi, B., Rashid, U., Nor, Z., Chaowamalee, S., Ngamcharussrivichai, C., & Sabater, M. (2025). Productive esterification of palm fatty acid distillate under lignocellulosic biomass char of rambutan seeds waste-supported sulfonated catalyst. *Biomass and Bioenergy*, 194, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.107607>

Hernández H. (2015). *Extracción y cuantificación de compuestos fenólicos en cáscara de Achotillo (*Nephelium lappaceum*) para la implementación en la industria alimentaria como una infusión (bebida funcional).* [Tesis de pregrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Archivo digital.
<https://www.grin.com/document/315598?lang=es#summary-details>

Hurtado, R., & Ortiz, L. (2018). *Componentes fitoquímicos y capacidad antioxidante de cáscaras de frutas de mayor consumo en el Perú.* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<http://hdl.handle.net/10757/622870>

Le, C., Wannavijit, S., Outama, P., Montha, N., Lumsangkul, C., Tongsiri, S., Van, H. (2022). Effects of dietary rambutan (*Nephelium lappaceum L.*) peel powder on growth performance, immune response and immune-related gene expressions of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) raised in

- biofloc system. *Fish & Shellfish Immunology*, (124), 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.03.039>
- Martin, D. (2018). Los compuestos fenolicos: un acercamiento a su biosintesis, síntesis y actividad biologica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 9(1). <https://doi.org/10.22490/21456453.1968>
- Melo, M., Ortiz, D., y Hurtado, A. (2021). Comparación de la composición y de la actividad antioxidante del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria chamomilla L.*) obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos y otras técnicas verdes. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 845-856. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.862>
- Nguyen, D., & Thao, N. (2025). Effective transformation of rambutan residues into value-added chemicals and materials for multiple applications. *Environmental Technology & Innovation*, 37, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103917>
- Norma Oficial Mexicana, (27 de julio de 2009). *Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinillas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinillas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba*. Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009
- Palomino, M. y Salazar, E. (2020). *Efecto antiinflamatorio y capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico del pericarpio de Nephelium lappaceum L. Achotillo*. [Tesis de pregrado. Universidad Norbert Wiener]. Archivo digital. <https://hdl.handle.net/20.500.13053/3665>
- Rico, N., Espinosa, W., & López, D. (2021). Actividad antimicrobiana de polifenoles extraídos de frutos de diferentes especies del género *Vaccinium*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 26(2), 1-12. https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

- Rochín, J., Mora, S., Navarro, O., Tovar, X., Quiñones, G., Ayala, J., & Aguayo, J. (2021). Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de variedades de frijol sembradas en el estado de Zacatecas. *Acta Universitaria*, 31, 1-13. <http://doi.org/10.15174.au.2021.305>
- Rojas, H., y Carrillo, Y. (2019). *El ramburatrol ("geraniin molecule"), ingrediente activo de la cáscara del achotillo, conocido como mamón chino, es diez veces más potente como antioxidante que las vitaminas C y D.* Imagén web. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/3/05/jovenes-lanzan-al-mercado-un-producto-antioxidante-a-base-de-cascara-de-rambutan.htmL>
- Rojas, T. Fuentes, M. Contreras, E. Gómez, S. y Muñoz, A. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 258-267. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200012&lng=es&tlng=pt.
- Ruiz, A., Cerna, J., y Paucar, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus spp.*): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(13), 439-453. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Sosa, B., y García, Y. (2020). Contenido y distribución de macronutrientes en achotillo en el litoral atlántico de Honduras. *Revista UCR*, 31(3), 761-772. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v31n3/2215-3608-am-31-03-00749.pdf>
- Sánchez, E., Castillo, S., y García, P. (2016). Actividad antimicrobiana. En Rivas-Morales, C., Oranday-Cardenas, M.A., y Verde-Star, M.J. (Eds.). Investigación en plantas de importancia médica. *OmniaScience: Barcelona, España*. 77-100. <http://dx.doi.org/10.3926/oms.334>
- Tarazona, M., Becerra, N., Piedra, J., y Beltrán, R. (2020). Obtención de un colorante a partir de corteza de maracuyá con el uso de técnicas convencionales de extracción. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1), e1303. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1303>

- Triviño, L. (2024). *Descripción del mildiú polvoso (*Oidium sp.*) en el cultivo de achotillo (*Nephelium lappaceum*)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Archivo digital. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15950>
- Trujillo, J. (2021). *Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos de la cáscara de piña (*Ananas comosus*), frente a un producto comercial*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20032>
- Valencia, S., Salazar, N., Robles, M., González, G., y Ayala, F. (2021). Propiedades bioactivas de frutas tropicales exóticas y sus beneficios a la salud. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(3), 205-214. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.006>
- Vásquez, L., Campos, G., Melo, K., y Macías, K. (2024). Optimización de la extracción de pigmentos antociánicos de la corona de maíz morado para aplicaciones en la industria alimentaria. *Reciena*, 4(1), 59-66. <https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/index>
- Villamil, R., Robledo, G., Mendoza, M., Guzmán, M., Cortés, L., Méndez, C., y Giha, V. (2020). Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de la literatura. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 1018-1028. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601018>
- Zou, B., Zhang, Y., Dai, R., Liu, X., & Zang, M. (2025). Rambutan peel polyphenols improve color and texture of ground pork: Identification, antioxidant and bacteriostatic function, and molecular docking. *LWT*, 220, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.117575>

ANEXOS

Anexo N° 1:

Achotillo (Nephelium lappaceum)



Fuente: Bienestar (2023)

Anexo N° 2:
Cáscara de achotillo



Fuente: Rojas y Carrillo (2019)

Anexo N° 3:

Norma Mexicana NOM 247-SSA1-2008

*La cantidad máxima de uso como antioxidante, será independiente de la cantidad utilizada como nutriente.

2.3 Colorantes

Aditivos	Límite máximo mg/kg de producto
Amarillo 2G	
Amarillo alimentos 5 No. C.I. 18965	100 *
Amarillo oceano FCF	
Amarillo alimentos 3 No. C.I. 15985	300 *
Amarillo alimentos 4	
Tartrazina No. C.I. 19140	100 *
Antocianinas	BPF
Azorrubina y sus lacas	
Rojo alimentos 3 y sus lacas	
Carmoisina No. C.I. 14720	200
Azul brillante FCF	
Azul alimentos 2 y sus lacas No. C.I. 42090	100
Beta-apo B'caroteno	
Anaranjado alimentos 6 No. C.I. 40820	30
Beta-caroteno	
Anaranjado alimentos 5 No. C.I. 40800	BPF
Cantaxantina	
Anaranjado alimentos 8 No. C.I. 40850	BPF
Caramelo	
Clases I, II y III	BPF
Caramelo clase IV	2500
Carotenos naturales	
Anaranjado alimentos 5 No. C.I. 75130	4001 1,000 ^c
Clorofilas	
Verde natural 3 No. C.I. 75810	BPF
Clorofilina	
Cúrcumina No. C.I. 75300	BPF
Dióxido de titanio	
Pigmento blanco 6 No. C.I. 77891	10 000

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008

Anexo N° 4:***Normativa internacional del Codex Alimentarius 192-1995*****NORMA GENERAL PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS****CODEX STAN 192-1995**

Adoptado en 1995. Revisión 1997, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009,
2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2023

Fuente: (2009) Codex Alimentarius 192-1995, (2024)

Anexo N° 5:

Pesaje de achotillo previo a envío a laboratorio para elaboración de macerados



Elaborado por: La Autora, 2025.

Anexo N° 6:

Selección y empaquetado de achotillo para envío a laboratorio



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 7:

Achotillo empaquetado para envío a laboratorio para elaboración de tratamientos



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 8:

Muestras seleccionadas de achotillo



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 9:

Muestra de achotillo previo al análisis según lo establecido por Codex Alimentarius 192-1995



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 10:

Proceso de deshidratación de las muestras de achotillo



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 11:
Muestra deshidratada y triturada



Elaborado por: La Autora, 2025

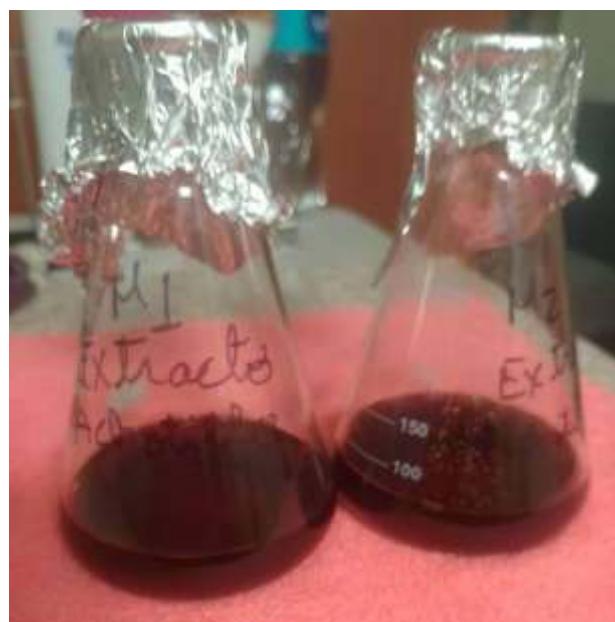
Anexo N° 12:
Pesaje de las muestras



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 13:***Proceso de maceración de las muestras***

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 14:***Muestras maceradas***

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 15:**Análisis de fenoles totales de las muestras a 25°C**

U B A ANALYTICAL LABORATORIES
TESTING & CONSULTING

INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024				Fecha: 14 de Marzo del 2025		
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Lady Alvarez Samaniego					
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443168					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de círculo de achotillo		Cantidad	Aprox. 500 mL		
No. de muestras	1 (n=1)		Lote	N/A		
Presentación	Recipientes ámbar de vidrio		Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025		
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE		Fecha colecta de muestra	N/A		
CONDICIONES DEL ANÁLISIS						
Temperatura (°C)	21.5		Humedad (%)	52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDAD	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
EXTRACTO DE ACHOTILLO T1	UBA-42597-1	FENOLES TOTALES	Espectrofotometría UV-Vis con reacción de Folin-Ciocalteu.	3.65	mg EAG/g mL	N/A
EXTRACTO DE ACHOTILLO T2	UBA-42597-2	FENOLES TOTALES		9.89		
EXTRACTO DE ACHOTILLO T3	UBA-42597-3	FENOLES TOTALES		12.65		

La concentración estimada de fenoles se calculó utilizando la ecuación de la curva estándar obtenida con ácido gálico (GAE: Ácido Gálico Equivalente).

La absorbancia se midió a 765 nm utilizando la espectrofotometría UV-Vis con la reacción de Folin-Ciocalteu.

Página 1 de 1



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 16:

Análisis de fenoles totales de las muestras a 55°C



INFORME DE RESULTADOS

IDR 42597-2024

Fecha: 14 de Marzo del 2025

DATOS DEL CLIENTE											
Nombre	Lady Alvarez Samaniego										
Dirección	Universidad Agraria										
Teléfono	0963443168										
Contacto	Alvarez Samaniego										
DATOS DE LA MUESTRA											
Tipo de muestra	Extracto de cáscara de achotillo			Cantidad	Aprox. 500 ml.						
No. de muestras	1 (nº1)			Lote	N/A						
Presentación	Recipientio ámbar de vidrio			Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025						
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE			Fecha colecta de muestra	N/A						
CONDICIONES DEL ANÁLISIS											
Temperatura (°C)	21.5		Humedad (%)	52.01							
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025										
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025										
RESULTADOS											
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDAD	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN					
EXTRACTO DE ACHOTILLO T1	UBA-42597-1	FENOLES TOTALES	Espectrofotometria UV-Vn con reacción de Folin-Ciocalteu.	4.45	mg EAG/g m	N/A					
EXTRACTO DE ACHOTILLO T2	UBA-42597-2	FENOLES TOTALES		10.39							
EXTRACTO DE ACHOTILLO T3	UBA-42597-3	FENOLES TOTALES		12.89							

La concentración estimada de fenoles se calculó utilizando la ecuación de la curva estandar obtenida con ácido gálico (GAE: Ácido Gálico Equivalente).

La absorbancia se midió a 765 nm utilizando la espectrofotometría UV-Vis con la reacción de Folin-Ciocalteu.

Table 2 (continued)



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 17:

Screening fitoquímico T1 a 25°C

U B A
ANALYTICAL
LABORATORIES
TESTING & CONSULTING

INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024						
			Fecha: 14 de Marzo del 2025			
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Lady Alvarez Samaniego					
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443168					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad	Aprox. 500 mL			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Envase ambar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANÁLISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	32.01			
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Extracto 1-10 macerado a 25 °C	UBA-42597-1	Tipo de Extracto	Tannaje Fitoquímico (screening)	Se anexa	-	-
		Aceites y grasas		-		
		Sodio		-		
		Triterpenos Esteroles		-		
		Reactivos Liebermann-Burchard		+		
		Alcaloides		-		
		Reactivos Mayr		-		
		Reactivos Wagner		-		
		Dragendorff		-		
		Lactonas y Cumarinas		-		
		Baljet		-		
		Taninos/Fenoles		-		
		Cloruro fénico		+		
		Saponinas		-		
		Prueba de espuma		+		

FOR ADM. 04 R01

(-) Negativo; (+) Leve presencia; (++) presencia; (+++) Alta presencia; (x) no se realizó.

Página 1 de 5

Anexo N° 18:

Screening fitoquímico T1 a 55°C

INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024						
Fecha: 14 de Marzo del 2025						
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Lady Alvarez Samaniego					
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443168					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad	Aprox. 500 mL			
No. de muestras	1 ($n=1$)	Lote	N/A			
Presentación	Envase ambar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01			
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Extracto 1:10 macerado a 55 °C	UBA-42597-2	Tipo de Extracto	Tanninaje Fitoquímico (screening)	Se anexa	-	-
		Aceites y grasas		-		
		Saponinas		-		
		Triterpenos/Esteroles		-		
		Reactivos Liebermann-Burchard		+		
		Alcaloides		-		
		Reactivos Mayer		-		
		Reactivos Wagner		-		
		Dragendorff		-		
		Lactonas y Cumáricas		-		
		Baljet		+		
		Tanninos/Fenoles		-		
		Cloruro fénico		++		
		Saponinas		-		
		Prueba de erguna		+		

FOR ADM. 04 R01

(-) Negativo; (+) Leve presencia; (++) presencia; (+++) Alta presencia; (x) no se realizó.

Página 2 de 6



 Recuerde que este informe es de su exclusiva responsabilidad. No lo debe copiar ni distribuir sin autorización. Consulte la Cláusula 14 del Contrato de Consultoría.

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 19:

Screening fitoquímico T2 a 25°C

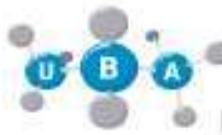
INFORME DE RESULTADOS						
IDR 42597-2024						
Fecha: 14 de Marzo del 2025						
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Lady Alvarez Samaniego					
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443163					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad	Aprox. 500 mL			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Envase ambar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01			
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Extracto 1:15 macerado a 25 °C	UBA-42597-3	Tipo de Extracto	Tanninaje Fitoquímico (screening)	Se analiza	-	-
		Aceites y grasas		-		
		Saponinas		-		
		Triterpenos/Esteroles		++		
		Reactivos Liebermann-Burchard		-		
		Alcaloides		-		
		Reactivos Mayw.		-		
		Reactivos Wagner		-		
		Dragendorff		-		
		Lactonas y Cumáricas		-		
		Baljet		+		
		Taninos/Fenoles		-		
		Cloruro fénico		++		
		Saponinas		-		
		Prueba de espuma		+		

FOR ADM. 04 R01

(-) Negativo; (+) Leve presencia; (++) presencia; (+++) Alta presencia; (x) no se realizó.

Página 3 de 6

Anexo N° 20:
Screening fitoquímico T2 a 55°C



ANALYTICAL LABORATORIES
TESTING & CONSULTING

INFORME DE RESULTADOS
IDR 42597-2024

Fecha: 14 de Marzo del 2025

DATOS DEL CLIENTE			
Nombre	Lady Alvarez Samaniego		
Dirección	Universidad Agraria		
Teléfono	0963443166		
Contacto	Alvarez Samaniego		

DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad	Aprox. 500 mL
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A
Presentación	Envase tubo de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A

CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01			
Fecha de Inicio de Análisis		21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis		14 de Marzo del 2025				

RESULTADOS	CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Extracto 1:15 macerado a 55 °C	UBA-42597-4		Tipo de Extracto:	Tamizaje Fitoquímico (screening)	Se anexa		
			ACEITES Y GRASAS		-		
			SODIUM		+		
			TRITERPENOS/ESTEROLAS		++		
			Reactivos Liebermann-Burchard		-		
			ALCALOIDES:		-		
			Reactivos Mayer		-		
			Reactivos Wagner		-		
			Dragendorff		-		
			LACTONAS Y CUMARINAS		-		
			Baileya		+		
			TANINOS/FENOLES:		-		
			Cloruro Férrico		++		
			Saponinas		-		
			Prueba de espuma		++		

FOR ADM. 04 R01

(-) Negativo; (+) Leve presencia; (++) presencia; (+++) Alta presencia; (x) no se realizó.

Página 4 de 6



THE BIZZ
THE BIZZ

Dr. Carlos A. Villaseca Chávez - UBA-42597-4 - IDR 42597-2024 - Fecha de elaboración: 14/03/2025
 Consultante: 04223691570 / 0422377040 - Celular: 0993233700 / 09934379971
 Email: recomendaciones@uba-labs.com
 Dirección: UBA-Labs

www.uba-labs.com

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 21:
Screening fitoquímico T3 a 25°C



INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024						
Fecha: 14 de Marzo del 2025						
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Lady Alvarez Samaniego					
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443168					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad	Aprox. 500 mL			
No. de muestras	1 ($n=1$)	Lote	N/A			
Presentación	Envase ambar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANÁLISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01			
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Extracto 1:20 macerado a 25 °C	UBA-42597-5	Tipo de Extracto	Tazizaje Fitoquímico (screening)	Se anexa		
		ACEITES y grasas		-		
		Sudan		+		
		Triterpenos/Esteroles		-		
		Reactivos Liebermann-Burchard		++		
		Alcaloides		-		
		Reactivos Mayr		-		
		Reactivos Wagner		-		
		Dragendorff		-		
		Lactonas y Cumáricas		-		
		Baljet		+		
		Taninos/Fenoles		-		
		Cloruro fénico		++		
		Saponinas		-		
		Prueba de espuma		++		

FOR ADM. 04 R01

(-) Negativo; (+) Leve presencia; (++) presencia; (+++) Alta presencia; (x) no se realizó.

Página 5 de 5

Anexo N° 22:

Screening fitoquímico T3 a 55°C

INFORME DE RESULTADOS						
IDR 42597-2024						
Fecha: 14 de Marzo del 2025						
DATOS DEL CLIENTE						
Nombres	Lady Alvarez Samaniego	Cantidad	Aprox. 500 mL			
Dirección	Universidad Agraria	Lote	N/A			
Teléfono	0963443168	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025			
Contacto	Alvarez Samaniego	Fecha colecta de muestra	N/A			
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad	Aprox. 500 mL			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Envase ambar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01			
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Extracto 1:20 macerado a 55 °C	UBA-42597-6	Tipo de Extracto	Tannino Fitoquímico (screening)	Se anexa	-	-
		Aceites y grasas		-		
		Saponinas		+		
		Triterpenos/Esteroles		-		
		Reactivos Liebermann-Burchard		++		
		Alcaloides		-		
		Reactivos Mayr		-		
		Reactivos Wagner		-		
		Dragendorff		-		
		Lactonas y Cumáreas		-		
		Baljet		++		
		Taninos/Fenoles		-		
		Cloruro fálico		+++		
		Saponinas		-		
		Prueba de espuma		++		

FOR ADM. 04 R01

(-) Negativo; (+) Leve presencia; (++) presencia; (+++) Alta presencia; (x) no se realizó.

Página 6 de 8



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 23:

Análisis de espectrofotometría T1 a 25 °C Repetición 1

INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024					Fecha: 14 de Marzo del 2025
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono	0963443168				
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achiote	Cantidad	Aprox.		
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A		
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción		21 de Febrero del 2025	
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra		N/A	
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)		52.01	
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS
Extracto 1:10 macerado a 25 °C	UBA-42597-1	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	3.98 2.30
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupeol			0.40 0.25
		Alcaloides			ND
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina		mg/t	0.08
		Fenoles específicos Ácido galico elágico			0.85 0.89
		Saponinas	Espectrofotometría		1.12
		Fenoles totales		mg EAG/g	3.66

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 1 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 24:

Análisis de espectrofotometría T1 a 25 °C Repetición 2


INFORME DE RESULTADOS					
IDR 42597-2024					
Fecha: 14 de Marzo del 2025					
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono	0963443168				
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Extrato de corteza de achotillo	Cantidad		Aprox.	
No. de muestras	1 (n=1)	Lote		N/A	
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción		21 de Febrero del 2025	
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra		N/A	
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS
Extracto 1:10 macerado a 25 °C	UBA-42597-2	Ácido graso Ólrico Palmitico	Cromatografía (CG) Espectrofotometria	% mg/c	4.01 2.22
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupenol			0.38 0.22 ND
		Alcaloides Lactonas y Cumarinas Escopoletina			0.08
		Fenoles específicos Ácido galico elágico			0.84 0.92
		Saponinas			1.09
		Fenoles totales		mg EAG/g	3.64

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 2 de 18

Anexo N° 25:**Análisis de espectrofotometría T1 a 25 °C Repetición 3**


**ANALYTICAL
LABORATORIES**
TESTING & CONSULTING

INFORME DE RESULTADOS				Fecha: 14 de Marzo del 2025			
DATOS DEL CLIENTE							
Nombre	Lady Alvarez Samaniego						
Dirección	Universidad Agraria						
Teléfono	0963443168						
Contacto	Alvarez Samaniego						
DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo de muestra	Extrato de corteza de achotillo	Cantidad	500 mL	Aprox.			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A				
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025				
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A				
CONDICIONES DEL ANÁLISIS							
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01				
Fecha de inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025						
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025						
RESULTADOS							
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS		
Extracto 1:10 macerado a 25 °C	UBA-42597-3	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	3.99 2.28		
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol, Lupenol			0.37 0.23		
		Alcaloides	Espectrofotometria	mg/t	ND		
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina			0.09		
		Fenoles específicos Ácido gálico elágico			0.85 0.92		
		Saponinas			1.10		
		Fenoles totales		mg EAG/g	3.644		

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con petrones conocidos.

Página 3 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 26:

Análisis de espectrofotometría T1 a 55 °C Repetición 1

INFORME DE RESULTADOS										
IDR 42597-2024										
Fecha: 14 de Marzo del 2025										
DATOS DEL CLIENTE										
Nombre	Lady Alvarez Samaniego									
Dirección	Universidad Agraria									
Teléfono	0963443168									
Contacto	Alvarez Samaniego									
DATOS DE LA MUESTRA										
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achiote		Cantidad	Aprox. 500 mL						
No. de muestras	1 (n=1)		Lote	N/A						
Presentación	Envase ámbar de vidrio		Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025						
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE		Fecha colecta de muestra	N/A						
CONDICIONES DEL ANÁLISIS										
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01							
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025									
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025									
RESULTADOS										
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS					
Extracto 1:10 macerado a 55 °C	UBA-42597-4	Ácido grasos Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	4.62 3.21					
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupenol	Espectrofotometría	mp/c	0.41 0.26 ND					
		Alcaloides Lactonas y Cumárnas Escopoletina			0.08					
		Fenoles específicos Ácido gálico elágico			0.93 0.94					
		Saponinas			1.42					
		Fenoles totales		mg EAG/g	4.46					

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos colorados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 4 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 27:**Análisis de espectrofotometría T1 a 55 °C Repetición 2**

INFORME DE RESULTADOS					
IDR 42597-2024					
Fecha: 14 de Marzo del 2025					
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono	0963443168				
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Extrato de corteza de achotillo	Cantidad	Aprox.		
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A		
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025		
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A		
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS
Extracto 1:10 macerado a 55 °C	UBA-42597-5	Ácido graso Ólrico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	4.72 2.98
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupenol	Espectrofotometria	mp/c	0.35 0.24 ND
		Alcaloides Lactonas y Cumarinas Escopoletina			0.09
		Fenoles específicos Ácido galico elágico			0.86 0.94
		Saponinas			1.42
		Fenoles totales		mg EAG/g	4.48

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 5 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 28:

Análisis de espectrofotometría T1 a 55 °C Repetición 3

INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024			
Fecha: 14 de Marzo del 2025			
DATOS DEL CLIENTE			
Nombre	Lady Alvarez Samaniego		
Dirección	Universidad Agraria		
Teléfono	0963443168		
Contacto	Alvarez Samaniego		
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad	Aprox.
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A
CONDICIONES DEL ANÁLISIS			
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025		
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025		
RESULTADOS			
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO
Extracto 1:10 macerado a 55 °C	UBA-42597-6	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupon	
		Alcaloides	
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina	
		Fenoles específicos Ácido galico elagico	Espectrofotometria
		Saponinas	
		Fenoles totales	
			mp/c
			mg EAG/g
		%	4.52 3.12
			0.45 0.24 ND
			0.09
			0.88 0.96
			1.48
			4.47
			Limite de cuantificación

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 6 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 29:

Análisis de espectrofotometría T2 a 25 °C Repetición 1

INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024						
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				Fecha: 14 de Marzo del 2025	
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443168					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extrato de corteza de achiote	Cantidad:		Aprox.		
No. de muestras	1 (n=1)	Lote		500 mL	N/A	
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción		21 de Febrero del 2025		
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra		N/A		
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)		52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS	
Extracto 1:15 macerado a 25 °C	UBA-42597-7	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	13.46 9.94	
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupeol			0.51 0.25 ND	
		Alcaloides Lactonas y Cumarinas Escopoletina			-	
		Fenoles específicos Ácido galico elágico Saponinas		mp/g	0.07 1.02 0.75 2.20	
		Fenoles totales	Espectrofotometria		mg EAG/g	
					9.89	

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 7 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 30:**Análisis de espectrofotometría T2 a 25 °C Repetición 2**

INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024					
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				Fecha: 14 de Marzo del 2025
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono	0963443168				
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achiote	Cantidad	Aprox.		
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	500 mL	N/A	
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025		
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A		
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS
Extracto 1:15 macerado a 25 °C	UBA-42597-8	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG) Espectrofotometria	%	14.01 10.04
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupeol			0.49 0.22 ND
		Alcaloides		mp/t	0.072
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina			1.04 0.72
		Fenoles específicos Ácido gálico elágico			2.14
		Saponinas			
		Fenoles totales		mg EAG/g	10.04

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinado con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 8 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 31:**Análisis de espectrofotometría T2 a 25 °C Repetición 3**

INFORME DE RESULTADOS						
IDR 42597-2024						
Fecha: 14 de Marzo del 2025						
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Lady Alvarez Samaniego					
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443168					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo		Cantidad		Aprox.	
No. de muestras	1 (n=1)		Lote		N/A	
Presentación	Envase ámbar de vidrio		Fecha de recepción		21 de	
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE		Fecha colecta de muestra		Febrero del 2025	
					N/A	
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)		52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS	Límite de cuantificación
Extracto 1:15 macerado a 25 °C	UBA-42597-9	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	14.16 9.92	-
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupenol			0.52 0.24	
		Alcaloides			ND	
		Lactonas y Cumárinas Escopoletina			0.079	
		Fenoles específicos Ácido gálico elágico		mo/c	0.99 0.68	
		Saponinas			2.19	
		Fenoles totales	Espectrofotometría	mg EAG/g	9.94	

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 9 de 18



Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
Cuba

www.ulab-lab.com

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 32:

Análisis de espectrofotometría T2 a 55 °C Repetición 1



INFORME DE RESULTADOS				Fecha: 14 de Marzo del 2025	
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono	0963443168				
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad		Aprox.	
No. de muestras	1 (n=1)	Lote		N/A	
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción		21 de Febrero del 2025	
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra		N/A	
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS
Extracto 1:15 macerado a 55 °C	UBA-42597-10	Ácido grasos Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	16.24 14.25
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupeol			0.48 0.26 ND
		Alcaloides Lactonas y Cumarinas Escopoletina	Espectrofotometria	mg/g	0.09
		Fenoles específicos Ácido gálico elágico			1.05 1.12
		Saponinas			3.12
		Fenoles totales		Ing EAG/g	10.35

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 10 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 33:

Análisis de espectrofotometría T2 a 55 °C Repetición 2



INFORME DE RESULTADOS						
IDR 42597-2024						
Fecha: 14 de Marzo del 2025						
		DATOS DEL CLIENTE				
Nombre	Lady Alvarez Samaniego					
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443168					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo		Cantidad		Aprox.	
No. de muestras	1 (n=1)		Lote		N/A	
Presentación	Envase ámbar de vidrio		Fecha de recepción		21 de	
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE		Fecha colecta de muestra		Febrero del 2025	
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)		52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS	Límite de cuantificación
Extracto 1:15 macerado a 55 °C	UBA-42597-11	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	16.32 14.22	
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol, Lipeol			0.45 0.25	
		Alcaloides			ND	
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina		mg/t	0.09	
		Fenoles específicos Ácido gálico elágico			1.09 1.10	
		Saponinas	Espectofotometría		3.11	
		Fenoles totales		mg EAG/g	10.365	

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 11 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 34:

Análisis de espectrofotometría T2 a 55 °C Repetición 3


INFORME DE RESULTADOS					
IDR 42597-2024					
Fecha: 14 de Marzo del 2025					
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre: Lady Alvarez Samaniego					
Dirección: Universidad Agraria					
Teléfono: 0963443168					
Contacto: Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra: achottijo	Extracto de corteza de	Cantidad	Aprox.		
No. de muestras: 1 (n=1)		Lote	N/A		
Presentación: Envase ámbar de vidrio		Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025		
Colecta de muestra: Realizado por el CLIENTE		Fecha colecta de muestra	N/A		
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C): 21.5	Humedad (%)	52.01			
Fecha de Inicio de Análisis: 21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis: 14 de Marzo del 2025					
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS
Extracto 1:15 macerado a 55 °C	UBA-42597-12	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	16.30 14.39
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupeol			0.49 0.27
		Alcaloides	Espectrofotometria		ND
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina		mg/c	0.08
		Fenoles específicos Ácido galico elágico			1.08 1.08
		Saponinas			3.1
		Fenoles totales		mg EAG/g	10.38

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

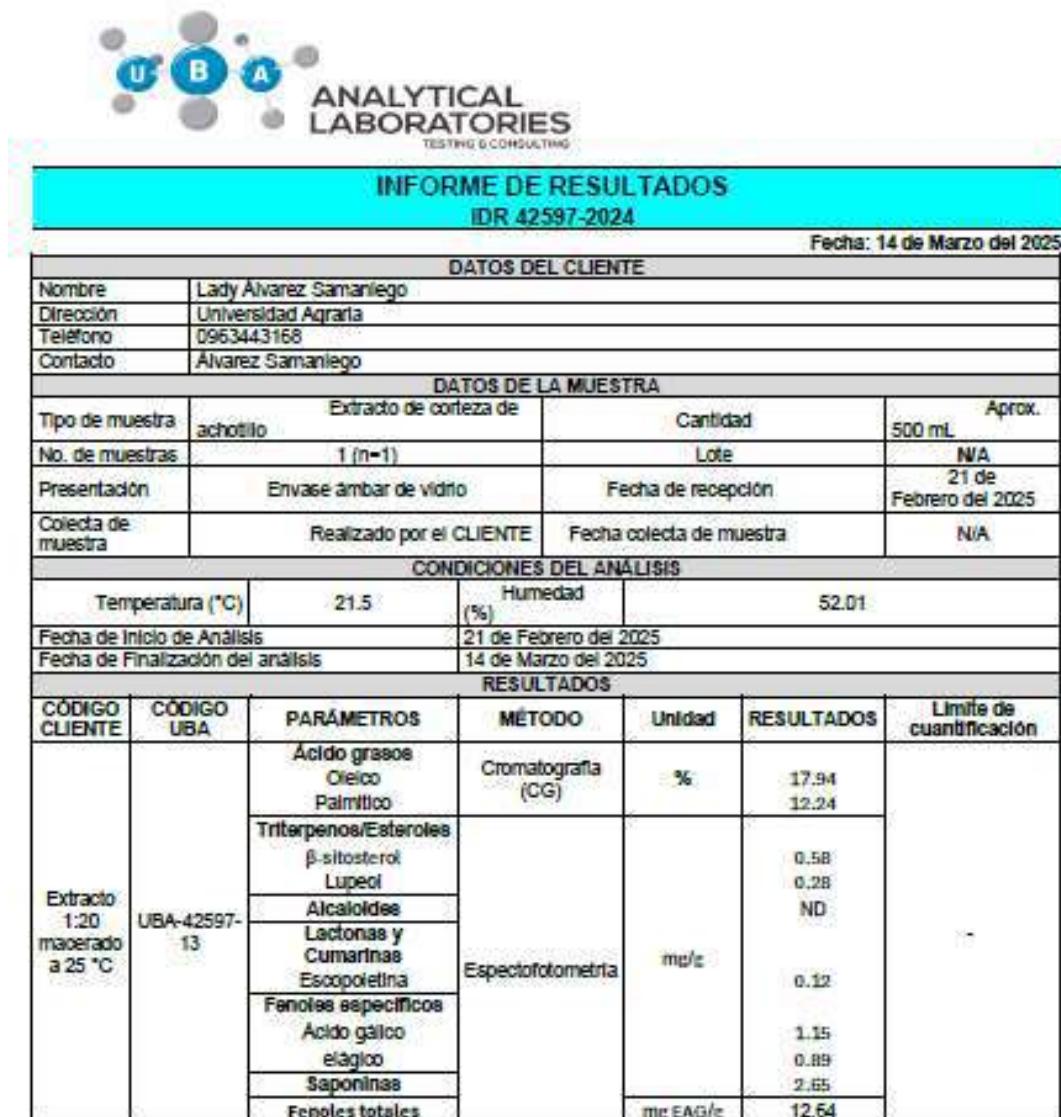
Página 12 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 35:

Análisis de espectrofotometría T3 a 25 °C Repetición 1



La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 13 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 36:

Análisis de espectrofotometría T3 a 25 °C Repetición 2

INFORME DE RESULTADOS				Fecha: 14 de Marzo del 2025			
DATOS DEL CLIENTE							
Nombre	Lady Alvarez Samaniego						
Dirección	Universidad Agraria						
Teléfono	0963443168						
Contacto	Alvarez Samaniego						
DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo de muestra	Extrato de corteza de achotillo	Cantidad	500 mL	Aprox.			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote		N/A			
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción		21 de Febrero del 2025			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra		N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS							
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01				
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025						
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025						
RESULTADOS							
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS		
Extracto 1:20 macerado a 25 °C	UBA-42597-14	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	17.92 12.26		
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupeol	Espectrofotometria	mg/e	0.54 0.29 ND		
		Alcaloides					
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina			0.11		
		Fenoles específicos Ácido galico elágico			1.17 0.9		
		Saponinas			2.68		
		Fenoles totales		mg EAO/g	12.64		

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 14 de 18

Anexo N° 37:

Análisis de espectrofotometría T3 a 25 °C Repetición 3


**ANALYTICAL
LABORATORIES**
TESTHO CONSULTING

INFORME DE RESULTADOS					
IDR 42597-2024					
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				Fecha: 14 de Marzo del 2025
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono	0953443168				
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achiote	Cantidad		APROX.	
No. de muestras	1 (n=1)	Lote		N/A	
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción		21 de Febrero del 2025	
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra		N/A	
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)		52.01	
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
Extracto 1:20 macerado a 25 °C	UBA-42597-15	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	17.98 12.30
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupeol			0.60 0.30
		Alcaloides	Espectrofotometría		ND
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina		mp/c	0.15
		Fenoles específicos Ácido galico elágico			1.19 0.88
		Saponinas			2.69
		Fenoles totales		mg EAG/g	12.65

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 15 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 38:

Análisis de espectrofotometría T3 a 55 °C Repetición 1


INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024					
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				Fecha: 14 de Marzo del 2025
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono	0953443168				
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	achotillo	Extracto de corteza de	Cantidad	Aprox.	
No. de muestras	1 (n=1)		Lote	N/A	
Presentación	Envase ámbar de vidrio		Fecha de recepción	21 de	
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE		Fecha colecta de muestra	Febrero del 2025	
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS
Extracto 1:20 macerado a 55 °C	UBA-42597-16	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	27.98 17.94
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Luceol			0.84 0.39 ND
		Alcaloides		mg/g	0.15
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina			1.54 1.12
		Fenoles específicos Ácido galico elálico	Espectrofotometria		3.74
		Saponinas		mg EAG/g	12.75
		Fenoles totales			

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 16 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 39:

Análisis de espectrofotometría T3 a 55 °C Repetición 2



INFORME DE RESULTADOS											
IDR 42597-2024											
Fecha: 14 de Marzo del 2025											
DATOS DEL CLIENTE											
Nombre	Lady Alvarez Samaniego										
Dirección	Universidad Agraria										
Teléfono	0963443166										
Contacto	Alvarez Samaniego										
DATOS DE LA MUESTRA											
Tipo de muestra	Extrato de corteza de achotillo		Cantidad		Aprox. 500 mL						
No. de muestras	1 (n=1)		Lote		N/A						
Presentación	Envase ámbar de vidrio		Fecha de recepción		21 de Febrero del 2025						
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE		Fecha colecta de muestra		N/A						
CONDICIONES DEL ANÁLISIS											
Temperatura (°C)	21.5		Humedad (%)	52.01							
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025										
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025										
RESULTADOS											
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS	Límite de cuantificación					
Extracto 1:20 macerado a 55 °C	UBA-42597-17	Ácido graso Ólrico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	27.96 17.95	-					
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lupenol	Espectofotometría	mp/c	0.88 0.38 ND						
		Alcaloides									
		Lactonas y Cumarinas Escopoletina			0.14						
		Fenoles específicos Ácido gálico elágico			1.58 1.13						
		Saponinas			3.78						
		Fenoles totales		mg EAG/g	12.82						

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos coloreados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinada con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 17 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 40:**Análisis de espectrofotometría T3 a 55 °C Repetición 3**

INFORME DE RESULTADOS IDR 42597-2024					
Fecha: 14 de Marzo del 2025					
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono	0953443168				
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Extracto de corteza de achotillo	Cantidad:	500 mL	Aprox.	
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A		
Presentación	Envase ámbar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025		
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra:	N/A		
CONDICIONES DEL ANÁLISIS					
Temperatura (°C)	21.5	Humedad (%)	52.01		
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	14 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	Unidad	RESULTADOS
Extracto 1:20 macerado a 55 °C	UBA-42597-1	Ácido graso Oleico Palmitico	Cromatografía (CG)	%	27.93 17.98
		Triterpenos/Esteroles β-sitosterol Lipeol			0.89 0.40 ND
		Alcaloides			-
		Lactonas y Cumartinas Escopoletina			0.12
		Fenoles específicos Ácido gálico elágico	Espectrofotometría	mg/g	1.59 1.11
		Saponinas			3.78
		Fenoles totales			12.88 mg EAG/g

La cuantificación de compuestos fitoquímicos fue realizada mediante espectrofotometría UV-Vis, aplicando reactivos específicos para generar complejos colorados medibles a diferentes longitudes de onda. La concentración de cada metabolito fue determinado con base en curvas estándar elaboradas con patrones conocidos.

Página 18 de 18



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 41:***Contenido de compuestos fitoquímicos por los diferentes tratamientos***

Tratamientos	Ácidos grasos		Triterpenos/Esteroles		Lactonas y Cumarinas	Fenoles específicos		Saponinas	Fenoles totales
	Oleico	Palmitico	β-sitosterol	Lupeol	Escopoletina	Ácido gálico	Elágico		
T1	3.98	2.3	0.4	0.25	0.08	0.85	0.89	1.12	3.66
T1	4.01	2.22	0.38	0.22	0.08	0.84	0.92	1.09	3.64
T1	3.99	2.28	0.37	0.23	0.09	0.85	0.92	1.1	3.644
T1.1	4.62	3.21	0.41	0.26	0.08	0.93	0.94	1.42	4.46
T1.1	4.72	2.98	0.35	0.24	0.09	0.86	0.94	1.42	4.48
T1.1	4.52	3.12	0.45	0.24	0.09	0.88	0.96	1.48	4.47
T2	13.46	9.94	0.51	0.25	0.07	1.02	0.75	2.2	9.89
T2	14.01	10.04	0.49	0.22	0.072	1.04	0.72	2.14	10.04
T2	14.16	9.92	0.52	0.24	0.079	0.99	0.68	2.19	9.94
T2.1	16.24	14.25	0.48	0.26	0.09	1.05	1.12	3.12	10.35
T2.1	16.32	14.22	0.45	0.25	0.09	1.09	1.1	3.11	10.365
T2.1	16.3	14.39	0.49	0.27	0.08	1.08	1.08	3.1	10.38
T3	17.94	12.24	0.58	0.28	0.12	1.15	0.89	2.65	12.64
T3	17.92	12.26	0.54	0.29	0.11	1.17	0.9	2.68	12.64
T3	17.98	12.3	0.6	0.3	0.15	1.19	0.88	2.69	12.65
T3.1	27.98	17.94	0.84	0.39	0.15	1.54	1.12	3.74	12.75
T3.1	27.96	17.95	0.88	0.38	0.14	1.58	1.13	3.78	12.82
T3.1	27.93	17.98	0.89	0.4	0.12	1.59	1.11	3.78	12.88

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 42:

ANOVA ácidos grasos

ANOVA - Oleico

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	1210.948	5	242.190	9728.664	3.299×10^{-21}
Residuales	0.299	12	0.025		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		Diferencia de Medias	ET	t	pTukey
T1	T1.1	-0.627	0.129	-4.864	0.004
T2		-9.883	0.129	-76.718	2.709×10^{-14}
T2.1		-12.293	0.129	-95.425	2.709×10^{-14}
T3		-13.953	0.129	-108.311	2.709×10^{-14}
T3.1		-23.963	0.129	-186.012	2.709×10^{-14}
T1.1	T2	-9.257	0.129	-71.854	2.720×10^{-14}
T2.1		-11.667	0.129	-90.561	2.709×10^{-14}
T3		-13.327	0.129	-103.447	2.709×10^{-14}
T3.1		-23.337	0.129	-181.148	2.709×10^{-14}
T2	T2.1	-2.410	0.129	-18.707	4.133×10^{-9}
T3		-4.070	0.129	-31.593	4.533×10^{-12}
T3.1		-14.080	0.129	-109.294	2.709×10^{-14}
T2.1	T3	-1.660	0.129	-12.886	2.591×10^{-7}
T3.1		-11.670	0.129	-90.587	2.709×10^{-14}
T3	T3.1	-10.010	0.129	-77.701	2.709×10^{-14}

Nota: Valor p ajustado para comparar una familia de 6

Letter-Based Grouping - Tratamientos ▾

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	b
T2	c
T2.1	d
T3	e
T3.1	f

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales

Medias Marginales - Tratamientos

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	3.993	3.795	4.192	0.091
T1.1	4.620	4.422	4.818	0.091
T2	13.877	13.678	14.075	0.091
T2.1	16.287	16.088	16.485	0.091
T3	17.947	17.748	18.145	0.091
T3.1	27.957	27.758	28.155	0.091

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 43:**ANOVA ácidos grasos - palmítico**

ANOVA - Palmítico

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	582.562	5	116.512	24189.444	1.398×10^{-22}
Residuals	0.056	12	0.005		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc**Estándar (LSD)**

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		Diferencia de Medias	ET	t	P Tukey
T1	T1.1	-0.837	0.057	-14.765	5.463×10^{-8}
	T2	-7.700	0.057	-135.882	2.709×10^{-14}
	T2.1	-12.020	0.057	-212.118	2.709×10^{-14}
	T3	-10.000	0.057	-176.471	2.709×10^{-14}
	T3.1	-15.690	0.057	-276.882	2.709×10^{-14}
T1.1	T2	-6.863	0.057	-121.118	2.709×10^{-14}
	T2.1	-11.183	0.057	-197.353	2.709×10^{-14}
	T3	-9.163	0.057	-161.706	2.709×10^{-14}
	T3.1	-14.853	0.057	-262.118	2.709×10^{-14}
T2	T2.1	-4.320	0.057	-76.235	2.709×10^{-14}
	T3	-2.300	0.057	-40.588	8.166×10^{-13}
	T3.1	-7.990	0.057	-141.000	2.709×10^{-14}
T2.1	T3	2.020	0.057	35.647	2.138×10^{-12}
	T3.1	-3.670	0.057	-64.765	2.787×10^{-14}
T3	T3.1	-5.690	0.057	-100.412	2.709×10^{-14}

Nota: Valor p ajustado para comparar una familia de 6

Letter-Based Grouping - Tratamientos ▼

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	b
T2	c
T2.1	e
T3	d
T3.1	f

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales

Medias Marginales - Tratamientos

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	2.267	2.179	2.354	0.040
T1.1	3.103	3.016	3.191	0.040
T2	9.967	9.879	10.054	0.040
T2.1	14.287	14.199	14.374	0.040
T3	12.267	12.179	12.354	0.040
T3.1	17.957	17.869	18.044	0.040

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 44:***ANOVA Triterpenos/Esteroles -1***ANOVA - β -sitosterol

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.476	5	0.095	112.717	1.172×10^{-9}
Residuales	0.010	12	8.444×10^{-4}		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc ▼**Estándar (LSD)**

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		Diferencia de Medias	ET	t	P _{Tukey}
T1	T1.1	-0.020	0.024	-0.843	0.953
T2		-0.123	0.024	-5.198	0.002
T2.1		-0.090	0.024	-3.793	0.024
T3		-0.190	0.024	-8.008	4.281×10^{-5}
T3.1		-0.487	0.024	-20.511	1.446×10^{-9}
T1.1	T2	-0.103	0.024	-4.355	0.009
T2.1		-0.070	0.024	-2.950	0.098
T3		-0.170	0.024	-7.165	1.292×10^{-4}
T3.1		-0.467	0.024	-19.668	2.369×10^{-9}
T2	T2.1	0.033	0.024	1.405	0.724
T3		-0.067	0.024	-2.810	0.123
T3.1		-0.363	0.024	-15.313	3.610×10^{-8}
T2.1	T3	-0.100	0.024	-4.215	0.012
T3.1		-0.397	0.024	-16.718	1.372×10^{-8}
T3	T3.1	-0.297	0.024	-12.503	3.639×10^{-7}

Nota. Valor p ajustado para comparar una familia de 6

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	ab
T2	cd
T2.1	bc
T3	d
T3.1	e

Nota. If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales

Medias Marginales - Tratamientos:

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	0.383	0.347	0.420	0.017
T1.1	0.403	0.367	0.440	0.017
T2	0.507	0.470	0.543	0.017
T2.1	0.473	0.437	0.510	0.017
T3	0.573	0.537	0.610	0.017
T3.1	0.870	0.833	0.907	0.017

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 45:***ANOVA Triterpenos/Esteroles -2***

ANOVA - Lapeo:

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.053	5	0.011	70.704	1.759×10^{-8}
Residuales	0.002	12	1.500×10^{-4}		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc ▼**Estándar (LSD) ▼**

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos ▼

		Diferencia de Medias	ET	t	pTukey
T1	T1.1	-0.013	0.010	-1.333	0.763
T2		-0.003	0.010	-0.333	0.999
T2.1		-0.027	0.010	-2.667	0.154
T3		-0.057	0.010	-5.667	0.001
T3.1		-0.157	0.010	-15.667	2.795×10^{-8}
T1.1	T2	0.010	0.010	1.000	0.909
T2.1		-0.013	0.010	-1.333	0.763
T3		-0.043	0.010	-4.333	0.010
T3.1		-0.143	0.010	-14.333	7.672×10^{-8}
T2	T2.1	-0.023	0.010	-2.333	0.253
T3		-0.053	0.010	-5.333	0.002
T3.1		-0.153	0.010	-15.333	3.557×10^{-8}
T2.1	T3	-0.030	0.010	-3.000	0.091
T3.1		-0.130	0.010	-13.000	2.344×10^{-7}
T3	T3.1	-0.100	0.010	-10.000	4.213×10^{-6}

Nota: Valor p ajustado para comparar una familia de 6.

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	a
T2	a
T2.1	ab
T3	b
T3.1	c

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales ▼

Medias Marginales - Tratamientos

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	0.233	0.218	0.249	0.007
T1.1	0.247	0.231	0.262	0.007
T2	0.237	0.221	0.252	0.007
T2.1	0.260	0.245	0.275	0.007
T3	0.290	0.275	0.305	0.007
T3.1	0.390	0.375	0.405	0.007

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 46:***ANOVA Lactonas y cumarinas*****ANOVA - Escopoletina**

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.010	5	0.002	15.402	7.323×10^{-5}
Residuales	0.002	12	1.315×10^{-4}		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc ▼**Estándar (LSD) ▼****Comparaciones Post-hoc - Tratamientos ▼**

		Diferencia de Medias	ET	t	Ptukay
T1	T1.1	-0.003	0.009	-0.356	0.999
T2		0.010	0.009	1.032	0.898
T2.1		-0.003	0.009	-0.356	0.999
T3		-0.043	0.009	-4.628	0.006
T3.1		-0.053	0.009	-5.696	0.001
T1.1	T2	0.013	0.009	1.388	0.733
	T2.1	-1.908×10^{-17}	0.009	-2.038×10^{-15}	1.000
	T3	-0.040	0.009	-4.272	0.011
	T3.1	-0.050	0.009	-5.340	0.002
T2	T2.1	-0.013	0.009	-1.388	0.733
	T3	-0.053	0.009	-5.661	0.001
	T3.1	-0.063	0.009	-6.729	2.363×10^{-4}
T2.1	T3	-0.040	0.009	-4.272	0.011
	T3.1	-0.050	0.009	-5.340	0.002
T3	T3.1	-0.010	0.009	-1.068	0.885

Nota: Valor p ajustado para comparar una familia de 6

Letter-Based Grouping - Tratamientos ▼

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	a
T2	a
T2.1	a
T3	b
T3.1	b

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales**Medias Marginales - Tratamientos**

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	0.083	0.069	0.098	0.007
T1.1	0.087	0.072	0.101	0.007
T2	0.074	0.059	0.088	0.007
T2.1	0.087	0.072	0.101	0.007
T3	0.127	0.112	0.141	0.007
T3.1	0.137	0.122	0.151	0.007

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 47:**ANOVA Fenoles específicos - 1**

ANOVA - Ácido gálico

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	1.025	5	0.205	351.307	1.419×10^{-12}
Residuals	0.007	12	5.833×10^{-4}		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc**Estándar (LSD)**

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos:

		Diferencia de Medias	ET	t	pTukey
T1	T1.1	-0.043	0.020	-2.197	0.306
T2		-0.170	0.020	-8.621	2.013×10^{-5}
T2.1		-0.227	0.020	-11.494	9.280×10^{-7}
T3		-0.323	0.020	-16.396	1.693×10^{-8}
T3.1		-0.723	0.020	-36.680	1.767×10^{-12}
T1.1	T2	-0.127	0.020	-6.423	3.655×10^{-4}
T2.1		-0.183	0.020	-9.297	9.149×10^{-6}
T3		-0.280	0.020	-14.199	8.551×10^{-8}
T3.1		-0.680	0.020	-34.482	2.637×10^{-12}
T2	T2.1	-0.057	0.020	-2.874	0.111
T3		-0.153	0.020	-7.775	5.759×10^{-6}
T2.1	T3.1	-0.553	0.020	-28.059	1.421×10^{-11}
T2.1	T3	-0.097	0.020	-4.902	0.004
T3.1		-0.497	0.020	-25.186	7.506×10^{-11}
T3	T3.1	-0.400	0.020	-20.284	1.654×10^{-9}

Nota: Valor p ajustado para comparar una familia de 6

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	a
T2	b
T2.1	b
T3	c
T3.1	d

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales

Medias Marginales - Tratamientos

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	0.847	0.816	0.877	0.014
T1.1	0.890	0.860	0.920	0.014
T2	1.017	0.986	1.047	0.014
T2.1	1.073	1.043	1.104	0.014
T3	1.170	1.140	1.200	0.014
T3.1	1.570	1.540	1.600	0.014

Anexo N° 48:***ANOVA fenoles específicos - 2***

ANOVA - Elágico

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	0.333	5	0.067	176.309	8.454×10^{-11}
Residuales	0.005	12	3.776×10^{-4}		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc ▼**Estándar (LSD) ▼**

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos ▼

		Diferencia de Medias	ET	t	P _{Tukey}
T1	T1.1	-0.037	0.016	-2.310	0.262
T1	T2	0.193	0.016	12.182	4.870×10^{-7}
T1	T2.1	-0.190	0.016	-11.972	5.911×10^{-7}
T1	T3	0.020	0.016	1.260	0.800
T1	T3.1	-0.210	0.016	-13.233	1.916×10^{-7}
T1.1	T2	0.230	0.016	14.493	6.757×10^{-8}
T1.1	T2.1	-0.153	0.016	-9.662	6.083×10^{-6}
T1.1	T3	0.057	0.016	3.571	0.035
T1.1	T3.1	-0.173	0.016	-10.922	1.623×10^{-6}
T2	T2.1	-0.383	0.016	-24.155	1.482×10^{-10}
T2	T3	-0.173	0.016	-10.922	1.623×10^{-6}
T2	T3.1	-0.403	0.016	-25.415	6.545×10^{-11}
T2.1	T3	0.210	0.016	13.233	1.916×10^{-7}
T2.1	T3.1	-0.020	0.016	-1.260	0.800
T3	T3.1	-0.230	0.016	-14.493	6.757×10^{-8}

Nota: Valor p ajustado para comparar una familia de 6

Letter-Based Grouping - Tratamientos ▼

Tratamientos	Letter
T1	bc
T1.1	c
T2	a
T2.1	d
T3	b
T3.1	d

Note, if two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales

Medias Marginales - Tratamientos

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	0.910	0.886	0.934	0.011
T1.1	0.947	0.922	0.971	0.011
T2	0.717	0.692	0.741	0.011
T2.1	1.100	1.076	1.124	0.011
T3	0.890	0.866	0.914	0.011
T3.1	1.120	1.096	1.144	0.011

Anexo N° 49:**ANOVA Saponinas**

ANOVA - Saponinas

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	15.290	5	3.058	5192.757	1.424×10^{-19}
Residuals	0.007	12	5.889×10^{-4}		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc**Estándar (LSD)**

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		Diferencia de Medias	ET	t	pTukey
T1	T1.1	-0.337	0.020	-16.991	1.153×10^{-8}
	T2	-1.073	0.020	-54.171	5.129×10^{-14}
	T2.1	-2.007	0.020	-101.275	2.709×10^{-14}
	T3	-1.570	0.020	-79.237	2.709×10^{-14}
	T3.1	-2.663	0.020	-134.417	2.709×10^{-14}
T1.1	T2	-0.737	0.020	-37.179	1.608×10^{-12}
	T2.1	-1.670	0.020	-84.284	2.709×10^{-14}
	T3	-1.233	0.020	-62.246	2.898×10^{-14}
	T3.1	-2.327	0.020	-117.426	2.709×10^{-14}
T2	T2.1	-0.933	0.020	-47.105	1.974×10^{-13}
	T3	-0.497	0.020	-25.067	8.193×10^{-11}
	T3.1	-1.590	0.020	-80.246	2.709×10^{-14}
T2.1	T3	0.437	0.020	22.038	5.730×10^{-10}
	T3.1	-0.657	0.020	-33.142	3.356×10^{-12}
T3	T3.1	-1.093	0.020	-55.180	4.496×10^{-14}

Nota. Valor p ajustado para comparar una familia de 6

Letter-Based Grouping - Tratamientos ▼

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	b
T2	c
T2.1	e
T3	d
T3.1	f

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales

Medias Marginales - Tratamientos

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	1.103	1.073	1.134	0.014
T1.1	1.440	1.409	1.471	0.014
T2	2.177	2.146	2.207	0.014
T2.1	3.110	3.079	3.141	0.014
T3	2.673	2.643	2.704	0.014
T3.1	3.767	3.738	3.797	0.014

Anexo N° 50: ANOVA Fenoles totales

ANOVA - Fenoles totales ▼

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	239.347	5	47.889	27257.909	6.827×10^{-24}
Residuales	0.021	12	0.002		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc

Estándar (LSD)

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		Diferencia de Medias	ET	t	P Tukey
T1	T1.1	-0.822	0.034	-24.023	1.615×10^{-10}
T2		-6.309	0.034	-184.374	2.709×10^{-14}
T2.1		-6.717	0.034	-196.308	2.709×10^{-14}
T3		-8.995	0.034	-262.894	2.709×10^{-14}
T3.1		-9.169	0.034	-267.959	2.709×10^{-14}
T1.1	T2	-5.487	0.034	-160.351	2.709×10^{-14}
T2.1		-5.895	0.034	-172.285	2.709×10^{-14}
T3		-8.173	0.034	-238.870	2.709×10^{-14}
T3.1		-8.347	0.034	-243.936	2.709×10^{-14}
T2	T2.1	-0.408	0.034	-11.934	6.127×10^{-7}
T3		-2.687	0.034	-78.519	2.709×10^{-14}
T3.1		-2.860	0.034	-83.585	2.709×10^{-14}
T2.1	T3	-2.278	0.034	-66.586	2.753×10^{-14}
T3.1		-2.452	0.034	-71.651	2.720×10^{-14}
T3	T3.1	-0.173	0.034	-5.066	0.003

Nota: Valor p ajustado para comparar una familia de 6.

Letter-Based Grouping - Tratamientos ▼

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	b
T2	c
T2.1	d
T3	e
T3.1	f

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales

Medias Marginales - Tratamientos

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		Inferior	Superior	ET
T1	3.648	3.595	3.701	0.024
T1.1	4.470	4.417	4.523	0.024
T2	9.957	9.904	10.009	0.024
T2.1	10.365	10.312	10.418	0.024
T3	12.643	12.591	12.696	0.024
T3.1	12.817	12.764	12.869	0.024

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 51:
Análisis de Actividad Antimicrobiana



INFORME DE RESULTADOS IDR 42598-2024				Fecha: 18 de marzo del 2025	
DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	Lady Alvarez Samaniego				
Dirección	Universidad Agraria				
Teléfono				963443168	
Contacto	Alvarez Samaniego				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Extracto de corteza de Achotillo	Cantidad		Aprox. 500 mL	
No. de muestras	1 (n=1)	Lote		N/A	
Presentación	Frasco ámbar de vidrio	Fecha de recepción		21 de Febrero del 2025	
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra		N/A	
CONDICIONES DEL ANALISIS					
Temperatura (°C)	19.8	Humedad (%)		47.22	
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025				
Fecha de Finalización del análisis	18 de Marzo del 2025				
RESULTADOS					
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	Unidad
T1 (25°C)	UBA 42598-2	Actividad Antimicrobiana frente a (E.Coli ATCC 25922)	Dispersión en Agar (Kirby Bauer)	6.5	mm Halos de Inhibición
T1 (55°C)				7.1	
T2 (25°C)				7	
T2 (55°C)				8.1	
T3 (25°C)				8	
T3 (55°C)				7.9	
				14.2	
				14.3	
				14.2	
				14.8	
				14.7	
				14.9	
				17.7	
				17.6	
				17.6	
				18.1	
				18	
				17.9	

FOR ADM_04 R01

Página 1 de 2



Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 52:

Datos de actividad antimicrobiana de los diferentes tratamientos propuestos

Tratamientos	Halo de inhibición (mm)
T1	6.5
T1	7.1
T1	7
T1.1	8.1
T1.1	8
T1.1	7.9
T2	14.2
T2	14.3
T2	14.2
T2.1	14.8
T2.1	14.7
T2.1	14.9
T3	17.7
T3	17.6
T3	17.6
T3.1	18.1
T3.1	18
T3.1	17.9

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 53:***ANOVA actividad antimicrobiana***

ANOVA - Halo de inhibición (mm)					
Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Tratamientos	340.364	5	68.073	2917.410	4.518×10^{-18}
Residuals	0.280	12	0.023		

Nota: Suma de Cuadrados Tipo III

Contrastes Post-hoc**Estándar (LSD)**

Comparaciones Post-hoc - Tratamientos

		Diferencia de Medias	ET	t	p _{Tukey}
T1	T1.1	-1.133	0.125	-9.087	1.163×10^{-5}
T2	-7.367	0.125	-59.065	3.242×10^{-14}	
T2.1	-7.933	0.125	-63.808	2.820×10^{-14}	
T3	-10.767	0.125	-86.325	2.709×10^{-14}	
T3.1	-11.133	0.125	-89.265	2.709×10^{-14}	
T1.1	T2	-6.233	0.125	-49.978	1.068×10^{-13}
T2.1	-6.800	0.125	-54.521	4.885×10^{-14}	
T3	-9.633	0.125	-77.238	2.709×10^{-14}	
T3.1	-10.000	0.125	-80.178	2.709×10^{-14}	
T2	T2.1	-0.567	0.125	-4.543	0.007
T3	-3.400	0.125	-27.281	2.144×10^{-11}	
T2.1	T3.1	-3.767	0.125	-30.201	6.355×10^{-12}
T2.1	T3	-2.833	0.125	-22.717	3.741×10^{-10}
T3	T3.1	-3.200	0.125	-25.657	5.608×10^{-11}
T3	T3.1	-0.367	0.125	-2.940	0.100

Nota: Valor p ajustado para comparar una familia de 6

Letter-Based Grouping - Tratamientos

Tratamientos	Letter
T1	a
T1.1	b
T2	c
T2.1	d
T3	e
T3.1	e

Nota: If two or more means share the same grouping symbol, then we cannot show them to be different, but we also did not show them to be the same.

Medias Marginales

Medias Marginales - Tratamientos

Tratamientos	Media Marginal	IC del 95% para la Diferencia de Medias		
		inferior	Superior	ET
T1	6.867	6.675	7.059	0.088
T1.1	8.000	7.808	8.192	0.088
T2	14.233	14.041	14.425	0.088
T2.1	14.800	14.608	14.992	0.088
T3	17.633	17.441	17.825	0.088
T3.1	18.000	17.808	18.192	0.088

Elaborado por: La Autora, 2025

Anexo N° 54:
Análisis Actividad Antioxidante



INFORME DE RESULTADOS IDR 42598-2024						
Fecha: 18 de marzo del 2025						
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	Lady Alvarez Samaniego					
Dirección	Universidad Agraria					
Teléfono	0963443168					
Contacto	Alvarez Samaniego					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Extracto de corteza de Achotillo	Cantidad	Aprox. 500 mL			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Frasco ámbar de vidrio	Fecha de recepción	21 de Febrero del 2025			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	19.8	Humedad (%)	47.22			
Fecha de Inicio de Análisis	21 de Febrero del 2025					
Fecha de Finalización del análisis	18 de Marzo del 2025					
RESULTADOS						
CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO UBA	PARÁMETROS	MÉTODO			
T1 (25°C)	UBA 42598-1	Actividad Antioxidante	DPPH Method Espectrofotometría	62.02	$\mu\text{mol TE/g}$	-
T1 (55°C)				75.99		
T2 (25°C)				169.27		
T2 (55°C)				176.21		
T3 (25°C)				214.93		
T3 (55°C)				217.89		

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 2



Elaborado por: La Autora, 2025