UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

TESIS:

Caracterización fisicoquímica y compuestos terpénicos, fenólicos en extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género *Citrus*. Ayacucho 2025

Para optar el título profesional de:

BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Candy YALLICO CHOQUECAHUA

ASESOR:

Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI

AYACUCHO - PERÚ

2026

A Dios por la valentía y por ser guía en este proceso. A mis padres, hermanos y amigas, agradecida por su respaldo y por acompañarme en cada etapa de esta investigación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, casa superior de estudios, por brindarme la formación académica y personal durante estos años. A los docentes y personal administrativo, cuya dedicación y compromiso han sido esenciales en mi desarrollo como profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas y Escuela Profesional de Biología, por brindarme las herramientas necesarias para la formación académica y las experiencias de la vida universitaria.

Al Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi asesor de esta tesis, por su dedicación y guía constante, además de compartir sus conocimientos a lo largo de todo el proceso de esta investigación.

Al Dr. Jesús Javier Naccha Urbano por su disponibilidad y el apoyo brindado. Al Blgo. Tomás Yuret Miranda Tomasevich por su valioso tiempo, así como por las observaciones y sugerencias brindadas del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
ÍNDICE GENERAL iv
ÍNDICE DE TABLAS vi
ÍNDICE DE FIGURAS vii
ÍNDICE DE ANEXOS viii
RESUMEN x
I. INTRODUCCIÓN 11
II. MARCO TEÓRICO 13
2.1. Antecedentes 13
2.1.1. Antecedentes internacionales 13
2.1.2. Antecedentes nacionales 14
2.2. Marco conceptual 15
2.3. Bases teóricas 17
2.3.1. Género *Citrus* 17
2.3.2. Clasificacion taxonómica 18
2.3.3. Fenologia de los citricos 18
2.3.4. Valor nutricional 20
2.3.5. Especies del género *Citrus* 21
2.3.6. Alcoholes alifaticos 22
2.3.7. Compuestos bioactivos 23
2.3.8. Caractersisticas fisicoquímicas 27
2.3.9. Espectrofotometría 27
III. MATERIALES Y MÉTODOS 28
3.1. Descripción de la zona de estudio 28
3.1.1. Ubicación política 28
3.1.2. Ubicación geográfica 28
3.2. Población y muestra 28
3.2.1. Población 28
3.2.2. Muestras 28
3.3. Tipo de investigación 29
3.4. Diseño de investigación 29

3.5. Metodología 29
3.5.1. Procediminetos y técnicas empleadas en la investigación 29
3.6. Análisis de datos 33
IV. RESULTADOS 34
V. DISCUSIÓN 43
VI. CONCLUSIONES 50
VII. RECOMENDACIONES 51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52
ANEXO 61

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Clasificación de alcoholes.	17
Tabla 2.	Clasificación taxonómica del género *Citrus*	18
Tabla 3.	Composición nutricional de cuatro especies del género *Citrus* por 100g.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Estructura química de tres monoterpenos	24
Figura 2.	Estructura molecular de los compuestos fenólicos simples	24
Figura 3.	Contenido de terpenos en extractos de alcoholes alifáticos en cáscara de cuatro especies del género *Citrus*.	35
Figura 4.	Contenido de fenoles en extractos de alcoholes alifáticos en cáscara de cuatro especies del género *Citrus*.	36
Figura 5.	Firmeza de la pulpa de las cuatro especies del género *Citrus*	37
Figura 6	Densidad del zumo de las cuatro especies del género *Citrus*	38
Figura 7.	Acidez titulable en el zumo de las cuatro especies del género *Citrus*.	39
Figura 8.	Sólidos solubles totales del extracto de cáscara de las cuatro especies del género *Citrus*.	40
Figura 9.	pH del zumo de las cuatro especies del género *Citrus.*	41
Figura 10.	Características fisicoquímicas de las cuatro especies del género *Citrus.*	42

ÍNDICE DE ANEXOS

		Página
Anexo 1.	Contenido de terpenos (mg EL/100g) en cuatro especies del género *Citrus*. Ayacucho. 2026	62
Anexo 2.	Contenido de fenoles (mg EAG/100g) en cuatro especies del género *Citrus.* Ayacucho. 2026	62
Anexo 3.	Caracterización fisicoquímica de cuatro especies del género *Citrus*.	62
Anexo 4.	Curva de calibración de terpenos.	63
Anexo 5.	Curva de calibración de fenoles.	64
Anexo 6.	Flujograma para la obtención de cáscara molida de cuatro especies del género *Citrus*.	65
Anexo 7.	Flujograma para la determinación de terpenos en las muestras de las cuatro especies del género *Citrus* según metodología adaptada.	66
Anexo 8.	Flujograma para la determinación de fenoles en las muestras de las cuatro especies del género *Citrus* según metodología adaptada.	67
Anexo 9.	Recolección de cuatro especies del género *Citrus.* Ayacucho 2026.	68
Anexo 10.	Procesamiento de obtención de cáscara seca y trozada.	69
Anexo 11.	Procesamiento de la filtración del extracto de cáscara de cuatro especies del género *Citrus.*	70
Anexo 12.	Preparación de diferentes concentraciones de limoneno para determinar la curva de calibración.	73
Anexo 13.	Preparación de soluciones patrón de ácido gálico a diferentes concentraciones para determinar la curva de calibración.	74
Anexo 14.	Determinación de la firmeza de las cuatro especies del género *Citrus*.	75
Anexo 15.	Determinación de la densidad de las cuatro especies del género *Citrus*.	77
Anexo 16.	Determinación del pH de las cuatro especies del género *Citrus.*	79

Anexo 17. Determinación de la acidez titulable de cuatro especies del género *Citrus.* 80
Anexo 18. Constancia de identificación de las cuatro especies del género *Citrus*. 81
Anexo 19. Matriz de consistencia 82

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con la finalidad de evaluar las características fisicoquímicas y el contenido de compuestos terpénicos y fenólicos en alcoholes alifáticos de cáscara en cuatro especies del género *Citrus*. El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, situado en la región de Ayacucho. El tipo de investigación fue descriptiva - no experimental donde *Citrus aurantium.* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata* y *Citrus limetta* fueron la unidad de análisis. El extracto etanólico y metanólico de cáscaras se obtuvo mediante el método de maceración. La determinación de las características fisicoquímicas por metodología instrumental, los compuestos terpénicos por el método de Liebermann-Burchard con estándar de limoneno, los fenoles por el método Folin-Ciocalteu con estándar ácido gálico. Los resultados mostraron las características fisicoquímicas de la firmeza a partir de la pulpa con valores comprendidos entre de 0.4 kg/cm^2 a 6.7 kg/cm^2, la densidad entre 1.0210 g/mL a 1.0365 g/mL , acidez titulable entre 0.36 % a 5.35 %, sólidos solubles totales entre 9.497 a 12.568 °Brix y pH entre 2.18 a 4.42 , la mayor concentración de terpenos se presentó en la especie *Citrus reticulata* “mandarina” (0.8932 mgEL/100g) en medio metanol y la menor concentración se presenta en la especie *Citrus limetta* “lima” (0.1928 mg EL/100g). La mayor concentración de fenoles se presentó en la especie *Citrus reticulata* “mandarina” en medio etanol (0.326 mgEAG/100g) y la menor concentración de fenoles se presentó en la especie *Citrus aurantium* L. (0.062 mg EAG/100g) respectivamente.

Palabras clave: Cítricos, terpenos, fenoles, firmeza, densidad, °Brix, acidez, pH.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Citrus* se caracteriza por el almacenamiento de glicósidos de flavononas, componentes que están ausentes en la mayoría de los frutos. Aparte de azúcares simples como fructosa, glucosa y sacarosa, los cítricos aportan polisacáridos no amiláceos que actúan como fibra dietética, muy beneficiosa para la salud. Por otro lado, los residuos generados durante su procesamiento tales como la cáscara, semillas y membranas, representan una valiosa fuente de materia prima para la obtención de harinas cítricas, pectina, aceites esenciales, pigmentos y otros derivados. Estos frutos también son fuente de componentes bioactivos, tales como la fibra y los polifenoles, especialmente los flavonoides, que se asocian con diversos efectos beneficiosos para la salud (Alarcón et al., 2022).

Entre los metabolitos secundarios presentes en los cítricos, los terpenos son el grupo químico más abundante, los cuales se concentran en las glándulas de aceites esenciales distribuidas en la mayoría de sus órganos, excepto en las raíces. En el flavedo se encuentran principalmente los monoterpenos, siendo el limoneno el componente predominante. Además, diversos estudios han identificado cientos de compuestos orgánicos en los frutos, cuya relación determina sus propiedades aromáticas y de sabor. Según su vía de origen metabólico, estos compuestos se agrupan en cuatro categorías principales: terpenos, compuestos fenólicos, derivados de los ácidos grasos y compuestos nitrogenados (Peris, 2020).

El presente estudio busca determinar las características fisicoquímicas de frutos y la concentración de los compuestos terpénicos y fenólicos de extractos obtenidos con alcoholes alifáticos a partir de la cáscara de *Citrus aurantium* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta,* mediante distintas metodologías de análisis. Con esta investigación se busca generar conocimiento sobre el potencial de aprovechamiento de los residuos cítricos, por la presencia de compuestos bioactivos con efectos beneficiosos para la salud. Los hallazgos de esta investigación podrían tener aplicaciones tanto en el campo de la nutrición como en el desarrollo agrícola y agroalimentario de la región de Ayacucho. Con base en este propósito, se formularon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar las características fisicoquímicas y la concentración de compuestos terpénicos y fenólicos presentes en extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género *Citrus*.

Objetivos específicos

1. Determinar el contenido de compuestos terpénicos de extracto etanólico y metanólico en cáscaras de *Citrus aurantium.* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata* y *Citrus limetta.*
2. Determinar el contenido de compuestos fenólicos de extracto etanólico y metanólico en cáscaras de *Citrus aurantium.* L, *Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata* y *Citrus limetta*.
3. Determinar la firmeza de la pulpa de *Citrus aurantium.* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata* y *Citrus limetta*.
4. Determinar la densidad del zumo de *Citrus aurantium*. L, *Citrus Limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata* y *Citrus limetta*.
5. Determinar la acidez titulable en el zumo de *Citrus aurantium.* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata* y *Citrus limetta*.
6. Determinar el contenido de sólidos solubles totales del zumo de *Citrus aurantium.* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata* y *Citrus limetta*.
7. Determinar el pH del zumo de *Citrus aurantium.* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata* y *Citrus limetta*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Mite et al., (2023) realizaron un estudio descriptivo basado en la revisión de diversas fuentes bibliográficas para analizar la composición química de los aceites esenciales cítricos. Los autores señalaron que la composición está relacionada por múltiples factores, entre ellos las diferencias genéticas entre especies y variedades, el contenido de aceites esenciales está relacionada con las características del suelo, las prácticas agronómicas, el grado de madurez de los frutos y los factores climáticos, los cuales afectan el rendimiento y las variaciones cuantitativas de estos compuestos que podrían afectar su actividad biológica. Asimismo, indicaron que todas las partes de la planta contienen aceites esenciales; en las hojas maduras predominan alcaloides, taninos y monoterpenos, mientras que el flavedo o cáscara externa del fruto presenta principalmente α-pineno, β-pineno, mirceno, limoneno y linanol, entre otros compuestos. Finalmente, reportaron que el extracto de mandarina registro la mayor concentración de aceites esenciales en comparación con los extractos de naranja y toronja que mostraron una mayor actividad antioxidante, atribuida a su elevada concentración de compuestos polifenólicos.

Ruiz et al., (2024) realizó una investigación sobre la obtención de harina cítrica de naranja dulce (*Citrus sinensis)*, toronja (*Citrus paradisi)*, limón (*Citrus limon)* y naranja agria (*Citrus aurantium)*, especies de mayor relevancia por que tanto la cáscara como la pulpa constituyen una fuente importante de metabolitos secundarios, entre los que predominan los compuestos fenólicos. Para ello los residuos fueron secados para la obtención de harina cítrica, en la que se evaluaron el contenido de polifenoles totales, flavonoides totales y la capacidad antioxidante. El estudio considero elementos a evaluar como la clase del solvente los cuales fueron agua y etanol al 50 %, el método de secado, y las especies de cítricos dentro de los cuales fueron la toronja, la naranja dulce y el limón. Los resultados evidenciaron que la harina cítrica obtenida de la toronja presento la mayor concentración de polifenoles totales (181,65 ± 15 mg EAG/100 g), flavonoides totales (113,62 ± 3 mg EqC/100 g) una capacidad antioxidante de 89,07 ± 1 % de inhibición. Por su parte el limón registró 126,62 ± 9 mg EAG/100 g de polifenoles totales, una capacidad antioxidante de 85,93 ± 2 %, inhibición y 99,76 ± 17 mg EqC/100g de flavonoides totales. Asimismo, los autores determinaron que la

mayor extracción de polifenoles totales se consiguió empleando etanol y el método de liofilización, en cambio la extracción de flavonoides totales fue más eficiente con solvente etanol, secado en horno y con el uso de bandejas.

Además, el empleo de agua junto con cualquier método de secado favoreció la capacidad antioxidante de las harinas cítricas. En conclusión, los autores señalaron que el alto contenido de antioxidantes naturales presente en las cáscaras de estos cítricos evidencia fuente importante de aprovechamiento en la producción de alimentos funcionales y aplicaciones en la industria farmacéutica.

Pérez et al., (2013) desarrollaron una investigación con el objetivo de extraer y cuantificar los compuestos fenólicos, presentes en la cáscara de lima, además de evaluar su actividad antioxidante. Para ello, analizaron el efecto el sistema de extracción de compuestos fenólicos y flavonoides considerando como variables la clase del solvente, los cuales fueron el metanol, acetona y hexano; el tamaño de las partículas de la muestra, utilizando tamices N.º 20 (T1) y N.º 50 (T2). La actividad antioxidante se determinó mediante las metodologías $ABTS_{+}$ y DPPH, con el fin de comparar la eficiencia entre ellos. Los resultados evidenciaron que la mayor eficiencia para obtener compuestos fenólicos y flavonoides se alcanzó empleando metanol como solvente y partículas con un tamaño de 300 µm. Asimismo, mediante la metodología de $ABTS_{+}$, se obtuvo el mayor porcentaje de actividad antioxidante (91,69 %) en los extractos preparados con metanol y acetona, donde no se observaron diferencias significativas entre los tamaños de partículas evaluados. Finalmente, la cáscara de lima presento un contenido de 8,79 mg EAG/g de materia seca de compuestos fenólicos y 14,325 mg quercetina/g de materia seca de flavonoides.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Gómez et al., (2018) mencionaron la relevancia de los cítricos como una importante fuente de vitamina C y desarrollaron un estudio con el objetivo de cuantificar el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante que presentan las cáscaras y hojas de 12 variedades de cítricos. La obtención de las muestras se realizó en diferentes localidades de la provincia de Leoncio Prado, ubicada en la región de Huánuco. Se cuantificó el contenido de compuestos polifenólicos y se evaluó la actividad antioxidante mediante los ensayos DPPH y ABTS+. Los resultados evidenciaron que las concentraciones más altas de polifenoles en las cáscaras correspondieron a variedades de Mandarina común y Toronja con valores de 3,22 ± 0,05 y 3,08 ± 0,03 mg AGE/100 g de muestra. En

las hojas, los contenidos más elevados se registraron en variedades de mandarina común y mandarina Cleopatra, alcanzando 2,86 ± 0,04 y 2,92 ± 0,04 mg AGE/100 g muestra. Respecto a la actividad antioxidante, la cáscara de la mandarina común, la mandarina Cleopatra y la variedad Rio Oro presentaron la mayor capacidad de neutralización del radical DPPH, mientras que frente al radical ABTS+ destacaron el limón Tahití, la mandarina Cleopatra, la naranja valencia, el tangelo y la toronja. En las hojas las variedades con mayor capacidad antioxidante fueron el tangelo y la mandarina Cleopatra.

Miranda., (2023) realizó una investigación con el objetivo de evaluar la estabilidad térmica, el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante del aceite esencial de cáscara de naranja obtenido mediante encapsulación por liofilización. Como materia prima se emplearon cáscaras de naranja en distintas etapas de madurez: verde, pintón y maduro, observándose que la muestra en estado de madurez verde presentó los mayores niveles de compuestos fenólicos y acidez. Posteriormente, el aceite esencial extraído fue encapsulado en doce tratamientos (T1–T12), alcanzando rendimientos comprendidos entre 64,20 % y 71,66 %. Los resultados evidenciaron que los tratamientos T10, T11 y T12, en los que se empleó la biomasa de la cáscara como material de pared, registraron las concentraciones más elevadas de polifenoles totales (17,64 a 23,05 mg EAG/g), así como una mayor capacidad antioxidante determinada mediante los ensayos DPPH (46,24 a 185,39 mg µMol ET/g) y ABTS (7,73 a 29,50 mg µMol ET/g). No obstante, la evaluación sensorial mostró que estos tratamientos obtuvieron una menor aceptación por parte de los evaluadores debido a la presencia de un mayor amargor.

2.2. Marco conceptual

- **Cítricos**

De acuerdo con Ancillo y Medina (2014), en 1737 Linneo reunió todas las especies de cítricos conocidas hasta ese momento dentro del género *Citrus*. La denominación *Citrus* proviene del latín y deriva del vocablo griego kedros, utilizado anteriormente para referirse a árboles como el cedro, el pino y el ciprés. Este nombre fue asignado al cidro debido a que el olor de sus hojas y sus frutos guardan similitud con el del cedro, característica atribuida a la presencia de aceites esenciales almacenados en glándulas oleíferas localizadas debajo de la cáscara, un rasgo distintivo de las especies cítricas. El fruto de los cítricos es un tipo de baya modificada conocido como hesperidio, cuya estructura está dividida en varios

segmentos separados por membranas, generalmente se caracteriza por tener aproximadamente diez carpelares carnosas o gajos, distribuidos alrededor de un eje central donde se encuentran las semillas en disposición radial. Asimismo, las características morfológicas del fruto, tales como el tamaño, la coloración y la forma, dependen de cada especie y variedad, pueden presentar formas esféricas, ovaladas o piriformes.

- **Componentes bioactivos**

Arroyo et al. (2018), los componentes bioactivos son un conjunto de compuestos orgánicos, entre los principales se encuentran los ácidos orgánicos, tales como el cítrico, málico, succínico, tartárico y tánico; además de los compuestos fenólicos representados por polifenoles y flavonoides; también compuestos naturales responsables de la coloración como la clorofila y los carotenos, así como diversos compuestos aromáticos.

- **Terpenos**

Pérez (2014), menciona que los terpenos son un grupo de metabolitos secundarios constituidos por unidades de cinco átomos de carbono, conocidos como unidades de isopreno. Se caracterizan por ser compuestos volátiles que pueden presentar bajo o alto peso molecular y por formar estructuras poliméricas con sistemas acíclicos, monocíclicos, bicíclicos, tricíclicos y tetracíclicos. Además, pueden ser compuestos con estructuras heterocíclicos que presentan naturaleza neutra y con solubilidad variable. Se encuentran tanto en estado libre o formas de compuestos glicósidos como las saponinas.

- **Fenoles**

Wong et al (2020), los fenoles son compuestos orgánicos originados a partir del metabolismo secundario de las plantas y se distinguen por su actividad antioxidante, la cual contribuye con la prevención del daño oxidativo celular provocado por las especies reactivas de oxígeno (EROS). Este efecto favorece a la disminución de riesgo de desarrollar enfermedades crónicas, como el cáncer, la diabetes, las patologías neurodegenerativas y las alteraciones cardiovasculares. En los cítricos, los compuestos fenólicos se distinguen por la presencia de uno o varios grupos hidroxilo (–OH) enlazados al anillo aromático de seis átomos de carbono, y pueden encontrarse tanto en forma libres o como en estructuras glicosídicas.

- **Alcoholes alifáticos**

Palermo (2004), menciona que los alcoholes alifáticos son un grupo de compuestos químicos formado por cadenas carbonadas abiertas, que contienen un grupo hidroxilo (OH), se clasifican en alcoholes monohídroxílicos, entre los alcoholes alifáticos de menor peso molecular se encuentran los siguientes:

Tabla 1. *Clasificación de alcoholes*

Metanol	H_3C-OH
Etanol	H_3C-CH_2-OH
Propanol	H_3C-CH_2-CH_2-OH

- **Características fisicoquímicas**

Pantaleón, (2024), las características fisicoquímicas son muy importantes para determinar la condición de los frutos, el grado de madurez, la acidez, pH, firmeza, concentración del azúcar, el color, sabor, importantes para prevenir y evitar el desarrollo de microorganismos que se desarrollan durante cambios físicos y químicos.

- **Espectrofotometría**

Fajardo, (2018), la espectrofotometría es un método de análisis utilizado para determinar la cantidad de luz que una muestra absorbe a una concentración específica mediante el uso de un espectrofotómetro. Su fundamento matemático se basa en la Ley de Beer-Lambert, la cual explica el comportamiento de un haz de radiación monocromática al atravesar un medio absorbente, ya sea sólido, líquido o gaseoso. Cuando la radiación incide perpendicularmente sobre el material y atraviesa una determinada distancia que contiene partículas absorbentes, la intensidad inicial del haz disminuye como consecuencia de la absorción de energía por dichas partículas.

Bases teóricas

2.2.1. Género *Citrus*

El género *Citrus* comprende diversas especies de importancia económica y alimentaria, entre las que se incluyen el cidro, el pomelo, las limas, las mandarinas, el naranjo dulce y el naranjo amargo. El cidro (*Citrus medica*) se caracteriza por presentar un fruto con una corteza gruesa, rugosa y de tonalidades que varían entre el amarillo y el verde. En la actualidad, su principal aprovechamiento se

centra en el uso de la corteza para la elaboración de confituras y bebidas alcohólicas (Ibañez, 2015).

Desde el punto de vista morfológico, los frutos del género *Citrus* están conformados por varias estructuras diferenciadas. La capa más externa corresponde al epicarpio o flavedo, donde se localizan las glándulas que almacenan los aceites esenciales responsables del aroma característico de estos frutos. Debajo de esta se encuentra el mesocarpio o albedo, una capa blanca, esponjosa y de consistencia suave que separa el flavedo del tejido interno. Finalmente, el endocarpio constituye la porción comestible del fruto y está integrado por numerosas vesículas o sacos de jugo que contienen agua, azúcares y ácidos orgánicos. (Ancillo & Medina, 2014).

2.2.2. Clasificación taxonómica

Tabla 2.

Clasificación taxonómica del género Citrus por Cronquist. A. (1981):

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Cariophyllidae
Orden	Sapindales
Familia	Rutaceae
Género	Citrus
Especies	*Citrus aurantium* L. “naranja”
	Citrus limon (L.) *Osbeck.* “limón”
	Citrus reticulata “mandarina”
	Citrus limetta “lima”

Las especies fueron identificadas previamente por la Blga. Laura Aucasime Medina (2025), especialista en botánica.

2.2.3. Fenología del género *Citrus*

La fenología de los cítricos es el conjunto de procesos de crecimiento y desarrollo que ocurren de manera cíclica durante la vida del árbol, incluyendo la brotación, floración, cuajado, desarrollo del fruto, maduración y cosecha. Debido a que los cítricos son especies perennes y siempre verdes, presentan simultáneamente hojas, brotes y frutos en diferentes estados de desarrollo, lo que la diferencia de los frutales caducifolios. La ocurrencia y duración de cada fase fenológica dependen de la interacción entre la genética del cultivar y factores

medioambientales, así como la temperatura, la accesibilidad del agua y el estado nutricional de la planta (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996).

La primera etapa del ciclo corresponde a la iniciación floral, proceso en que las yemas vegetativas obtienen el potencial de formar flores. En los cítricos, este proceso suele ser estimulado por periodos de bajas temperaturas en regiones subtropicales o por condiciones de estrés hídrico moderado en zonas tropicales. Una vez inducidas, las yemas experimentan la diferenciación floral, originando estructuras reproductivas que posteriormente darán lugar a la floración cuando las condiciones ambientales sean favorables (Nishikawa, 2013).

Posteriormente ocurre la brotación vegetativa y reproductiva, caracterizada por la emisión de nuevos brotes, hojas y botones florales. La floración representa una de las etapas más relevantes del ciclo fenológico, ya que determina el potencial productivo del cultivo. Dependiendo de la especie y del cultivar, las flores pueden presentarse de forma solitaria o agrupadas en inflorescencias, acompañadas o no por hojas. Los cítricos se caracterizan por desarrollar una gran cantidad de flores; sin embargo, solo una pequeña proporción logra convertirse en frutos debido a la intensa caída fisiológica de flores y frutos recién cuajados (Davenport, 1990).

Después de la fecundación se inicia el cuajado del fruto, seguido por un periodo de crecimiento que comprende tres etapas fisiológicas bien definidas. La primera corresponde a una intensa división celular; la segunda se caracteriza por la expansión celular y el rápido incremento del tamaño del fruto; finalmente, durante la tercera etapa ocurre la maduración, en la que disminuye la acidez, aumenta el contenido de azúcares solubles, cambia la coloración de la cáscara por pérdida de clorofila y producción de carotenoides. (Agustí et al., 2022).

La fase de madurez fisiológica y comercial es la etapa final del ciclo productivo del fruto y determina el momento óptimo para la cosecha. Una vez recolectados los frutos, el árbol reinicia un nuevo ciclo de crecimiento vegetativo y diferenciación floral. En especies como *Citrus limon* “limón” pueden presentarse varias floraciones a lo largo del año, mientras que en *Citrus sinensis* “naranja dulce” y *Citrus reticulata* “mandarina” generalmente existe una floración principal anual. Asimismo, la presencia de frutos en desarrollo puede inhibir la inducción floral de nuevas yemas, el cual influye directamente en el rendimiento de las campañas posteriores (Agustí et al., 2022; Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996).

2.2.4. Valor nutricional

Los frutos del género *Citrus* contienen principalmente carbohidratos de estructura simple tal como la fructosa, glucosa y sacarosa. Además, poseen polisacáridos no amiláceos (PNA), considerados como fibra dietética. Entre estos, la pectina constituye el tipo de fibra predominante en la naranja, representado aproximadamente entre el 65 al 70% del contenido de fibra total. El resto del porcentaje está constituido por celulosa, hemicelulosa y pequeñas cantidades de lignina. Asimismo, diferentes investigaciones han demostrado que las cáscaras de los cítricos constituyen una importante fuente de antioxidantes naturales, lo que ha impulsado su aprovechamiento en la industria alimentaria. Por otra parte, las especies de cítricos se distinguen por su alta concentración de glicósidos de flavonona, compuestos bioactivos cuya presencia es limitada en otras frutas. De igual manera, la vitamina C y los carotenoides presentes en estos frutos desempeñan un papel relevante en la protección frente a enfermedades degenerativas, entre ellas el cáncer, las patologías cardiovasculares y afecciones oculares como las cataratas, debido a la capacidad para neutralizar el daño ocasionado por los procesos oxidativos (Rincón et al., 2005).

Tabla 3.
Composición nutricional de cuatro especies del género Citrus por 100g.

	Naranja	Mandarina	Limón	Lima
Energía (Kcal)	42	43	6	13
Proteínas (g)	0.8	0.8	0.3	0.6
Hidratos de carbono (g)	8.6	9	1.3	5.9
Fibra(g)	2	1.9	0	2.8
Calcio (mg)	36	36	12	31
Hierro (mg)	0.3	0.3	0.1	0.2
Magnesio (mg)	12	11	7	
Zinc (mg)	0.18	0.4	Tr	0.11
Sodio (mg)	3	2	2	-
Potasio (mg)	200	160	140	-
Fósforo (mg)	28	17.2	14	9
Tiamina (mg)	0.1	0.07	0.04	0.03
Riboflavina (mg)	0.03	0.02	0.01	0.04
Vitamina B6	0.06	0.07	0.11	-
Vitamina C (mg)	50	35	50	36

Fuente: Tabla de composición de alimentos (Moreira et al., 2010).

2.2.5. Especies del género *Citrus*

- ***Citrus aurantium*** "**Naranja**"

Es una especie rica en nutrientes y fitoquímicos que presentan diferentes beneficios para la salud, es un árbol de hoja perenne que puede alcanzar hasta cinco metros de altura, presenta flores fragantes, se menciona que son originarias de África y Siria posteriormente fueron cultivadas en Estados Unidos, España e Italia (Maksoud et al., 2021).

- ***Citrus reticulata "*Mandarina"**

Esta especie presenta resistencia frente a diversas plagas y patologías, entre las que destacan la roya blanca, las manchas foliares y la pudrición radicular. Así mismo, tiene la capacidad de adaptarse a climas de entre los 2500 y 3000 m s.n.m. se caracteriza por presentar inflorescencia amarilla clara, con granos de color blanco y semillas con textura arenosa (Altamirano, 2020).

- ***Citrus limon* "limón"**

Esta planta es un árbol frutal de hoja perenne, se caracteriza por su elevado contenido de compuestos nutritivos que aportan beneficios para la salud y pueden contener compuestos, entro ellos la vitamina C o el potasio. Se considera que su cultivo fue introducido en China en tiempos de la dinastía Sung (760 - 1297 d.C.) posteriormente los árabes lo introdujeron en la cuenca mediterránea entre los años 1000 y el 1200 d.C. (Acosta et al., 2020).

- ***Citrus limetta* "lima"**

Citrus limetta "lima" es una especie originaria de Asia, que se desarrolla en regiones de climas cálidos, semicálidos y templados, generalmente entre 200 y 2000 m s.n.m, el árbol es pequeño, tiene espinas muy puntiagudas, con hojas levemente onduladas y el soporte que las une con el tallo es ligeramente alado. Las flores son de color blanquecino con numerosos estambres, el fruto alcanza aproximadamente 6 cm de longitud, presenta una coloración verde amarillenta, con una protuberancia en la punta, con pulpa abundante que suele consumirse en fresco, también posee minerales como Ca, P, K y Fe, así como vitaminas entre ellas riboflavina, tiamina, niacina y ácido ascórbico, destacando su bajo aporte calórico (Vargas et al., 2018).

- ***Citrus paradisi* "toronjo"**

Es originaria de las Antillas, surgió como resultado de una mutación de *C. grandis*, es árbol con abundante ramificación, con brotes tiernos y espinosos. Sus hojas poseen peciolos alados y láminas de forma ovadas con superficie lisa. Las flores son de color blanco o crema, conformada por cinco pétalos. El fruto es de gran tamaño con forma esférica aplanada, se caracteriza por presentar cáscara gruesa suave con tonalidades amarillas o rojizas (Martínez, 1999).

- ***Citrus reticulata Blanco x Citrus paradisi McFadyen* "Tangelo"**

Los tangelos corresponden a un híbrido resultado del cruzamiento de una tangerina y un pomelo es decir provienen de híbridos intragenéricos de (*Citrus reticulata Blanco x Citrus paradisi McFadyen).* En condiciones tropicales, los cítricos cuando maduran no desarrollan su color característico, debido a las altas temperaturas nocturnas, las cuales no son lo suficientemente bajas para inducir la degradación del pigmento verde (clorofila) y la formación de los pigmentos amarillos (carotenoides) y rojos (antocianinas), siendo dicha coloración un factor externo deseable en el fruto (Manzano, 2004).

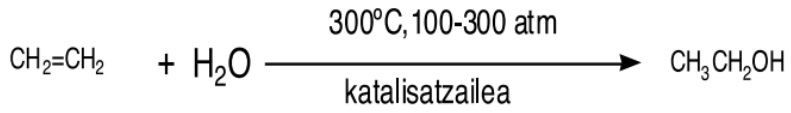
2.2.6. Alcohol alifático

Los alcoholes alifáticos son compuestos químicos de cadena abierta, monohídroxílicos. Esta clasificación depende del tipo de carbono unido al grupo hidroxilo y estos pueden ser primarios, secundarios o terciarios (Palermo, 2004).

2.3.6.1. Alcoholes alifáticos de cadena corta

- **Etanol**

El etanol, también denominado alcohol etílico, es un líquido transparente, incoloro, altamente móvil e inflamable, con un olor característico, y una elevada solubilidad en agua. Presenta un punto de ebullición de aproximadamente 78 ºC. en el campo industrial, viene a ser materia prima importante para la producción de compuestos como acetaldehido, ácido acético (vinagre), butadieno, cloruro de etilo y nitrocelulosa. Asimismo, es ampliamente empleado como disolvente en fabricación y síntesis de productos farmacéuticos, plásticos, lacas, perfumes y cosméticos. Industrialmente, este alcohol puede obtenerse mediante la hidratación catalítica del etileno, proceso en el cual este hidrocarburo reacciona con agua en presencia de un catalizador. (Velazco, 2014).



- **Metanol**

El metanol es un alcohol primario que presenta un solo carbono en la estructura. Es un líquido incoloro a temperatura ambiente, volátil e inflamable, está conformado por carbono, hidrogeno y oxígeno, presenta la fórmula estructural CH_3OH, es producto del metabolismo anaeróbico de ciertos grupos de bacterias y de la reducción abiótica del monóxido de carbono con hidrógeno. El grupo hidroxilo (OH) le provee al etanol un carácter polar que le permite formar puentes de hidrógeno, favoreciendo su solubilidad en agua, alcoholes y diversos disolventes orgánicos (Kobayashi., 2014).

- **Isopropanol**

El alcohol isopropílico también llamado alcosolvente, dimetilcarbinol, petrohol, isohol, propan-2-ol. Es un líquido transparente, incoloro, inflamable, higroscópico y completamente miscible en agua. Se emplea ampliamente como solvente, desinfectante y como insumo primario en la fabricación de compuestos químicos, cosméticos, agentes de limpieza y otros productos industriales (Palermo, 2004).

2.2.7. Compuestos bioactivos

También conocidos como metabolitos secundarios, son moléculas producida por el metabolismo vegetal, con actividad farmacológica y potencial uso terapéutico. En los aceites esenciales, estos compuestos comprenden una mezcla de alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, éteres y terpenos, obtenidas principalmente por destilación con vapor o por expresión del material vegetal. (Lluís, 1995).

2.3.7.1. Terpenos

Los terpenos son hidrocarburos insaturados de naturaleza cíclica, constituidos por unidades de isopreno. Son compuestos orgánicos sintetizados por las plantas, y se clasifican según el número de átomos de carbono en su estructura, presentando entre ellos a los monoterpenos (10 de carbono), sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos, tetraterpenos y politerpenos que presentan quince, veinte, treinta, cuarenta y n átomos de carbono (Hernández, 2018).

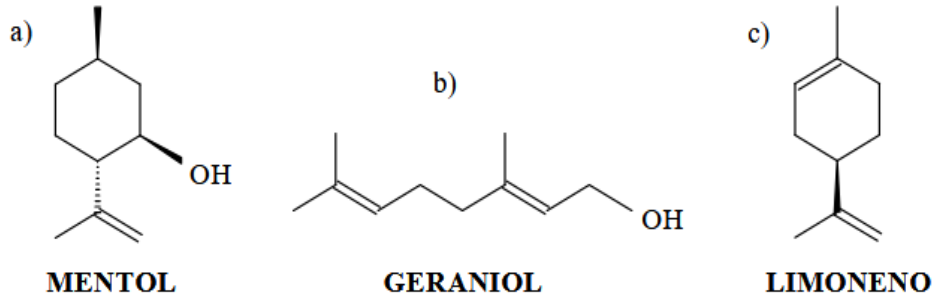


Figura 1.

Estructura química de tres monoterpenos (Contreras., 2017).

2.3.7.2. Fenoles

Los compuestos fenólicos comprenden los metabolitos secundarios más abundantes del reino vegetal y se distribuyen ampliamente en las plantas. Hasta la fecha se han identificado más de 8000 compuestos fenólicos, presentes en frutas, verduras y hojas, por lo que representan un componente importante de la dieta humana. Son responsables de los sabores amargos y astringentes de muchos alimentos y tienen diversas actividades biológicas, entre ellas propiedades antibacterianas, y antiinflamatorias, además de contribuir a la protección de patologías como el cáncer, la diabetes, la hipertensión, asma, envejecimiento y patologías cardiovasculares. En las plantas, los fenoles participan en mecanismos de protección frente a la radiación ultravioleta (UV), el ataque de bacterias, hongos y virus, así como frente a daños físicos, químicos y mecánicos. Asimismo, actúan como antibióticos y pesticidas naturales, favorecen la atracción de polinizadores y participan en la formación de estructuras que impermeabilizan y fortalecen la pared celular, proporcionando estabilidad y protección al organismo vegetal (Nanobio., 2016).

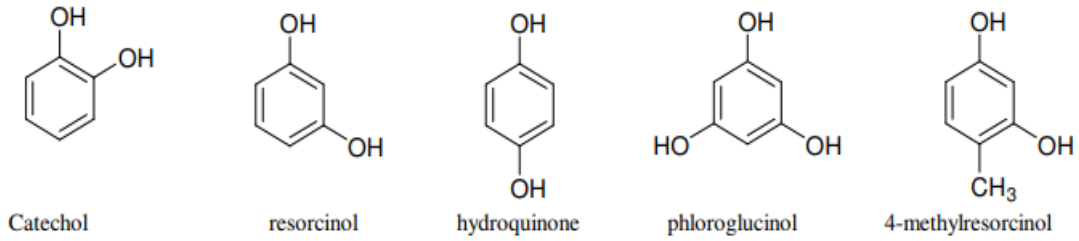


Figura 2.

Estructura molecular de los compuestos fenólicos simples (Peñarrieta et al, .2014).

2.3.7.3. Importancia de los fenoles

Los fenoles son importantes por su capacidad antioxidante, que son compuestos que retrasan, inhiben o previenen la oxidación de moléculas esenciales para el

adecuado funcionamiento bioquímico del organismo, evitando así su deterioro. Gracias a esta propiedad protectora, contribuyen a disminuir el riesgo de diversas enfermedades. Las plantas y alimentos de origen vegetal constituyen la principal fuente natural de antioxidantes, los cuales, además de aportar valor nutricional, desempeñan un papel importante en la prevención y el control de patologías como la diabetes, la arterioesclerosis, el cáncer, y las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Fajardo 2018).

2.3.8. Características fisicoquímicas

Las características químicas están relacionadas estrechamente con las características físicas ya que unas dependen de las otras.

a. Firmeza

La firmeza viene a ser la fuerza requerida para provocar la ruptura o deformación de los tejidos carnosos de un material y constituyen un parámetro estrechamente relacionado con el grado de madurez de los frutos, por lo que se utiliza como un indicador confiable del estado de madurez. Esta característica es afectada por diversos factores, como el tiempo o momento de la cosecha, la temperatura y condiciones de almacenamiento, además de presentar relación con el color externo del fruto. Desde el punto de vista mecánico, la firmeza representa la resistencia de un material a la deformación o penetración; en los materiales biológicos, debido a su comportamiento viscoelástico, se emplean coeficientes de elasticidad específicos para describir su respuesta frente a la aplicación de la fuerza. Su determinación se realiza mediante penetrómetro, instrumento que mide la fuerza necesaria para provocar la penetración, compresión, deformación o extrusión de un alimento. Durante el análisis una sonda ejerce una fuerza controlada sobre la muestra a una profundidad constante, mientras el equipo registra la resistencia que ofrece el material frente a dicha deformación (Ospina et al., 2007).

b. Densidad

La densidad es una propiedad física que viene a ser la relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. Al tratarse de una característica física es independiente de la cantidad de masa presente, debido a que la relación entre la masa y el volumen se mantiene constante para una sustancia determinada. En general cuando la temperatura aumenta, la densidad tiende a disminuir debido a

la expansión del volumen. Según el Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad establecida para expresar la densidad es en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3); no obstante, en los análisis químicos y de laboratorio es más común utilizar gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) o su equivalente, gramos por mililitro (g/mL), especialmente para describir la densidad de sólidos y líquidos (Chang., 2017).

c. Acidez titulable

El análisis de la acidez en frutos presenta gran relevancia porque proporcionan datos importantes de las características organolépticas. Dicho parámetro influye directamente en la calidad del producto, al reflejar de manera objetiva la frescura y el grado de acidez que percibe el consumidor. Además, la acidez mantiene una estrecha relación con el proceso de maduración, por lo que su evaluación permite establecer el momento adecuado para la cosecha y garantiza la mejor calidad del fruto (Jumbo et al., 2024). La acidez titulable es un parámetro químico que permite conocer la cantidad de ácidos presentes en una muestra o la capacidad que tiene una solución para ser neutralizada. El proceso comprende la titulación en el que intervienen tres componentes esenciales: el titulante, el analito y un indicador. El titulante generalmente es una solución básica de concentración conocida, el analito es la sustancia que contiene el ácido de interés y el indicador que cambia de color cuando se alcanza el punto de neutralización, lo que permite observar la reacción y calcular con precisión la concentración de acidez.

d. Sólidos solubles totales

Es la sumatoria de todos los azúcares presentes disueltos en una solución. La medida de los sólidos solubles totales indica el contenido de azúcares del fruto, la cantidad de azúcar en las frutas es esencial tanto en consumo en fresco el cual mejora su sabor como para la elaboración de diversos productos (Pantaleón et al., 2024). Los sólidos solubles totales (SST) se refieren al contenido de sustancias disueltas en el jugo de la fruta, incluyendo principalmente azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa, además de ácidos orgánicos y minerales, se utilizan comúnmente como un indicador del contenido de azúcar y del dulzor del fruto (Magwaza & Opara, 2015).

e. pH

El pH es un parámetro que indica el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o solución, en función de la cantidad de iones de hidrogeno (H^+) presentes. Su

valor se expresa en una escala de 0 a 14, donde un pH de 7 corresponde a una condición neutra; los valores inferiores a 7 indican un medio ácido y los superiores a 7, un medio alcalino (Chang., 2017). En los alimentos, el pH es un indicador de gran importancia, ya que, junto a factores como la composición, la temperatura y el contenido de agua, influye directamente en su estabilidad y vida útil. Su control permite disminuir el crecimiento de microorganismos que puede alterar la calidad, el sabor y la conservación de los productos alimenticios (Pochteca 2024).

2.3.9. Espectrofotometría

Es una técnica colorimétrica y analítica, empleada ampliamente para la investigación el análisis químico. Su principio se basa en la capacidad que tiene una muestra para absorber luz a determinadas longitudes de onda; a partir de esta absorción es posible obtener información sobre la pureza, la concentración y la cantidad del compuesto analizado. En el análisis cuantitativo, los resultados se representan mediante una gráfica de la absorbancia en relación con la longitud de onda, conocida como curva de calibración, donde la intensidad de absorción aumenta de manera proporcional al incremento de la concentración del componente (Luftman, 2018).

Un espectrofotómetro UV – Visible está constituido por varios componentes esenciales: una fuente de luz que emite la radiación, un compartimiento o soporte donde se coloca la muestra; un sistema de dispersión que divide la luz en distintas longitudes de onda y un detector que capta la radiación transmitida y absorbida, transformándola en señales eléctricas para su posterior procesamiento y análisis (Lemus, 2024).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

El trabajo de investigación se efectuó en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.1.1. Ubicación política

País : Perú

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Ayacucho

3.1.2. Ubicación geográfica

Ubicación : Av. Independencia S/N, ciudad universitaria “los módulos”.

Latitud Sur : 13° 08´ 44, 04´´

Longitud Oeste : 74° 13´ 15, 85´´

Altitud : 2791 m s.n.m

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población está conformada por frutos de *Citrus aurantium* L. “naranja”, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, *Citrus reticulata* “mandarina” y *Citrus limetta* “lima” provenientes de los valles interandinos expendidos en el mercado 12 de abril, localizada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; geográficamente ubicada a latitud 13° 10’ 09’’ Sur y longitud 74° 12’ 82’ Oeste y a una altitud de 2735 m s.n.m.

3.2.2. Muestras

Se utilizó un kilogramo de frutos de *Citrus aurantium* L. “naranja”, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, *Citrus reticulata* “mandarina” y *Citrus limetta* “lima” adquiridas del mercado 12 de abril, ubicada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, para la obtención de cáscara, pulpa y zumo para su posterior análisis.

3.3 Tipo de Investigación

Descriptivo-comparativo

3.4 Diseño de investigación

No experimental y transversal

3.5 Metodología

3.5.1 Procedimientos y técnicas empleadas en la investigación

a) Obtención y recolección de muestra

Se adquirieron ejemplares del fruto de *Citrus aurantium* L. "naranja", *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limón", *Citrus reticulata* "mandarina" y *Citrus limetta* "lima" expendidos en el mercado 12 de abril, ubicada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

Tras la obtención, las muestras fueron sometidas a un proceso de selección y posteriormente etiquetadas en bolsas herméticas, para su posterior identificación, seguidamente fueron trasladadas al laboratorio de bioquímica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga para su procesamiento y análisis.

b) Clasificación y limpieza

Los frutos de *Citrus aurantium* L. "naranja", *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limón", *Citrus reticulata* "mandarina" y *Citrus limetta* "lima", se seleccionaron considerando el tamaño y la coloración, con el propósito de evitar la variación de los datos. Después de ello, las muestras fueron clasificadas según la especie, con el fin de garantizar la uniformidad, los frutos se lavaron con abundante agua y secados utilizando papel absorbente.

c) Pelado

Los frutos se pelaron cuidadosamente con el uso de un cuchillo debidamente desinfectado, una vez obtenida la cáscara, estas fueron cortados en trozos pequeños para ser colocados en recipientes debidamente rotulados a temperatura ambiente durante siete días.

d) Molienda

Se procedió a moler la cáscara en un mortero, mediante un proceso manual y cuidadoso, para lograr una estructura de partículas más pequeñas. Este paso es

importante para descomponer la cáscara y permitir una evaluación más precisa y facilitar el contacto del solvente con la matriz vegetal.

e) Envasado y almacenamiento

Una vez obtenida la cáscara molida, fueron colocados en frascos de color ámbar previamente rotulados, dos frascos por cada especie, en un frasco se le añadió 50 ml de alcohol de 70° y al otro frasco se le añadió 50 ml de metanol, asegurando su identificación y conservación adecuada a temperatura ambiente con agitación parcial durante siete días.

3.5.2 Determinación de terpenos

Los terpenos reaccionan con el reactivo de Liebermann-Burchard (ácido sulfúrico y anhídrido acético) para producir un compuesto coloreado que se mide espectrofotométricamente. El ensayo de Lieberman-Burchard es un método colorimétrico empleado para detectar la presencia de terpenos en extractos vegetales. La reacción produce una coloración de amarillo a anaranjado-rojo, cuya intensidad depende de la presencia y del comportamiento de los terpenos frente a los reactivos utilizados. Debido a que estos compuestos presentan distinta solubilidad en medios orgánicos y acuosos, pueden separarse durante el procedimiento. En esta prueba se añaden gotas de ácido acético, que favorecen la formación de dobles enlaces responsables del cambio de color, y acido sulfúrico concentrado, que actúan como catalizador de la reacción. Asimismo, el ensayo emplea anhidrido acético y ácido sulfúrico como reactivos principales para el desarrollo de la coloración característica que permite cuantificar los terpenos presentes en la muestra (Hernández, 2018).

a) Preparación de la solución estándar

Se tomó 1mL de limoneno para ser mezclado con 0.5 mL de reactivo de Liebermann-Burchard, seguidamente se le añadió 0.5 mL de ácido acético glacial al 50%, se incubo de 10 a 15 minutos, pasado el tiempo estimado, se realiza la medición de la absorbancia a una longitud de onda de 540 nm.

b) Extracción de terpenos a partir de la muestra

Se mezcló 1 mL del extracto etanólico y metanólico de la cáscara cítrica con 0.5 mL de reactivo de Liebermann-Burchard y 0.5 mL de solución de ácido acético glacial al 50%, esta mezcla se agitó bien y se incubó durante 10 – 15 minutos a temperatura ambiente. Luego se midió la absorbancia a 540 nm con el uso de un espectrofotómetro.

c) Cálculo de la concentración de terpenos

$$\text{Limoneno } (\text{ mg EL}/100g\ ) = \ Fc\ x\ Absorbancia\ de\ la\ muestra\ problema$$

Donde:

Fc: Factor de calibración

Absorbancia de la muestra problema

3.5.3 Determinación del contenido de fenoles

a) Estándar de fenoles mg EAG /100g

Se tomó ácido gálico en cinco concentraciones diferentes para ser mezclado con 1 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, seguidamente se le añadió 1 mL de carbonato de sodio y se enrasó a 10 mL, seguidamente se mantuvo en reposo durante 60 minutos, pasado el tiempo estimado se realiza la lectura de la absorbancia a 760 nm.

b) Extracción de fenoles en la muestra

Se extrajo 1 mL de extracto etanólico y metanólico de cáscara cítrica, se mezcló con 2 mL del reactivo de Folin – Ciocalteu, se deja reposar durante cinco minutos. Seguidamente se agregó 1 mL de carbonato de sodio, se dejó reposar durante una hora. Finalmente se hizo la lectura de la absorbancia a 760 nm en el espectrofotómetro.

c) Cálculo de la concentración de fenoles

Fenoles mg EAG*/100 g* = FC * Absorbancia de la muestra

Fc: factor de calibración $(\text{mg EAG}/100\text{g})$

Absorbancia de la muestra problema.

3.5.4 Determinación de las características fisicoquímicas

a) Determinación de la firmeza

Se seleccionó frutos con características uniformes como es el color, tamaño y el peso. Seguidamente la muestra fue lavada y secada, se tomó el equipo con el émbolo de 6mm de diámetro que es considerado adecuado para los cítricos. La medida se realizó a la altura de la zona ecuatorial de la fruta, previamente se retiró superficialmente la piel en un área de uno a dos centímetros, la medida se realizó a temperatura ambiente. Antes de perforar la fruta se aseguró que el penetrómetro tenga la marca en cero, se tomó la fruta y esta fue apoyada en una superficie firme, el movimiento del penetrómetro fue firme sin cortes, se introdujo

el émbolo hasta la medida que se indique en el instrumento, se obtuvo tres mediciones por cada especie.

b) Determinación de la densidad

El picnómetro es un recipiente de vidrio calibrado con un tapón capilar, el cual permite que el exceso de líquido se derrame y las burbujas de aire escapen, asegurando que el volumen sea siempre constante y exacto. Para ello se pesó el picnómetro vacío y seco con su tapón, se enrazó con agua destilada. Nuevamente se tomó el peso del picnómetro lleno con el agua, luego con la muestra respectiva para finalmente obtener los pesos correspondientes y aplicación de la fórmula siguiente:

$$\rho_{liq} = \frac{m_{liquido_neto}}{V}$$

c) Determinación de la acidez titulable

La volumetría, es un método de análisis cuantitativo que determina la concentración de una sustancia mediante la medición del volumen de una solución de concentración conocida, utilizado en una titulación ácido-base. Este procedimiento requiere tres elementos fundamentales: el titulante, el analito o sustancia titulada y un indicador. Habitualmente se emplea fenolftaleína como indicador, ya que cambia de incolora en medio ácido a rosado en medio alcalino, con un intervalo de viraje entre pH de 8,2 y 10. En este tipo de análisis, el titulante suele ser una solución de hidróxido de sodio (NaOH 0,1N), mientras que el analito contiene el ácido que se desea cuantificar. La titulación finaliza al alcanzar el punto de equivalencia, momento en que la cantidad de equivalentes del titulante es igual a la del ácido presente en la muestra, lo que permite calcular su concentración con precisión (Altamirano, 2022).

Se preparó el equipo de titulación con los materiales necesarios para la determinación de la acidez de la muestra, se colocó 20 mL de muestra de zumo en un matraz, se le añadió 3 gotas de indicador de fenolftaleína, seguidamente se le añadió gota a gota NaOH desde la bureta en agitación constante hasta la aparición de un color rosa tenue presente de 15 a 30 segundos, se registró el volumen de NaOH gastado para calcular la acidez según la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times \text{meq ácido} \times 100}{V_{\text{muestra}}}$$

Donde:

- V_{NaOH}: Volumen de $NaOH$ gastado (mL).
- N_{NaOH}: Normalidad del $NaOH$.
- meq: Miliequivalentes del ácido predominante.

d) Determinación de los sólidos solubles totales

La medición se realizó en 20 mL de zumo fresco, se tomó la muestra con la pipeta Pasteur y se colocó cuatro gotas sobre la superficie óptica del refractómetro, a continuación, se procedió a realizar la lectura mediante el ocular, ajustando el límite entre el campo claro y el campo oscuro hasta el punto de intersección de la retícula, donde se obtuvo el valor del índice de refracción en la escala graduada y reportado en grados Brix.

e) Determinación de pH

Para la determinación del pH se utilizó un pH metro, equipo diseñado para medir el grado de acidez o alcalinidad de una solución, expresado en una escala de 0 a 14. Antes de realizar las mediciones, el instrumento se calibro con soluciones amortiguadoras (buffer) de pH 7,0 y pH 4,0 para asegurar la exactitud de los resultados. Posteriormente, el electrodo se enjuago con agua destilada. Luego, se sumergió en 20 ml de la muestra y se esperó hasta que la lectura se estabilizara en la pantalla del equipo, considerando este valor como el pH de la muestra.

3.6 Análisis de datos

Para el análisis estadístico, se determinó los parámetros estadísticos descriptivos como la media, desviación estándar, media aritmética, como también la representación en tablas y figuras.

IV. RESULTADOS

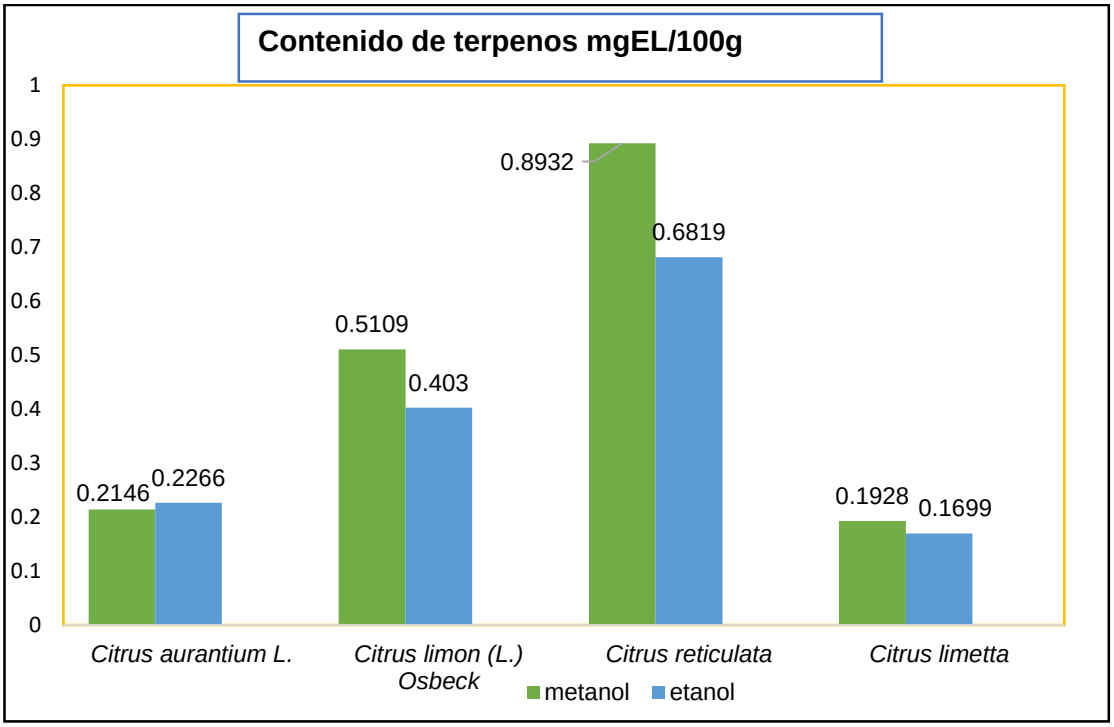


Figura 3. Contenido de terpenos en extractos de alcoholes alifáticos en cáscara de *Citrus aurantium* L. "naranja", *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limón", *Citrus reticulata* "mandarina" y *Citrus limetta* "lima" en mg EL/100g.

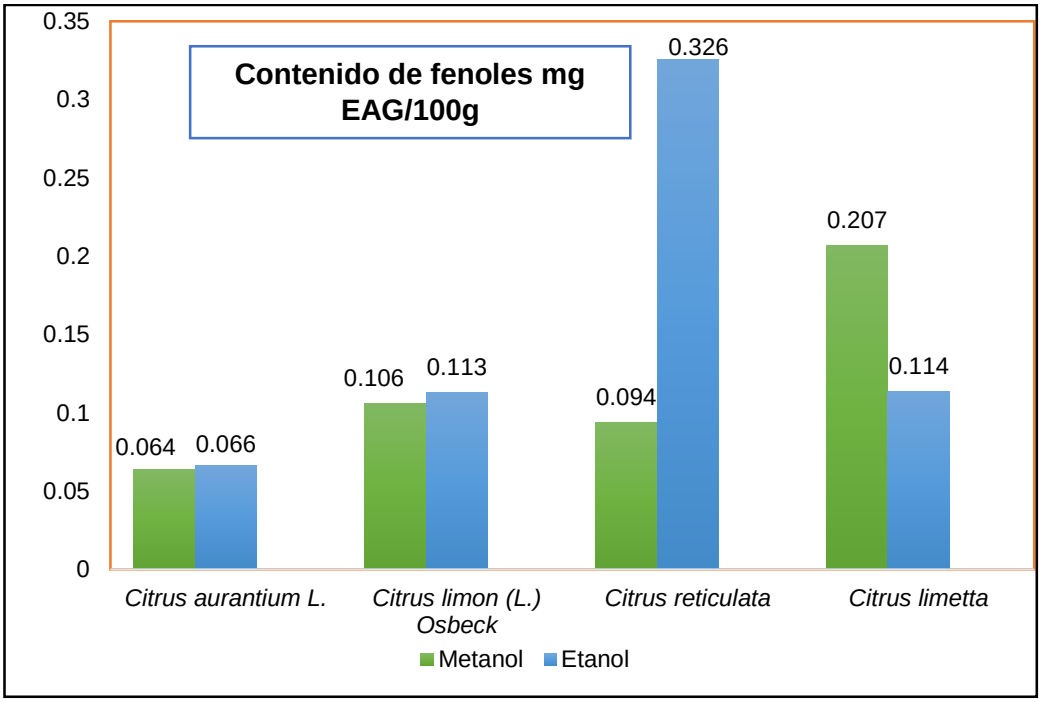


Figura 4. Contenido de fenoles en extractos de alcoholes alifáticos en cáscara de *Citrus aurantium* L. "naranja", *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limón", *Citrus reticulata* "mandarina" y *Citrus limetta* "lima" en mg EAG/100g.

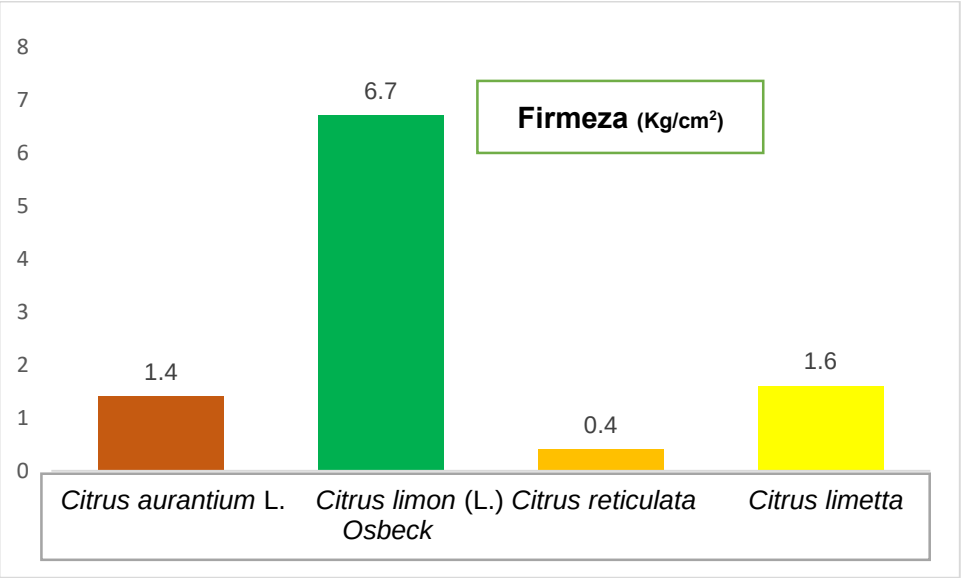


Figura 5. Firmeza de la pulpa de *Citrus aurantium* L. “naranja”, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, *Citrus reticulata* “mandarina” y *Citrus limetta* “lima” en Kg/cm^2.

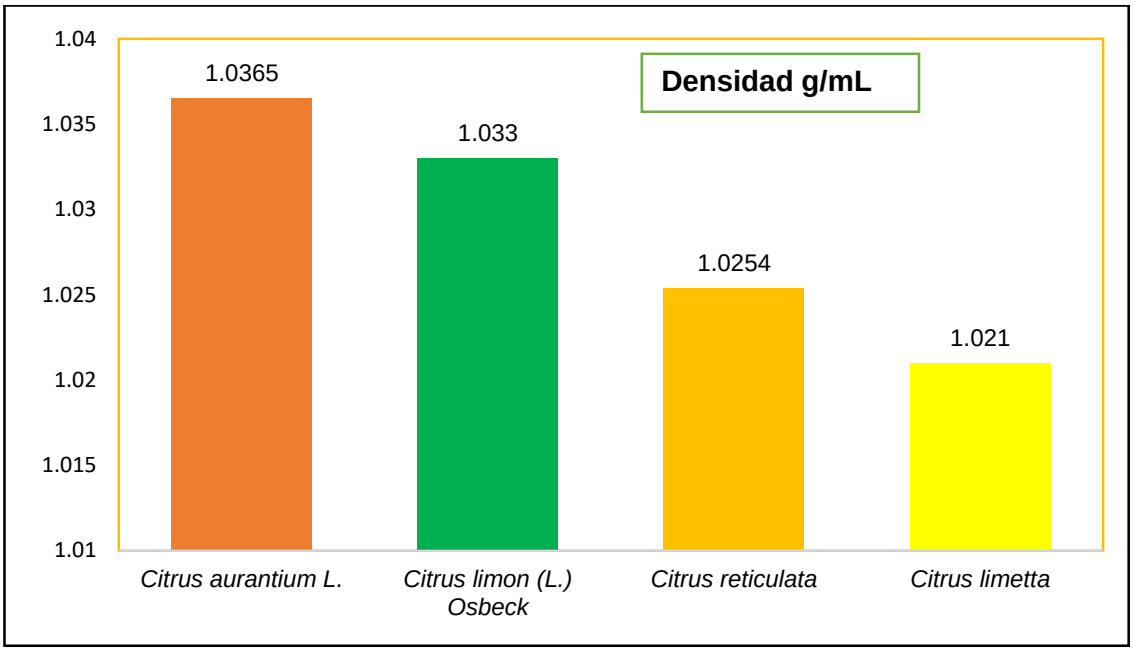


Figura 6. Densidad del zumo de *Citrus aurantium* L. “naranja”, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, *Citrus reticulata* “mandarina” y *Citrus limetta* “lima” en g/mL.

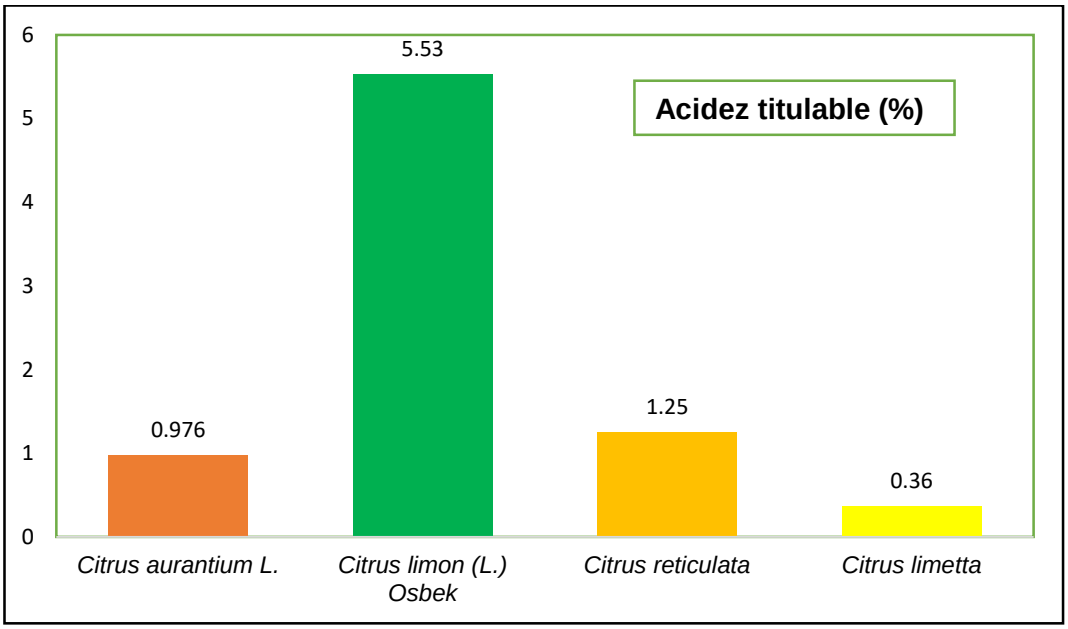


Figura 7. Acidez titulable en el zumo de *Citrus aurantium* L. “naranja”, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, *Citrus reticulata* “mandarina” y *Citrus limetta* “lima” en porcentaje.

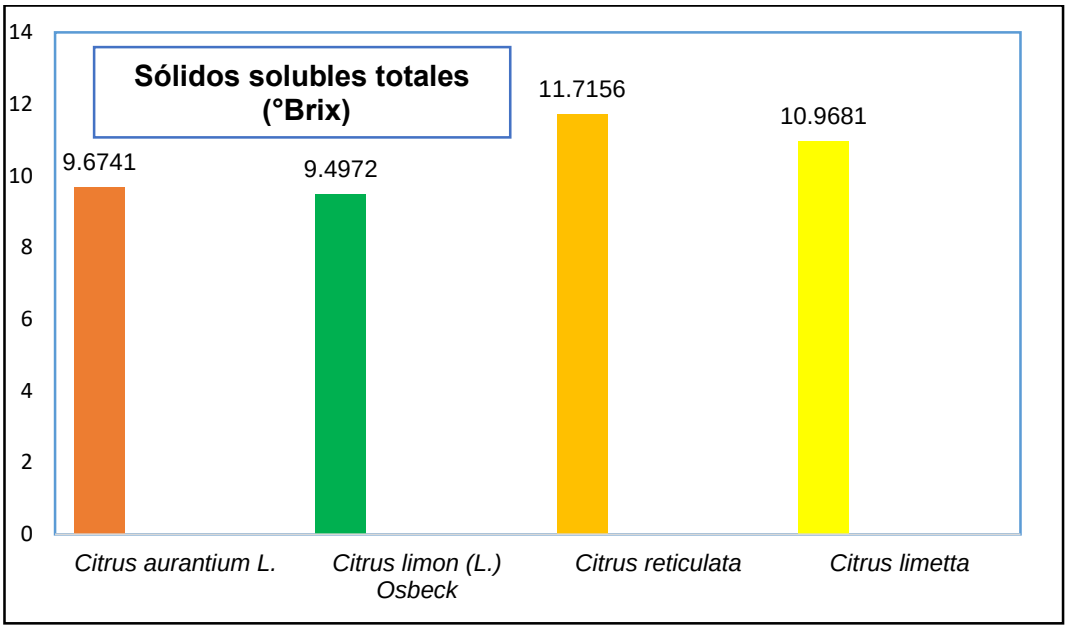


Figura 8. Sólidos solubles totales del zumo de *Citrus aurantium* L. “naranja”, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, *Citrus reticulata* “mandarina” y *Citrus limetta* “lima” en °Brix.

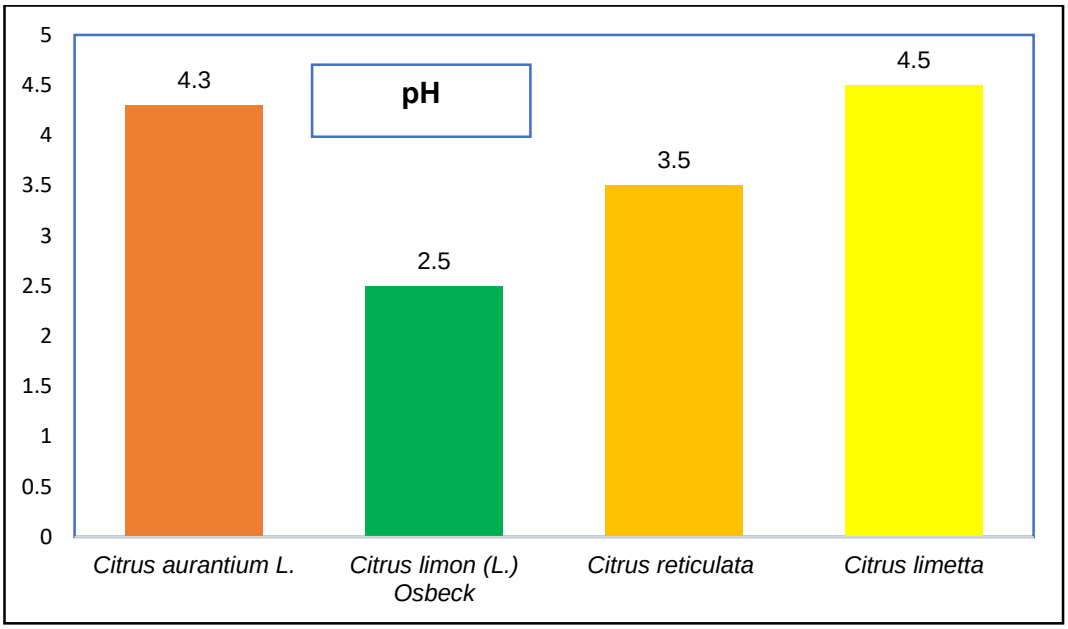


Figura 9. pH del zumo de *Citrus aurantium* L. “naranja”, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, *Citrus reticulata* “mandarina” y *Citrus limetta* “lima”.

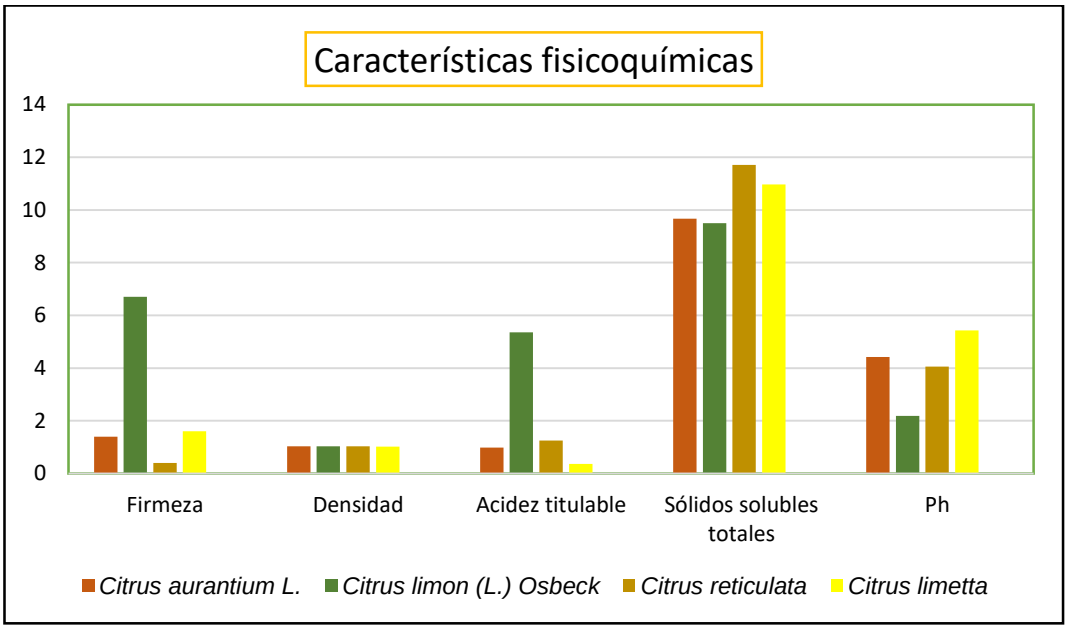


Figura 10. Características fisicoquímicas de *Citrus aurantium* L. “naranja”, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, *Citrus reticulata* “mandarina” y *Citrus limetta* “lima”.

V. DISCUSIÓN

Los cítricos contienen diversos principios bioactivos, que vienen a ser químicos naturales que ejercen efectos beneficiosos en el organismo, debido a que poseen propiedades antioxidantes, como vienen a ser los flavonoides, los carotenos la vitamina C, etc. Estos metabolitos han demostrado efectos antiinflamatorios, cardioprotectores y anticancerígenos. Su consumo regular se asocia con una menor incidencia de patologías cardiovasculares, diabetes y algunas enfermedades cancerígenas.

En la figura 3, respecto al contenido de terpenos podemos resaltar que el extracto metanólico presento las mayores concentraciones, *Citrus reticulata* “mandarina” presento valores promedio de 0.8932 mg EL/100g seguida de *Citrus limon* (L.) Osbeck “limón” con valores de 0.5109 mg EL/100g y *Citrus limetta* “lima” presenta valores de 0.1928 mg EL/100g, Al respecto Lu et al. (2029) encontraron valores comprendidas entre 780- 966 mg/g de compuestos volátiles del aceite de cáscara de *Citrus spp*., que corresponden a monoterpenos (terpenos). Park et al. (2023) evidenciaron valores de 855 –931 mg/g de limoneno del total del aceite esencial de cáscaras de cítricos. Al respecto González-Mas et al. (2019) manifestaron que los terpenos presentes en los frutos del género *Citrus* (naranja, limón, mandarina, toronja, entre otros), constituyen uno de los grupos de compuestos bioactivos más relevantes desde el punto de vista nutricional, biológico e industrial. Estos compuestos forman parte de los aceites esenciales, principalmente en la cáscara del fruto, y son responsables del aroma característico, además de poseer diversas actividades biológicas. Por otro lado, Aguilar-Hernández et al. (2020) indicaron que los aceites esenciales de los cítricos están compuestos mayoritariamente por monoterpenos, siendo el limoneno el componente predominante, acompañado por otros terpenos como linalool, α-pineno, β-pineno, γ-terpineno y citral. Diversos estudios indican que el limoneno puede representar entre 32 % y 98 % del aceite esencial de diferentes especies de *Citrus*, dependiendo de la variedad y condiciones de extracción. La interpretación indica que el metanol, aun siendo polar, tiene menor tamaño molecular, por tanto, penetra mejor la matriz vegetal y presenta mayor afinidad con el compuesto a extraer, en cambio el etanol por presentar mayor tamaño molecular es menos eficiente, depende de la estructura del tejido vegetal de cada especie y el tipo de terpeno que presenta (Bora et al., 2020).

En la figura 4, se evidenció que *Citrus reticulata* “mandarina” presentó valores de 0.326 mg EAG/100g en etanol y 0.940mg EAG/100g en metanol, seguida de *Citrus limetta* “lima” que presentó valores promedio de 0.114 mg EAG/100g y 0.207 mg EAG/100g, *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón” que presentó valores promedio de 0.113 mg EAG/100g y 0.106 mg EAG/100g, y *Citrus aurantium* L. con 0.066 mg EAG/100g en promedio y 0.064 mg EAG/100g respectivamente. Ramful et al. (2010) reportaron valores entre 188.2 - 766.7 mg GAE/100 g de cáscara fresca en diferentes variedades de cítricos. Shehata et al. (2021) menciona valores de 153.26–345.23 mg GAE/100 g (peso seco), para extractos de cáscara de naranja liofilizada. Hayat et al. (2009) reportaron valores de 162 mg EAG/100 g para toronja, 121 mg EAG/100 g para mandarina y 118 mg EAG/100 g., para limón. Por otro lado, Pandey et al. (2019) encontraron valores de 6.0 – 16.09 mg GAE/g de cáscara seca en diferentes especies de cítricos. Durmus et al. (2023) reportaron valores de 16.71 mg GAE/g de peso seco de fenoles totales en la fracción extraíble de cáscara de limón. Así mismo Liew et al. (2018) presentaron valores comprendidas entre 12.08 – 38.24 mg GAE/g de peso seco de fenoles totales en cáscara de *Citrus sinensis.* Estos compuestos son responsables de una parte importante de la capacidad antioxidante de estos frutos, ya que son capaces de estabilizar radicales libres y minimizar el estrés oxidativo en el organismo (González-Mas et al., 2019). Diversos estudios han demostrado que los frutos de *Citrus* contienen compuestos fenólicos como hesperidina, naringina, eriocitrina, ácido ferúlico y ácido cafeico, los cuales contribuyen a las propiedades funcionales de estos alimentos. Los fenoles totales presentes en los cítricos actúan como antioxidantes naturales, capaces de inhibir la oxidación de lípidos y de neutralizar especies reactivas de oxígeno. Esto contribuye a la prevención de patologías crónicas relacionadas al estrés oxidativo, como las patologías cardiovasculares y algunas patologías cancerígenas (Tripoli et al., 2007). Los compuestos fenólicos de los cítricos también presentan propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y cardio protectoras. Algunos flavonoides característicos de estos frutos han mostrado efectos positivos en la regulación de procesos inflamatorios y en la mejora de la salud metabólica (Bora et al., 2020). Los fenoles totales comprenden un amplio grupo de compuestos como flavonoides, ácidos fenólicos y otros polifenoles, presentes principalmente en la pulpa, la cáscara y el jugo de los cítricos. Los resultados mostraron que el extracto alifático en medio etanólico evidenciaron mayor eficiencia en la extracción de compuestos fenólicos en

cáscaras de cítricos, mostrando valores significativamente superiores al extracto metanólico pero que varía según la especie por la afinidad química y la polaridad de los compuestos fenólicos que presenta mayor afinidad por la formación de enlaces de puentes de hidrogeno más fuertes con el etanol y solventes usados a diferencia de *Citrus limetta* "lima" que presenta compuestos altamente glucosilados que le dan mayor afinidad con el metanol por presentar mayor polaridad y por el menor tamaño molecular que extrae mejor los compuestos fenólicos de *Citrus limetta* "lima".

En la figura 5, se representa una de las características de los cítricos, como vienen a ser la firmeza de la pulpa, pudiéndose observar que la especie *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limón" presentó el promedio más alto con 6.7 Kg/cm^2, seguida de *Citrus limetta* "lima*"* con 1.6 Kg/cm^2, *Citrus aurantium* L. "naranja" con 1.4 Kg/cm^2 y *Citrus reticulata* "mandarina" con 0.4 Kg/cm^2 como la especie con menor valor de firmeza al respecto Yadav et al. (2019) manifestaron que la Mandarina kinnow presento una firmeza de 5.0-6.0 kgf durante almacenamiento, observándose una disminución de firmeza post cosecha, la misma especie de *Citrus sinensis* presentó valores entre 135 a 81.9 N de firmeza bajo refrigeración. Como también, Mahajan et al. (2016) reportaron valores de 5.7 a 9.5 kg/cm^2 de firmeza durante el almacenamiento, para la mandarina postcosecha. Kader (2002) & Ladaniya (2008) manifestaron que la firmeza en los cítricos es un indicador clave de calidad postcosecha, debido a que se encuentra asociada con la integridad de la pared celular y el estado de madurez del fruto. Durante el almacenamiento, la firmeza se va perdiendo debido a la degradación de compuestos como la pectina y otros polisacáridos complejos, lo que genera la ablandadura y reducción de la vida útil comercial. Por ello, la medición de la firmeza se utiliza para evaluar la calidad, el manejo postcosecha y la aceptabilidad del fruto por el consumidor. La figura 5, evidencia un predominio de firmeza de *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limón" con 6.7 Kg/cm^2, lo que indica una mayor resistencia mecánica asociada a una estructura celular más compacta, mayor contenido de agua y mayor contenido de pectinas al respecto Vicente et al. (2007) manifestaron que la firmeza de la pulpa de cítricos depende de integridad de la pared celular, pectinas, turgencia y modificaciones enzimáticas durante maduración postcosecha en contraste, *Citrus reticulata* "mandarina" mostró la menor firmeza (0.4 kg/cm^2), reflejando una pulpa más blanda y fácilmente disgregable. *Citrus aurantium* L. "naranja", y *Citrus limetta* "lima" presentaron valores intermedios, evidenciando una textura moderadamente

firme. Estas diferencias pueden atribuirse a la composición de la pared celular, al grado de maduración de los frutos y varía según cada especie.

En la figura 6, resalta los valores de densidad para *Citrus aurantium* L. “naranja” con 1.0365 g/mL, seguida de *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, con 1.033 g/mL, *Citrus reticulata* “mandarina” con 1.0254 g/mL, y *Citrus limetta* “lima” con 1.021 g/mL al respecto Hidalgo-Ortiz (2022) reportó una densidad de 1.052 g/mL, para *Citrus sinensis*. Asimismo, Meza & Nancy (2011), reportaron 1.053 g/cm^3, para el jugo de naranja de la variedad Valencia. Por su parte, Naddaf et al. (2012) reportaron valores de densidad de 1.05 g/mL, para el jugo de naranja. León-Miranda reportó para jugo de naranja (1.033–1.037 g/mL), Al respecto Ranganna (1986) manifestó que la densidad del jugo de frutas se relaciona directamente con sólidos solubles, especialmente azúcares, siendo indicador de concentración y calidad. La densidad del zumo de cítricos es un parámetro fisicoquímico importante porque permite evaluar la concentración de sólidos solubles, azúcares y otros componentes del jugo, así como controlar la calidad y los procesos tecnológicos durante su procesamiento y almacenamiento, al respecto Avalo & Tovar (2009) manifestaron que la densidad se utiliza como indicador de composición y calidad del jugo, ya que está directamente relacionada con el contenido de sólidos solubles (°Brix) y azúcares presentes en el zumo. Este parámetro permite evaluar cambios durante procesos como concentración, evaporación y formulación de jugos, facilitando el control industrial y la estandarización del producto. Asimismo, indica León- Miranda (2013) que la densidad forma parte de la caracterización de las propiedades físicas del jugo de naranja, junto con parámetros como viscosidad, conductividad térmica y calor específico, los cuales son importantes para el diseño y optimización de procesos en la industria de los alimentos. Con respecto a la densidad nos evidencia que *Citrus aurantium* L. “naranja” presenta valores promedio de densidad con 1.0365 g/mL., que indica una mayor concentración de sólidos disueltos (mayor contenido de azúcares o solutos).

En la figura 7, sobre la acidez titulable, se reportó que *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón” presento 5.53 % de acidez titulable, y *Citrus reticulata* “mandarina” valores promedios de 1.25%, al respecto Moreno et al. (2004) presentó como producto de la investigación valores de acidez titulable 0,33g ácido cítrico/100mL. Jumbo et al. (2024) presentaron valores de 0.3 – 1.5 % ácido cítrico en frutos cítricos dulces

como en *Citrus aurantium* L., también reportaron valores de comprendidos entre 4 – 8 % ácido cítrico en frutos ácidos como *Citrus limon* (L.) Osbeck*,* Por otro lado, Almache & Villacres (2021) presentaron los resultados de su investigación con valores comprendidas entre 1,46 y 1, 55 % de acidez titulable. Aucayauri & Castro (2011), manifestaron que el zumo de *Citrus sinensis* "naranja valencia" presentó valores de acidez titulable de 0,57% expresado en ácido cítrico. La acidez titulable permite estimar el contenido total de ácidos orgánicos presentes en el fruto, principalmente ácido cítrico, el cual determina en gran medida el sabor ácido característico de los cítricos (Nielsen, 2017). El mayor valor observado en el *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limón" concuerda con lo reportado, ya que los limones suelen presentar concentraciones de ácidos orgánicos significativamente superiores a otros cítricos, lo que explica su sabor intensamente ácido (Ladaniya, 2008). En contraste *Citrus aurantium* (L) "naranja" *Citrus reticulata* "mandarina" presentan niveles moderados de acidez debido a un mayor equilibrio entre azúcares y ácidos orgánicos durante la maduración del fruto (Kader, 2002). Asimismo, han reportado que las diferencias en acidez titulable entre especies de cítricos se deben a factores como la especie, variedad, estado de madurez y condiciones de cultivo, los cuales influyen en la acumulación y metabolismo de los ácidos orgánicos (Ladaniya, 2008; Kader, 2002).

En la figura 8, en referencia a sólidos solubles totales la especie *Citrus reticulata* "mandarina" presento valores promedio de 11.715 ºBrix seguida de *Citrus limetta* "lima" que presenta valores promedio de 10.968 °Brix, seguida de Almache & Villacres (2021) reportaron valores promedio para sólidos solubles de 9,4 y 8,3 °Brix. Los sólidos solubles totales (SST) se asocian principalmente con carbohidratos simples, entre ellos sacarosa, glucosa y fructosa, acumulados durante la maduración del fruto. Valores más altos suelen indicar mayor madurez y percepción de dulzor (Magwaza & Opara, 2015). Estas diferencias reflejan variaciones en la acumulación de azúcares entre especies de cítricos, asociadas a características genéticas y al estado de maduración. La figura 8, nos evidencia que el *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limón" presenta un valor de 9.497 °Brix que evidencia un menor contenido, coherente con su sabor predominantemente ácido, en *Citrus reticulata* "mandarina" 11.715 °Brix y *Citrus limetta* "lima" un valor de 10.968 °Brix, que indica un contenido alto de azúcares, consistente con su sabor más dulce, en *Citrus aurantium* L. "naranja" 9.674 °Brix que indica un contenido intermedio de azúcares.

En la figura 9, se pudo verificar que *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”, presentó valores de pH promedio de 2.5, seguida de *Citrus reticulata* “mandarina” con valores promedio de 3.5, *Citrus aurantium* L., con valores promedio de 4.3. Bazán & Mejía (2023), manifestaron que en bebidas formuladas a base de cítricos (limón y naranja), el pH puede variar entre 3.40 y 4.90. Los zumos con mayor proporción de *Citrus limon* presentan pH más bajo que indica mayor acidez. Quiroz et al. (2022) reportaron para “naranja” *Citrus sinensis* en zumo fresco valores en el rango entre 2,9 y 4,0, con un promedio de 3,5. Debido al carácter logarítmico de la escala de pH, una variación de una unidad equivale aproximadamente a un cambio de diez veces más o menos acidez. Por tanto, el limón puede ser hasta 100 veces más ácido que la lima dentro del rango observado. Este patrón coincide con estudios fisicoquímicos de cítricos, donde el limón presenta pH cercanos a 2.1–2.5, mientras *Citrus limetta* “lima” y *Citrus aurantium* L. “naranja” tienen valores más altos, indicando menor acidez relativa (Rodríguez-Arzave et al., 2020). Asimismo, los análisis comparativos de jugos de cítricos reportan que limón y mandarina presentan los pH más bajos, mientras lima y naranja muestran acidez moderada (Nonga et al., 2014; Violeta et al., 2010). Los valores de pH evidencian diferencias significativas de acidez entre especies de cítricos, con el *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón” como el fruto más ácido y *Citrus limetta* “lima” como el menos ácido dentro del conjunto analizado. El pH es un indicador de acidez que refleja la concentración de iones hidrógeno en alimentos. En frutos cítricos depende principalmente del contenido de ácido cítrico y compuestos orgánicos (Violeta et al., 2010). Estadísticamente, estos datos indican una gradiente de acidez entre los frutos cítricos, donde valores de pH menores representan mayor concentración de protones (H^+) y mayor acidez.

La figura 10, viene a ser un consolidado de las características fisicoquímicas evaluadas en las cuatro especies del género *Citrus.* La medición de las características fisicoquímicos en frutos del género *Citrus* es fundamental para evaluar su calidad, valor nutricional, madurez y aptitud para el consumo o procesamiento industrial. Estos parámetros permiten caracterizar las propiedades químicas y físicas del fruto, contribuyendo al aseguramiento de la calidad del proceso de producción agrícola, la comercialización y la industria alimentaria. Entre los principales parámetros fisicoquímicos evaluados en los cítricos se encuentran el pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, contenido de azúcares, humedad y compuestos bioactivos. Estos indicadores permiten determinar el

grado de madurez y el equilibrio que se presenta entre azúcares y ácidos orgánicos, lo cual influye directamente en el sabor, aroma y aceptabilidad del fruto (Ladaniya, 2008). Los sólidos solubles totales y la acidez titulable constituyen parámetros ampliamente utilizados para evaluar la calidad interna de los cítricos, ya que la relación entre ambos parámetros (relación °Brix/acidez) se asocia con la percepción sensorial del dulzor y la acidez del fruto. Esta relación también es empleada como índice de madurez en diversas especies de Citrus (Kader, 2008). Asimismo, la determinación de pH, contenido de azúcares reductores y compuestos fenólicos permite identificar cambios bioquímicos que ocurren durante el desarrollo del fruto y durante el almacenamiento, los cuales pueden afectar la estabilidad nutricional y la calidad del producto final (Tripoli et al., 2007).

VI. CONCLUSIONES

1. El contenido de terpenos en las cáscaras de *Citrus reticulata* “mandarina” presentó 0.8932 mg EL/100g, seguida por *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limon” con 0.5109 mg EL/100g, *Citrus limetta* “lima” 0.1928 mg EL/100g, y *Citrus aurantium* L. “naranja” 0.2146 mg EL/100g, constituyendo el metanol el solvente de mejor afinidad de extracción.

2. El contenido de compuestos fenólicos en las cáscaras de *Citrus reticulata* “mandarina” presentó 0.326 mg EAG/100g en extracto etanólico, *Citrus limetta* “lima” 0.207 mg EAG/100g, en extracto metanólico. *Citrus aurantium* L. “naranja” 0.064 mg EAG/100g en extracto etanólico, y *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón” 0.113 mg EAG/100g en extracto etanólico, varía según la composición fitoquímica de cada especie.

3. La firmeza de la pulpa de *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón” presentó 6.7 Kg/cm^2 de resistencia mecánica, *Citrus reticulata* “mandarina” 0.4 Kg/cm^2 *Citrus aurantium* L. “naranja” 1.4 Kg/cm^2 y *Citrus limetta “lima”* 1.6 Kg/cm^2.

4. La densidad varió entre las especies del género *Citrus*, siendo mayor en *Citrus aurantium* L. “naranja” 1.0365 g/mL., *Citrus limetta* “lima” 1.021 g/mL., *Citrus limon* (L.) *Osbeck* 1.033 g/mL y *Citrus reticulata* “mandarina” 1.0254 g/mL.

5. Los valores de acidez titulable para *Citrus limon* (L.) Osbeck “limón” presento valores de 5.53 %, *Citrus aurantium* L. “naranja” 0.976%, *Citrus reticulata* “mandarina*”* 1.25 % y Citrus *limetta* “lima” 0.36 %.

6. El contenido de sólidos solubles totales con valores para *Citrus reticulata* “mandarina” 11.7156 °Brix, seguida de *Citrus limetta* “lima” 10.9681 °Brix, *Citrus aurantium* L. “naranja” 9.6741 °Brix y *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón” 9.4972 °Brix

7. Respecto al pH *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón” presentó la mayor acidez con 2.5, *Citrus reticulata* “mandarina” 3.5, *Citrus limetta* “lima” 4.5 y *Citrus aurantium* L. “naranja” 4.3.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar los análisis de contenido de fenoles y terpenos en cítricos de diversos lugares de procedencia.
2. Evaluar el contenido de fenoles y terpenos en cítricos de diversos tiempos de maduración.
3. Llevar a cabo las determinaciones de contenido de fenoles y terpenos en extractos en solventes como cloroformo, éter, bencina, hexano, acuosos, etc.
4. Cuantificar los principios bioactivos, identificando los fenoles y terpenos por técnicas de biología molecular, espectroscopia de gases, por HPLC.
5. Realizar el análisis cuantitativo, considerando partes de la planta, tales como, raíz, tallo, hojas, flores.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarca, R & Petricevich, V. (2019) Importancia biológica de los compuestos fenólicos. https://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/111/60

Acosta, J., Salinas, R., Martínez, B., Cerdá, A., Ferrández, B y Núñez D, E. (2020). Alimentos de la Región de Murcia: Limón. Universidad Nacional de Murcia https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/8177/informelimon.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aguilar-Hernández, M. G (2020). Determination of the volatile profile of lemon peel oils. Foods, 9(2), 241 https://doi.org/10.3390/foods9020241

Agustí, M., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., & Mesejo, C. (2022). Advances in citrus flowering: A review. Frontiers in Plant Science, 13, 868831. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.868831

Alarcón, M, AI., Mora, L, JL., Cabrera, C, D, & García, L, FS (2022). Estudio Comparativo de la Composición Química, Fenoles Totales y Actividad Antioxidante de *Citrus síntesis, Citrus reticulata y Citrus máxima.* 2011-2015, 6 (3),535–545. https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.535-545

Albin, R. (1975). Determinación del pH en diversas especies de los renovales de la provincia de Valdivia. *Bosque*, *1*(1), 3-5. http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v1n1/art02.pdf

Almache, MA, & Villacres Escudero, AE (2021). Evaluación de los parámetros de calidad en dos variedades de naranja, valencia (*Citrus x sinensis*) y naranja agria (*Citrus x aurantium*) para la elaboración de jugo. https://repositorio.utc.edu.ec/items/8494e5f0-9da7-43ae-ab94f3405561bac

Altamirano. L. (2022). Parámetros de calidad comercial de exportación de la palta (*Persea americana*) Hass y Fuerte procedente de los Valles de Chincheros y Andahuaylas de la región Apurímac. [*Tesis de grado*]. Universidad Nacional José María Arguedas. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/722/Beisa_Tesis_Bachiller_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ancillo, A & Medina, A (2014). Monografías botánicas. Jardín Botánico de la Universidad de Valencia Volumen 2: Los cítricos Universidad de Valencia E. G. https://jardibotanic.org/fotos/pdf/publicacion_2_84_LOS_CITRICOS-ESP.pdf

Arroyo, U., Mazquiaran, B, L., Rodríguez, A, P., Valero, G, T., Ruiz, M, E., Ávila, T, J & Varela, M, G (2018). "Frutasy Hortalizas: Nutrición y Salud en la España Del S. XXI Fundación Española de la Nutrición. https://www.fesnad.org/resources/files/Noticias/frutasYHortalizas.pdf

Avalo, Belkis, Pérez, Sergio, & Tovar, Marcos. (2009). Caracterización preliminar del proceso de concentración del jugo natural de naranja en un evaporador de tres efectos. *Interciencia*, *34*(11), 784-790. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442009001100007&lng=es&tlng=es

Aucayauri Meza, E. N., & Castro Garay, A. (2011). Estudio de la cinética de degradación térmica del ácido ascórbico durante la pasteurización del zumo de naranja valencia (*Citrus sinensis*). https://agris.fao.org/search/en/providers/125075/records/6749820b7625988a3722dcf5

Bazán Plasencia, J. J. A., & Mejía Vásquez, A. J. (2023). Formulación de una bebida funcional de naranja (*Citrus Sinensis*), limón (*Citrus Limon*), jengibre (*Zingiber Officinale*) y miel; su aceptabilidad, vitamina c y polifenoles totales. https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4510

Bora, H., Kamle, M., Mahato, D., Tiwari, P., & Kumar, P. (2020). *Citrus essential* oils and their applications in food. Molecules, 25(3), 687. https://doi.org/10.3390/molecules25030687

Carrero, E., & Lizardo K. (2013). *Propuesta de un método de titulación para la determinación de la acidez total en frutas*. Universidad Rafael Urdaneta. https://documentos.uru.edu/pdf/2101-13-06179.pdf

Chang, R. y Goldsby, KA (2017). *Química* (12. ª ed.). Educación McGraw-Hill.

Cruz, P. (2020). *Modelos epistemológicos de la medicina moderna. Instituto de Estudios Superiores de Chiapas*. [*Ensayo científico*]. Universidad Salazar. https://doi.org/https://salazarvirtual.sistemaeducativosalazar.mx/

Davenport, T. L. (1990). *Citrus flowering*. En J. Janick (Ed.), *Horticultural Reviews* (Vol. 12, pp. 349–408). Wiley. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TqLLCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA349&dq=Davenport,+T.+L.+(1990).+Citrus+flowering.+En+J.+Janick+(Ed.),+Horticultural+Reviews+(Vol.+12,+pp.+349%E2%80%93408).+Wiley&ots=M9tL70LgSc&sig=FqEVO6TvTJgyo--9uoU_4Qcjq30

Domínguez, D (2016). Compuestos bioactivos de los cítricos. [Tesis de grado] Universidad Complutense de Madrid. https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/fa016ba0-1b96-4ae9-9527-68d56d356b6d/content

Durmus, N., & Kilic Akyilmaz, M. (2023). Bioactivity of non-extractable phenolics from lemon peel obtained by enzyme and ultrasound assisted extractions. *Food Bioscience*, *53*, 102571. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102571

Escobar, B, M (2010). Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. Instituto Politécnico Nacional. file:///C:/Users/ACER/Documents/CITRICOS%20TESIS/antecendete%20inter%201.pdf

Fajardo, J. J., Caicedo, R., & Pinilla, J. P. (2018). *Curva de calibración*.

Flores, A, J (2023) Modelamiento y optimización del proceso de aislamiento de aceites esenciales por flujo de vapor pulsante. [Tesis de maestría] Universidad Nacional del Altiplano. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/22723/flores_arizaca_jesus_manuel.pdf?sequence=4&isallowed=y

Folin, O., y Ciocalteu, V. (1927). "On tyrosine and tryptophane determinations in proteins". Journal of Biological Chemistry, 73(2), 627-650.

García, E, A., & García, E, G. (2021). Extracto hidroalcohólico de cúrcuma (*Curcuma longa L.)* como indicador en titulación ácido base de alimentos. *Acta Universitaria, 31* (). https://doi.org/10.15174/au.2021.3188

Gómez, E. S. O., Díaz, D. R., & Tiburcio, J. V. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, *9*(1), 123-131.

González-Mas, M. C., Rambla, J. L., López-Gresa, M. P., Blázquez, M. A., & Granell, A. (2019). Volatile compounds in citrus essential oils: A comprehensive review. Frontiers in Plant Science, 10, 12. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00012

Grupo Latino. LTDA. (2007). Manual De Cítricos. Biblioteca agropecuaria de Colombia file:///C:/Users/ACER/Downloads/42398_46236.pdf

Harborne, J. B. (1998). Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis. Springer. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.255

Hayat, K., Hussain, S., Abbas, S., Farooq, U., Ding, B., Xia, S., & Xia, W. (2009). Optimized microwave-assisted extraction of phenolic acids from citrus mandarin peels and evaluation of antioxidant activity in vitro. *Separation and Purification Technology*, *70*(1), 63-70. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.08.012

Hernández, V. L. (2018). Extracción de esteviósidos y cuantificación de terpenos en plantas de *Stevia rebaudiana* producidas in vitro. Universidad Politécnica Del Valle De Toluca. file:///C:/Users/ACER/Downloads/50057851.pdf

Hidalgo Ortiz, J. L. (2022). "Efecto de la ultrafiltración en los componentes fisicoquímicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*) ". http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10462

Ibáñez, A., García, U., Carbonell, C., Alonso J. Terol J. Dopazo & Talón, M (2015). El Origen De Las Especies Cultivadas De Cítricos. Centro de Genómica del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada (Valencia) España. https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/4176/2015_Iba%C3%B1ez_El%20Origen.pdf?sequence=1

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. INDECOPI (2014). Cítricos Mandarinas, tangelos, naranjas y toronjas. Requisitos NTP 011.0232014 I.C.S.: 67.080.10 2ª Ed https://www.procitrus.org/img-apps/info-notas/infonotas-1600203821.pdf

Jiménez, j, L., Cujilema, T, C., Villacres, P, S & Chuin, V, G. (2024) Determinación De La Acidez Titulable En Cítricos Amazónicos: Correlación Con La Madurez Y La Susceptibilidad A La Pudrición. Ciencia Latina científica Multidiciplinar.Vol8 Núm. 2 https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10681

Jumbo, L. D. J., Tenezaca, C. M. C., Parco, S. P. V., & Vargas, G. M. C. (2024). Determinación de la Acidez Titulable en Cítricos Amazónicos: Correlación

con la Madurez y la Susceptibilidad a la Pudrición. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, *8*(2), 2441-2451. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10681

Kobayashi, K. (2014). Metanol. En: Amils, R., *et al.* Enciclopedia de Astrobiología. Springer, Berlín, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27833-4_980-4

Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California. https://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/files/231706.pdf

Kader, A. A. (2008). Citrus fruit maturity and quality. University of California Postharvest Technology Center.

Kader, A. A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops (No. Ed. 3, pp. vii+-535).

Ladaniya, M. S. (2008). Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press.

Ladaniya, M. (2010). Citrus fruit: biology, technology and evaluation. Academic press.

Lemus, J. S., Rayas, A. H., & Manrique, S. I. R. (2024). Diseño y Desarrollo de un Espectrofotómetro UV-VIS de Coste Moderado para Aplicaciones Educativas y de Investigación. Jóvenes en la ciencia, 28. https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4562

León-Miranda (2012). Determinación de las propiedades físicas en el jugo de la naranja valencia (*Citrus sinensis l*) https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_9e28436337379dcccf1ce7c0cd6f95c1

Liebermann, C., & Burchard, H. (1885). Über die Farbreaktionen einiger Terpene. Berichteder Deutschen Chemischen Gesellschaft, 18(2), 1803-1813.

Liew, S. S., Ho, W. Y., Yeap, S. K., & Sharifudin, S. A. B. (2018). Phytochemical composition and in vitro antioxidant activities of *Citrus sinensis* peel extracts. *PeerJ*, *6*, e5331.

Llontop, S, M & Nunura, A, M (2015). Extracción y caracterización del aceite esencial y pectina de naranja (*Citrus sinensis*) obtenidos de los desechos recolectados en las juguerías del mercado modelo del distrito de Lambayeque [Tesis de grado] Universidad Nacional Pedro Ruiz Galllo. file:///C:/Users/ACER/Downloads/BC-TES-3888.pdf

Lluís, B, J. (1995). Principios Activos Y Preparaciones Farmacéuticas De Las Plantas Medicinales. Natura Midicatrix. file:///C:/Users/Meson/Downloads/DialnetPrincipiosActivosYPreparacionesFarmaceuticasDeLasP-4989379.pdf

Lu, Q., Huang, N., Peng, Y., Zhu, C., & Pan, S. (2019). Peel oils from three Citrus species: Volatile constituents, antioxidant activities and related contributions of individual components. *Journal of food science and technology*, *56*(10), 4492-4502. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03937-w

Magwaza, L. S., & Opara, U. L. (2015). Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 184, 179–192. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.021

Mahajan, B. V. C., Singh, R., & Kumar, M. (2016). Quality assurance and shelf-life extension of kinnow mandarin fruit under supermarket conditions. *International journal of fruit science*, *16*(1), 94-102. https://doi.org/10.1080/15538362.2015.1061959

Maksoud, S., Abdel-Massih, RM, Rajha, HN, Louka, N., Chemat, F., Barba, FJ, & Debs, E. (2021). Componentes activos, efectos biológicos y métodos de extracción de *Citrus aurantium* L.: una revisión actualizada. *Moléculas*, *26* (19), 5832. https://www.mdpi.com/1420-3049/26/19/5832

Marcos, Ú (2007). Polifenoles ¿que son y cuantos tipos hay? https://www.vinetur.com/2022022468044/polifenoles-que-son-y-cuantos-tipos-hay.html

Martínez, H, J. (1999). La Toronja (*Citrus Paradisi Mcfad*) Y Los Principales Cítricos De México. [Tesis de pregrado] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/754/T10954%20MARTINEZ%20HERNANDEZ%2C%20JOAQUIN%20monografia.pdf?sequence=1

Meza, A., & Nancy, E. (2011). Estudio de la cinética de degradación térmica del ácido ascórbico durante la pasteurización del zumo de naranja valencia (*Citrus sinensis*). https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_d5779cae8286742bef8255bcf574620d

Miranda, V, K (2023). Estabilidad térmica, fenólica y antioxidante de la encapsulación por liofilización de los aceites esenciales de la cáscara de naranja; variedad valencia (*Citrus sinensis*). Universidad Nacional Agraria De La Selva https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5f3d0903-e30e-429b-9a3e-02ceb2b704f7/content

Mite, A. I. A., Loor, J. L. M., Casillas, D. O. C., & Larreta, F. S. G. (2022). Estudio comparativo de la composición química, fenoles totales y actividad antioxidante de *Citrus síntesis, Citrus reticulata y Citrus máxima. RECIAMUC*, *6*(3), 535-545.

Moltini, A., Luque, E., Pintos, P., Rivas, F., Ares, G., Alcaire.F., Ibáñez & Lado, J. (2018) Los Frutos Cítricos: color, sabor y salud https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11265/1/revista-INIA-54-setiembre-2018.-p.45-48.pdf

Mora, L, J., Cabrera, C, D., Alarcón, M, A., & García, L, F (2022). Estudio comparativo de polifenoles o fenoles totales y actividad antioxidante de la cascara *Citrus sinensis*. Análisis del comportamiento de las líneas de crédito a través de la corporación financiera nacional y su aporte al desarrollo de las

PYMES en Guayaquil 2011-2015, 6(3), 459–469. https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.459-469

Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C (2010). Tablas de composición de alimentos., 10ª edn: Madrid. https://catedraalimentacioninstitucional.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/09/3-I-tablas_de_composicion_de_alimentos.pdf

Moreno Álvarez, M. J., Machado, A., Padrón, A., García, D., & Belén Camacho, D. R. (2004). Evaluación microbiológica y fisicoquímica de bebidas pasteurizadas fortificadas con extractos de desechos desodorizados de naranja. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, *54*(3), 308-313. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000406222004000300009&script=sci_arttext

Naddaf, Luisana, Avalo, Belkis, & Oliveros, Mariaudy. (2012). Secado por aspersión de jugo natural de naranja utilizando los encapsulantes maltodextrina y goma arábiga. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, *35*(1), 020-027. Recuperado en 14 de marzo de 2026. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702012000100004&lng=es&tlng=es.

Nanobio (2016). Compuestos bioactivos y tecnologías de extracción. ISBN 978-607-97421 57. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b85320f15.pdf#page=40

Nielsen, S. S. (2017). *Food Analysis* (5th Ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5

Nishikawa, F. (2013). Regulation of floral induction in citrus. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 82(4), 283–292. https://doi.org/10.2503/jjshs1.82.283

Orduz, R, Javier, O (s/f). *El Cultivo de Los Cítricos*. Agrosavia.co. Recuperado el 4 de septiembre de 2025. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19139/44423_57532.pdf;jsessionid=0FE591D751BE56B3AC9BCDA2684DEC26?sequence=1

Ospina, M. M., Ciro, V. H. J., & Torres. A (2007). Determinación de la fuerza de la fractura superficial y fuerza de firmeza en frutas de lulo *(Solanum quitoense x Solanum hirtum).* Revista Facultad Nacional de Agronomía. 2007; 60(2):41634178. https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914078018.pdf

Pacheco, J, E (2012). Determinación del contenido de ácido ascórbico y la presencia de terpenos en un grupo de briófitas, propias de la zona amazónica norte del ecuador, expuestas a la acción de una dosis de glifosato [Tesis de pregrado] Escuela Politécnica Nacional. https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/6d144276-2853-4d00-8053-4f69eeaa4656/content

Palermo, Ana María. (2004). Estudio del efecto genotóxico de alcoholes alifáticos de amplio uso aplicando el modelo de Drosophila melanogaster. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3755_Palermo

Pandey, B. P., Thapa, R., & Upreti, A. (2019). Total phenolic content, flavonoids content, antioxidant and antimicrobial activities of the leaves, peels, and fruits of locally available citrus plants collected from Kavre District of Nepal. *International Journal of Pharmacognosy & Chinese Medicine*, *3*, 1-6. https://doi.org/10.23880/ipcm-16000181

Pantaleón. F. E (2024). Características Físicas y Químicas de Frutas. Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N°.289 https://es.scribd.com/presentation/794939036/3-Caracteristicas-Fisicas-y-Quimicas-de-Frutas-y-Hortalizas

Park, M. K., Cha, J. Y., Kang, M. C., Jang, H. W., & Choi, Y. S. (2024). The effects of different extraction methods on essential oils from orange and tangor: From the peel to the essential oil. *Food Science & Nutrition*, *12*(2), 804-814. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10867503/

Peñarrieta, JM, Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, JL y Bravo, JA (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química, 31* (2), 68-81. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339682006

Pérez, I, M (2014). Farmacognosia y medicamentos herbarios. Universidad Central de Venezuela. https://www.academia.edu/43825172/Farmacognosia_y_Medicamentos_Herbarios

Pérez, N., Lugo, C, E; Gutiérrez, L, M & Del-Toro, S, C (2013). Extracción De Compuestos Fenólicos De La Cáscara De Lima *(Citrus limetta Risso*) y Determinación de su Actividad Antioxidante Biotecnia, 15 (3), pp. 18-22. Universidad de Sonora https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971124003

Peris, R, J (2020). Ecología de los terpenos volátiles de la piel de la naranja: comunicación planta-frugívoro. Universidad Politécnica de Valencia. https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=89637907003

Pochteca (2024). *pH en los alimentos: importancia y clasificación*

Quiroz, H. O., Aldana, W., Sandoval, C. A. S., & Teran, B. A. S. (2022). Parámetros óptimos de concentrado de zumo de naranja (*Citrus sinensis)* y su efecto en la vitamina C. *Revista Científica Pakamuros*, *10*(2). https://doi.org/10.37787/twamvp18

Ramful, D., Bahorun, T., Bourdon, E., Tarnus, E., & Aruoma, O. I. (2010). Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology*, *278*(1), 75-87. https://doi.org/10.1016/j.tox.2010.01.012

Ranganna, S. (1986). *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products* (2nd Ed.). Tata McGraw-Hill Publishing Company. https://books.google.com/books?id=2F1eAAAAIAAJ

Rodríguez Arzave, J.A. et al. (2020). Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de cítricos. http://eprints.uanl.mx/id/eprint/23524

Ruiz Sabogal, O. L., Ramírez Sucre, M. O., Rodríguez, I. M., Avilés Betanzos, K. A., & López Martínez, A. (2024). Evaluación del contenido de compuestos

fenólicos y capacidad antioxidante en subproductos de cítricos de la península de Yucatán. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, *19*(1), 87–97. https://doi.org/10.18359/rfcb.7397

Sánchez, R, R (2007). Monografía sobre tetraterpenos y politerpenos, manuales 9 y 10 de una serie de 13, sobre productos naturales. Universidad Nacional Autónoma De México https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2010/febrero/0653794/0653794_A1.pdf

Shehata, M. G., Awad, T. S., Asker, D., El Sohaimy, S. A., Abd El-Aziz, N. M., & Youssef, M. M. (2021). Antioxidant and antimicrobial activities and UPLC-ESI-MS/MS polyphenolic profile of sweet orange peel extracts. *Current research in food science*, *4*, 326-335. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.05.001

Singleton, V. L., y Rossi, J. A. (1965). "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents". American Journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158.

Skoog, DA, West, DM, Holler, FJ y Crouch, SR (2014). *Fundamentos de química analítica* (9. ª ed.). Aprendizaje Cengage.

Spiegel-Roy, P., & Goldschmidt, E. E. (1996). The Biology of Citrus. Cambridge University Press. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=S0-h00_-3CUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Spiegel-Roy,+P.,+%26+Goldschmidt,+E.+E.+(1996).+The+Biology+of+Citrus.+Cambridge+University+Press.+&ots=A0joYLSGEw&sig=NSua-9dd7E96jrJN0sVUcWiX6Co

Supo, J. (2012). Seminario de investigación científica. https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=89637907003

Strano, M. C., Calandra, M., Aloisi, V., et al. (2022). *Postharvest technologies of fresh citrus fruit*. Horticulturae, 8(7), 612. https://doi.org/10.3390/horticulturae8070612

Tripoli, E., Guardia, M., Giammanco, S., Di Majo, D., & Giammanco, M. (2007). Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties. Food Chemistry. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.054

Valero, G, T., Rodríguez, P., Ruiz M, A., Manuel, Á, J & Torres, G, V (2018). La alimentación española características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/2018/libro-la-alimentacion-espanola.pdf

Vargas. S., Figueroa, T., Ferrara, G, & Gallardo. (2018). Actividad biológica de compuestos obtenidos de la lima *Citrus limetta Risso*. http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2018/03_esp.pdf

Velasco, M, A. (2014). Farmacología Y Toxicología Del Alcohol Etílico, O Etanol. Académico de Número. An Real Acad Med Cir Vall 2014; 51:242248 file:///C:/Users/Meson/Downloads/Dialnet-FarmacologiaYToxicologiaDelAlcoholEtilicoOEtanol-5361614%20(1).pdf

Villalba, C, L., Herrera, A, A, & Orduz, R, J (2014). Parámetros de calidad en la etapa de desarrollo y maduración en frutos de dos variedades y un cultivar de mandarina (*Citrus reticulata Blanco*). *Orinoquía, 18* (1), 21-34.

Vicente, A. R., Saladié, M., Rose, J. K. C., & Labavitch, J. M. (2007). The linkage between cell wall metabolism and fruit softening. *Trends in Food Science & Technology*, 18(4), 187–196. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.02.005

Violeta, N. O. U. R., Trandafir, I., & Ionica, M. E. (2010). HPLC organic acid analysis in different citrus juices under reversed phase conditions. *Notulae botanicae horti agrobotanici cluj-napoca*, *38*(1), 44-48. https://doi.org/10.15835/nbha3814569

Waterman, P. G., y Mole, S. (1994). "Analysis of phenolic plant metabolites". Blackwell Scientific Publications, Oxford. https://ecobiouvm.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/08/sipro-sinopsis-del-libro.pdf

Wong, P, J., Aguilar, Z., Pedro, V, F, & Muñiz, M, Diana, B (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, *23*, e20200255. Pub. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2075-61942017000200006&lng=en

Yadav, N. K., Ali, A., Dev, R., & Pandurang, M. (2019). Evaluation of physical properties of different grades of kinnow mandarin. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *8*(1), 1414-1417. https://www.academia.edu/download/78025588/7-6-558-933.pdf

ANEXO

Anexo 1. Contenido de terpenos (mg EL/100g) en cuatro especies del género *Citrus*. Ayacucho. 2026.

	Muestra			
Alcohol	*Citrus aurantium* L. "Naranja"	*Citrus limon* (L) *Osbeck* "Limón"	*Citrus reticulata* "Mandarina"	*Citrus limetta* "Lima"
Metanol	0.214	0.510	0.893	0.192
Etanol	0.226	0.403	0.681	0.169

Anexo 2. Contenido de fenoles (mg EAG/100g) en cuatro especies del género *Citrus*. Ayacucho. 2026

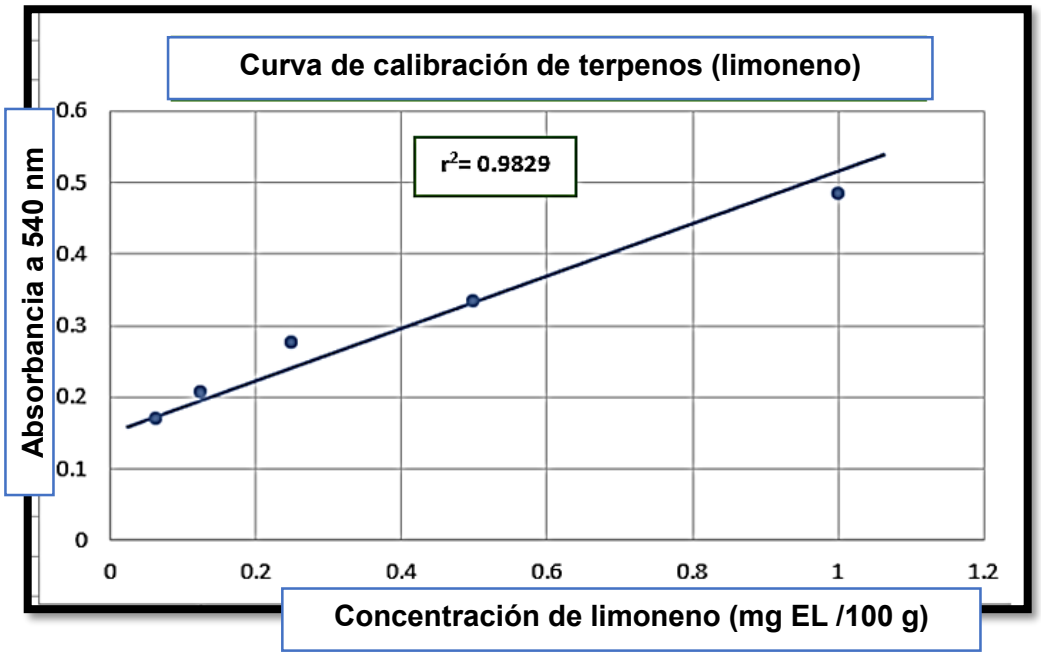
	Muestra			
Alcohol	*Citrus aurantium* L. "Naranja"	*Citrus limon* (L) *Osbeck* "Limón"	*Citrus reticulata* "Mandarina"	*Citrus limetta* "Lima"
Metanol	0.064	0.106	0.094	0.207
Etanol	0.066	0.113	0.326	0.114

Anexo 3. Caracterización fisicoquímica de cuatro especies del género *Citrus.*

	Muestras			
Parámetros	*Citrus aurantium* L.	*Citrus limon* (L.) *Osbeck*	*Citrus reticulata*	*Citrus limetta*
Firmeza (kg/ cm^2)	1.4	6.7	0.4	1.6
Densidad (g/mL)	1.0365	1.033	1.0254	1.021
Acidez titulable (%)	0.97	5.35	1.25	0.36
Sólidos solubles totales (°Brix)	9.6741	9.4972	11.7156	10.9681
pH	4.42	2.18	4.05	5.43

Anexo 4. Curva de calibración de terpenos.

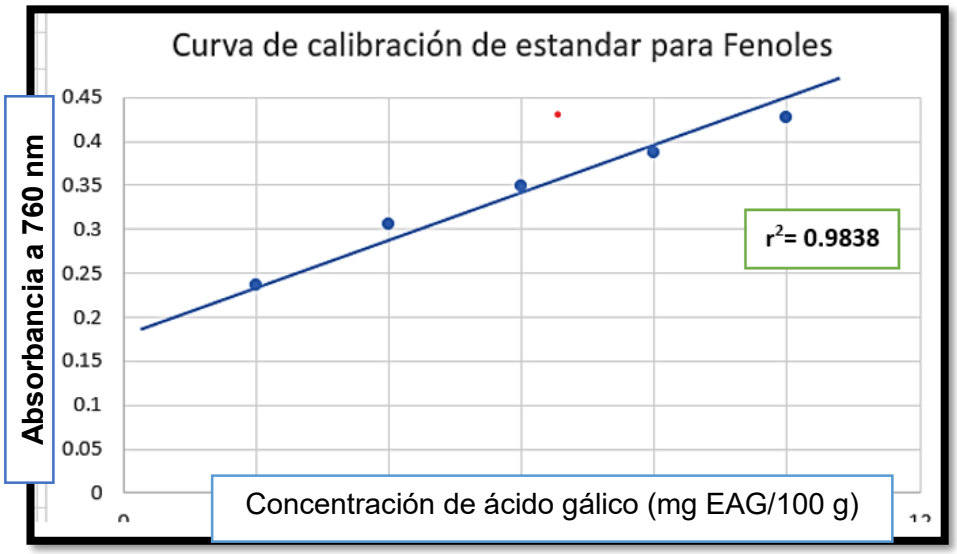
Concentración de Limoneno (mg EL/100g)	Abs. (Limoneno) (540 nm)
$6.25 * 10^{-6}$	0.170
$12.50 * 10^{-6}$	0.206
$25.00 * 10^{-6}$	0.275
$50.00 * 10^{-6}$	0.334
$100.00 * 10^{-6}$	0.484



El gráfico representa la curva de calibración del limoneno, obtenida a partir de las absorbancias registradas a 540 nm. Para establecer la relación entre la concentración del limoneno y la absorbancia, se determinó una línea de tendencia lineal. La ecuación obtenida fue Y = 0,0383x − 0,007, mientras que el coeficiente de determinación **(**R^2 = 0,9829**)** evidencia un alto grado de ajuste entre las variables, lo que respalda la confiabilidad de la curva de calibración empleada en el análisis.

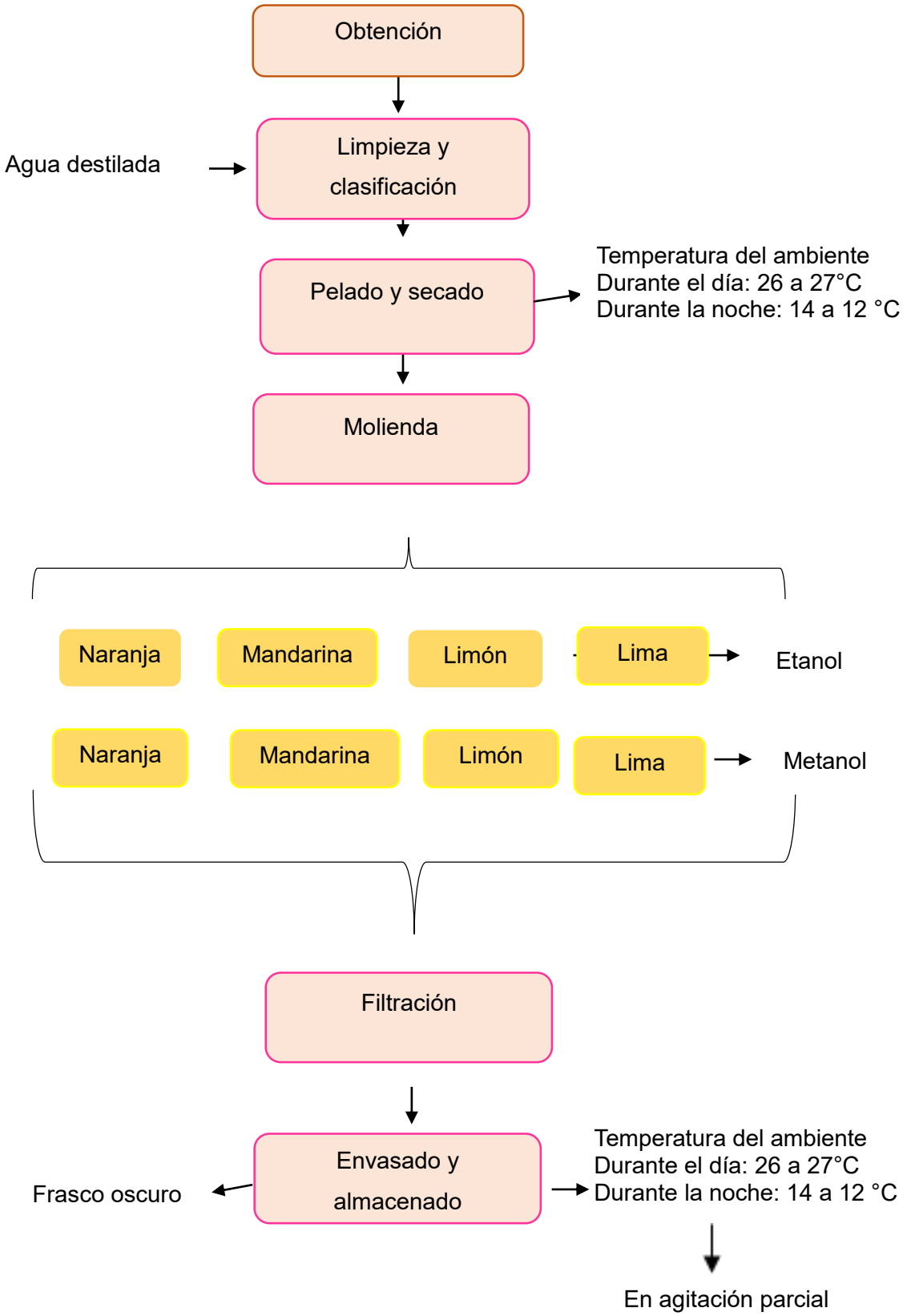
Anexo 5. Curva de calibración de fenoles.

Concentración de Ácido gálico (mg EAG/100g)	Abs. (Fenoles) (760 nm)
20	0.237
40	0.305
60	0.349
80	0.388
100	0.427

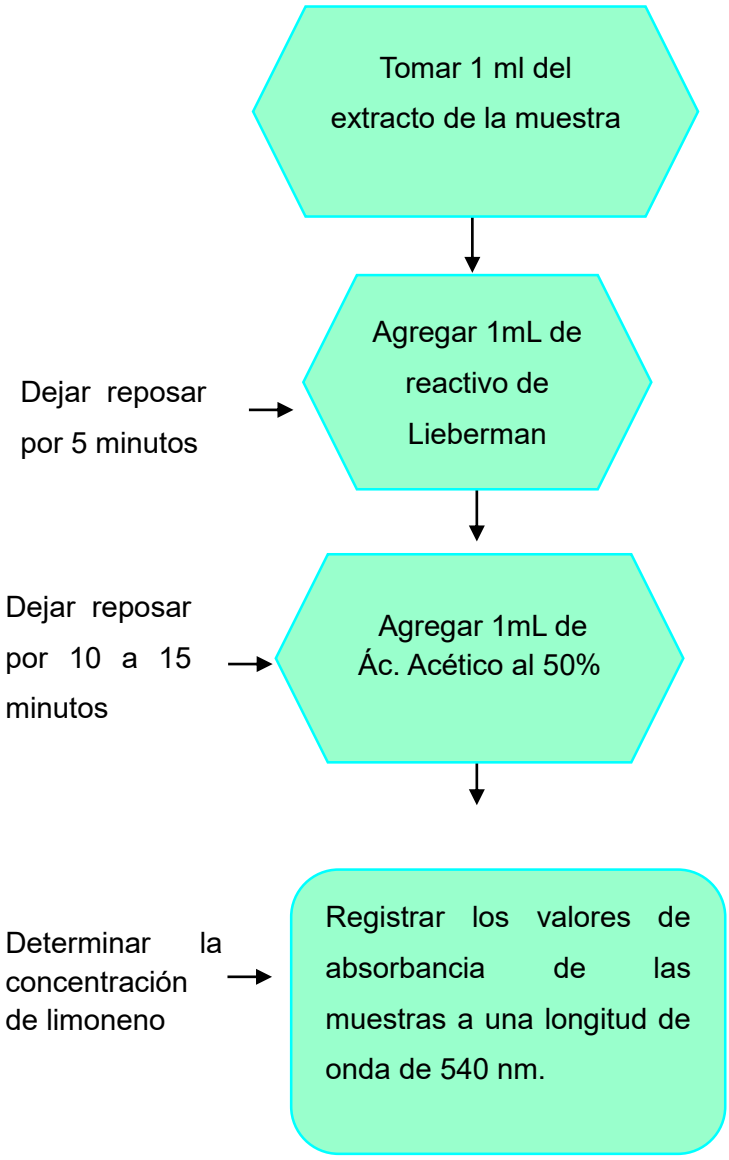


El gráfico muestra la curva de calibración correspondiente al ácido gálico, obtenida a partir de las absorbancias registradas a 760 nm. Para establecer la relación entre la concentración del ácido gálico y los valores de absorbancia. La ecuación de la recta fue Y = 0,0083x + 0,0231, con un coeficiente de determinación de R^2 = 0,9838, lo que evidencia un elevado grado de ajuste lineal y respalda la confiabilidad de la curva de calibración empleada en el análisis.

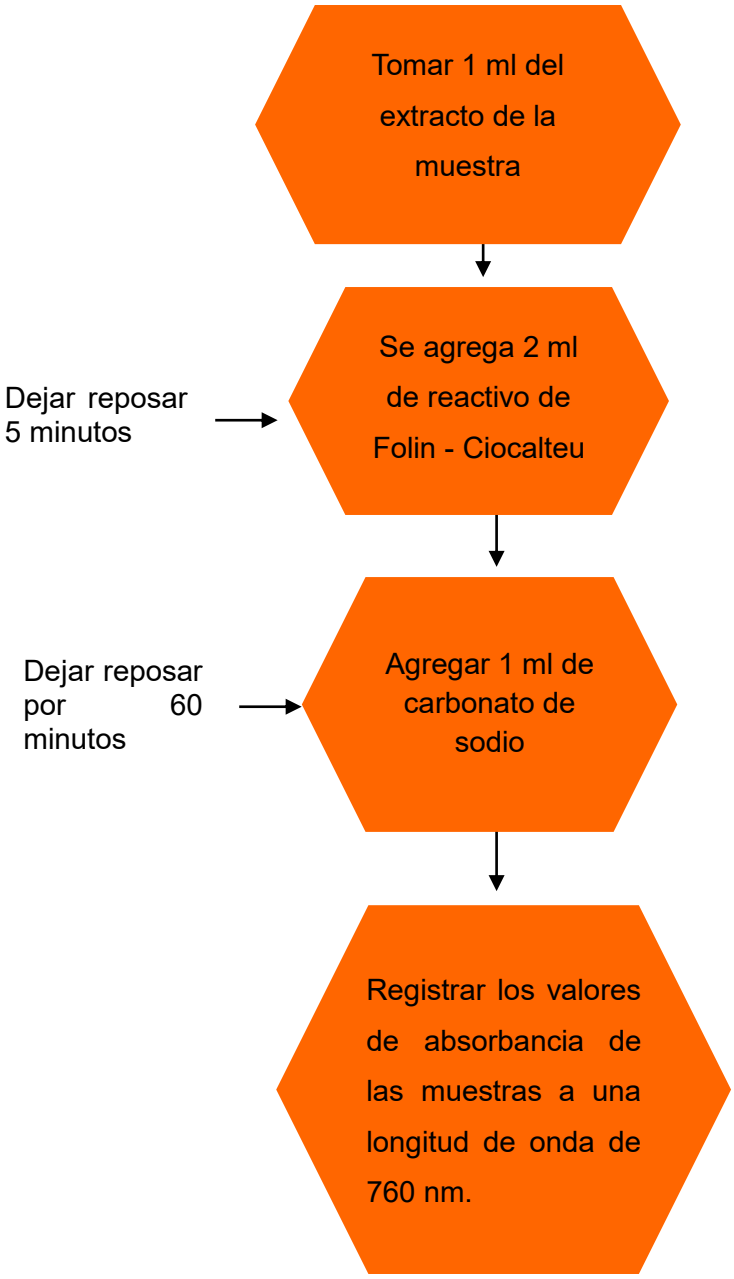
Anexo 6. Flujograma para la obtención de cáscara molida de cuatro especies del género *Citrus*.



Anexo 7. Flujograma para la determinación de terpenos en las muestras de las cuatro especies del género *Citrus* según metodología adaptada.



Anexo 8. Flujograma para la determinación de fenoles en las muestras de las cuatro especies del género *Citrus* según metodología adaptada.



Anexo 9. Recolección de cuatro especies del género *Citrus* Ayacucho 2026.

Figura 1: Muestra de *Citrus reticulata* “mandarina”

Figura 2: Muestra de *Citrus aurantium* L. “naranja”

Figura 3: Cuatro especies del género *Citrus*:

- *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”
- *Citrus aurantium* L. “naranja”
- *Citrus limetta* “lima”
- *Citrus reticulata* “mandarina”

Anexo 10. Procesamiento de obtención de cáscara seca y trozada

Figura 1. Cáscara de *Citrus aurantium* L. "naranja"

Figura 2. Cáscara de *Citrus limetta* "lima"

Figura 3. Cáscara de *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limon"

Figura 4. Cáscara de *Citrus reticulata* "mandarina"

Figura 5. Preparación de las muestras de cáscaras.

Figura 6. Pesaje de Cáscara

Anexo 11. Procesamiento de la filtración del extracto de cáscara de cuatro especies del género *Citrus.*

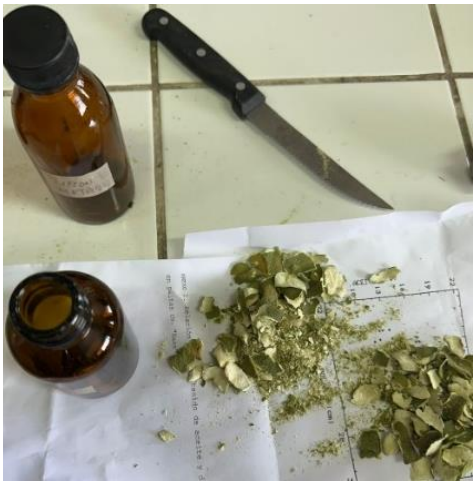


Figura 1. Preparación de las muestras de cáscaras en los solventes.

Figura 2. Solventes alifáticos: Metanol y etanol.

Figura 3. Medición de los solventes para realizar la maceración de las muestras de cáscara.

Figura 4. Muestras de cáscara de cítricos en etanol.

Figura 5. Filtración del extracto de cáscara de *Citrus limon* (L) *Osbeck.* "limón"

Figura 6. Filtración del extracto de las muestras de las cuatro especies del género *Citrus.*

Figura 7. Extracto metanólico y etanólico de las cuatro especies del género *Citrus*.

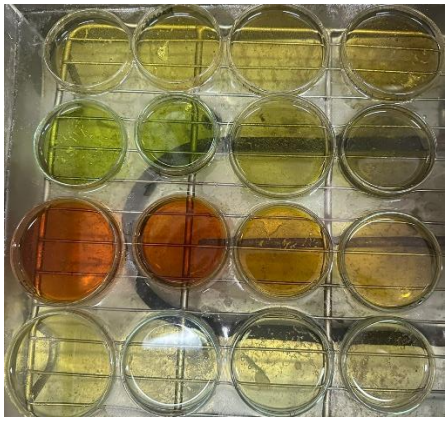


Figura 8. Muestras de las cuatro especies del género *Citrus* en baño maría.

Figura 9. Extracto etanólico y metanólico de:

- *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limon”
- *Citrus reticulata* “mandarina”
- *Citrus aurantium* L. “naranja”

Anexo 12. Preparación de diferentes concentraciones de limoneno para determinar la curva de calibración.

Figura 1. Preparación de diluciones para la solución estándar de limoneno por el método de Lieberman – Burchard.

Figura 2. Adición del reactivo de Lieberman - Burchard y ácido acético al 50%.

Figura 3. Lectura de la absorbancia de las soluciones estándar a 540 nm.

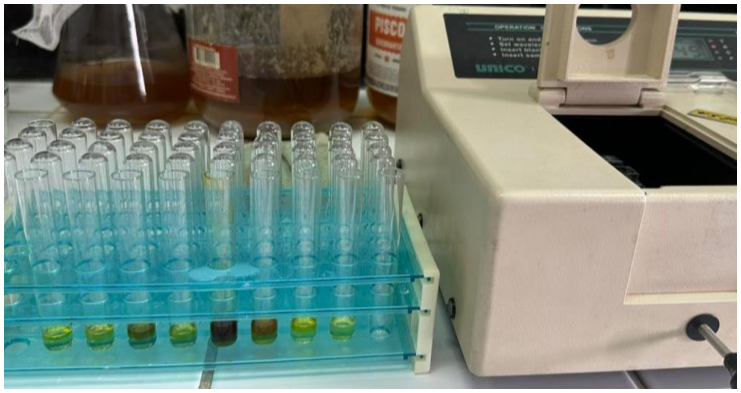


Figura 4. Lectura de absorbancia en la muestra de cítricos.

Anexo 13. Preparación de soluciones patrón de ácido gálico a diferentes concentraciones para establecer la curva de calibración

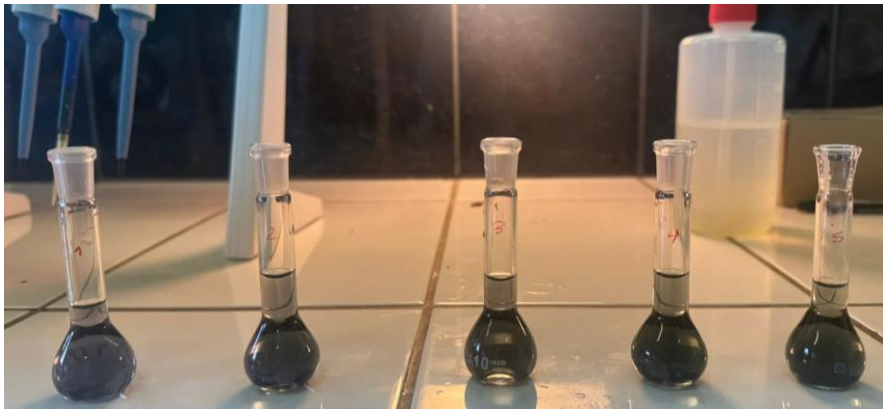


Figura 1. Preparación de diluciones para la solución estándar de ácido gálico por el método de Folin – Ciocalteu.

Figura 2. Adición del reactivo de FC Y carbonato de sodio.

Figura 3. Lectura de la absorbancia de las diluciones estándar a 760 nm.

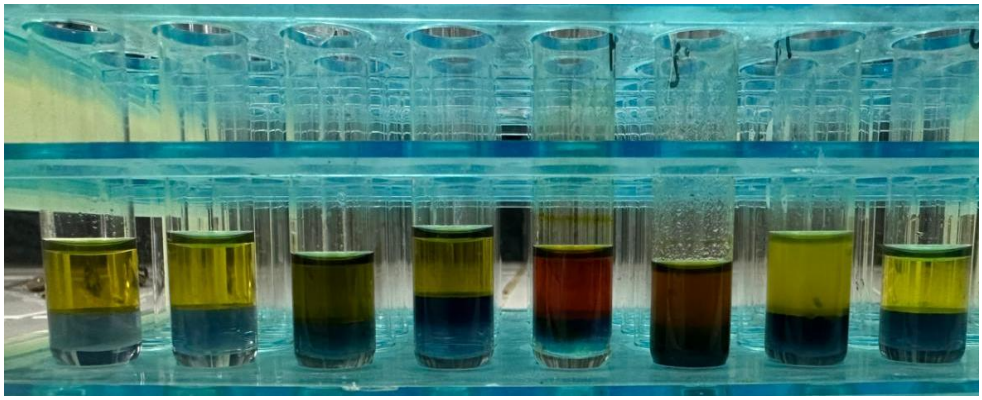


Figura 4. Fenoles en extracto etanólico y metanólico de cáscara de *Citrus aurantium* L., *Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta.*

Anexo 14. Determinación de la firmeza de las cuatro especies del género *Citrus*.

Figura 1. Muestra de *Citrus limon* (L.) *Osbeck* "limon", *Citrus aurantium* L. *"naranja", Citrus limetta "lima"* y *Citrus reticulata* "mandarina" con el equipo de medición de la firmeza denominado penetrómetro.

Figura 2. Determinación de la firmeza.

Figura 3. Lectura de la firmeza en *Citrus limetta.*

Figura 4. Muestra de *Citrus aurantium* L." naranja".

Figura 5. Muestra *de Citrus reticulata* "mandarina".

Figura 6. Muestra de *Citrus limetta* “lima”.

Figura 7. Muestra de *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limon”.

Anexo 15. Determinación de la densidad de las cuatro especies del género *Citrus.*

Figura 1. Muestras de zumo para la determinación de la densidad.

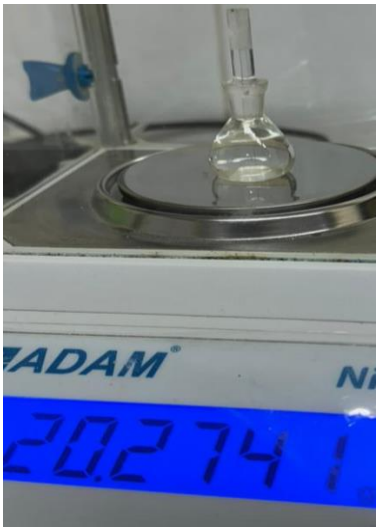


Figura 2. Pesaje del picnómetro con agua destilada para la calibración del equipo.

Figura 3. Muestra de *Citrus aurantium* L.” naranja”.

Figura 4. Muestra de *Citrus limon* (L.) *Osbeck* “limón”.

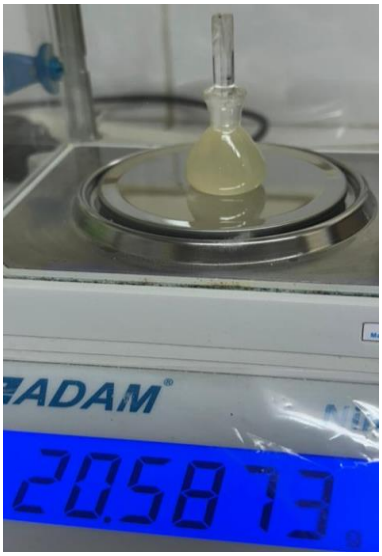


Figura 5. Muestra de *Citrus limetta* “lima”.

Figura 6. Muestra de *Citrus reticulata* “mandarina”.

Anexo 16. Determinación del pH de las cuatro especies del género *Citrus.*

Figura 1. Muestras de zumo para la determinación del pH.

Figura 2. Determinación del pH en *Citrus reticulata* “mandarina”.

Figura 3. Determinación del pH en *Citrus limetta* “lima”.

Anexo 17. Determinación de la acidez titulable de las cuatro especies del género *Citrus.*

Figura 1. Muestra de zumo para la determinación de la acidez titulable.

Figura 2. Determinación de la acidez titulable.

Anexo 18. Constancia de identificación de las cuatro especies de género *Citrus*.

CONSTANCIA

LA BIOLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:

Que, la Bach. en Ciencias Biológicas **Srta Candy, YALLICO CHOQUECAHUA,** ha solicitado la identificación de unas muestras vegetales para trabajo de tesis.

Dichas muestras han sido estudiadas y determinadas según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988. siendo su taxonomía la siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ROSIDAE
ORDEN	:	SAPINDALES
FAMILIA	:	RUTACEAE
GENERO	:	Citrus
ESPECIES	:	Citrus aurantium L. " naranja ".
	:	Citrus reticulata " lmandarina "
		Citrus limetta " lima "
		Citrus limon (L.) Osbeck. "limóm"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 30 de octubre del 2 025

LAURA AUCASIME MEDINA
BIÓLOGA
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

Anexo 19. Matriz de consistencia.

Título: Caracterización fisicoquímica y compuestos terpénicos, fenólicos en extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género *Citrus*. Ayacucho 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLE EINDICADORES	HIPOTESIS	METODOLOGÍA
¿Cuáles son las características fisicoquímicas y que concentración de compuestos terpénicos y fenólicos presentan los extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género *Citrus*?	**Objetivo general** • Evaluar las características fisicoquímicas y la concentración de compuestos terpénicos y fenólicos presentes en extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género *Citrus.* • **Objetivos específicos** • Determinar el contenido de compuestos terpénicos de extracto etanólico y metanólico en cáscaras de *Citrus aurantium* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta* • Determinar el contenido de compuestos fenólicos de extracto etanólico y metanólico en cáscaras de *Citrus aurantium* L, *Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta.* • Determinar la firmeza de la pulpa de *Citrus aurantium* L., *Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta* • Determinar la densidad de zumo de *Citrus aurantium* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta.* • Determinar la acidez titulable de *Citrus aurantium* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta.* • Determinar SST de Zumo de *Citrus aurantium* L*, Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta.* • Determinar el pH de zumo de *Citrus aurantium* L, *Citrus limon* (L.) *Osbeck. Citrus reticulata y Citrus limetta.*	**Marco conceptual** - Cítricos - Terpenos - Fenoles - Alcoholes alifáticos - Caracterización fisicoquímica - Espectrofotometría	**Variable de estudio** - Compuestos fenólicos - Compuestos terpénicos - Extractos alcohólicos - Características fisicoquímicas **Indicadores de estudio** - *Citrus aurantium* L. - *Citrus limon* (L.) *Osbeck.* - *Citrus reticulata* - *Citrus limetta*.	La cáscara de, *Citrus aurantium* L, *Citrus limon*, (L.) *Osbeck*, *Citrus reticulata* y *Citrus limetta presentan* contenidos diferentes de terpenos, fenoles y características fisicoquímicas variadas del zumo y pulpa.	**TIPO DE INVESTIGACIÓN** Descriptivo – comparativo **DISEÑO DE INVESTIGACION** No experimental – transversal **POBLACIÓN** Conformada por frutos de *Citrus aurantium* L, *Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta*. **MUESTRAS** Un kilogramo de frutos de *Citrus aurantium* L, *Citrus limon* (L.) *Osbeck, Citrus reticulata y Citrus limetta*. **METODOLOGÍA.** • Selección • Lavado • Molienda • Maceración • Determinación de terpenos y fenoles por espectrofotometría. . • Determinación de características fisicoquímicas. **ANÁLISIS ESTADÍSTICO.** Se determinó los parámetros estadísticos descriptivos, como la media, desviación estándar, media aritmética, gráficos y tablas.

UNSCH FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Candy YALLICO CHOQUECAHUA
RESOLUCIÓN DECANAL N° 105-2026-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde del día jueves dieciséis de julio del año dos mil veintiséis; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, actuando como presidente encargado el Blgo. Tomás Yuret Miranda Tomasevich, con Memorando N° 145-2026-UNSCH-FCB-D con fecha catorce de julio del dos mil veintiséis; a su vez (Miembro – Jurado), Dr. Jesús Javier Ñaccha Urbano (Miembro - Jurado), Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi (Miembro - Asesor) y actuando como secretaria docente la Mg. María Victoria Vilchez Malca con Memorando N° 149–2026–UNSCH(IN)-FCB con fecha catorce de julio del dos mil veintiséis; para presenciar la sustentación de tesis Titulada: **Caracterización fisicoquímica y compuestos terpénicos, fenólicos en extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género *Citrus*. Ayacucho 2025**, presentado por la **Bach. Candy YALLICO CHOQUECAHUA;** el presidente (e) luego de verificar la documentación que da fe al acto académico indica al secretario docente dar lectura. Seguidamente informa a la sustentante que cuenta con un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos tal como se establece en el Reglamento General de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente (e) invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus preguntas y observaciones, luego invitó a la sustentante y al público presente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Blgo. Tomás Yuret Miranda Tomasevich	19	19	19
Dr. Jesús Javier Ñaccha Urbano	19	19	19
Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi	19	19	19
PROMEDIO			**19**

La sustentante alcanzó el promedio de diecinueve (19) aprobatorio. Acto seguido, el presidente (e) invitó a ingresar a la sustentante y público presente al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el presidente (e) dio a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las seis de la tarde del mismo día; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

Blgo. Tomás Yuret MIRANDA TOMASEVICH
Miembro – Jurado

Dr. Jesús Javier ÑACCHA URBANO
Miembro – Jurado

Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI
Miembro - Asesor

Mg. María Victoria Vilchez Malca
Secretario – Docente

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 39-2026-FCB-D

Yo, SERAPIO ROMERO GAVILÁN, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Caracterización fisicoquímica y compuestos terpénicos, fenólicos en extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género *Citrus*. Ayacucho 2025**, por CANDY YALLICO CHOQUECAHUA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 8%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 14 de agosto de 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

Dr. Victor Luis Cárdenas López
DIRECTOR(e)

Caracterización fisicoquímica y compuestos terpénicos, fenólicos en extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género Citrus. Ayacucho 2025

por CANDY YALLICO CHOQUECAHUA

Fecha de entrega: 14-ago-2026 04:42p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3012566408
Nombre del archivo: YALLICO_CHOQUECAHUA-Candy-pregrado-2026_TURNITIN.pdf (712.62K)
Total de palabras: 10501
Total de caracteres: 58376

Caracterización fisicoquímica y compuestos terpénicos, fenólicos en extractos de alcoholes alifáticos en cáscaras de cuatro especies del género Citrus. Ayacucho 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	8%	4%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	sro.sussex.ac.uk Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
3	revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	biotecnia.unison.mx Fuente de Internet	<1%
6	revistas.umng.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Autónoma de Madrid Trabajo del estudiante	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Internacional Isabel I de Castilla Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1%
11	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		