

Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Tesis

**Recuperación de compuestos fenólicos del  
residuo de naranja (*Citrus sinensis*) mediante  
Soxhlet automatizado y determinación de su  
actividad antioxidante**

Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

**Autor:**

Noemi García Gomez

<https://orcid.org/0000-0001-7217-0250>

**Asesor:**

Ing. Dr. José Luis Pasquel Reátegui

<https://orcid.org/0000-0001-6467-394X>

**Coasesor:**

Ing. Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge

<https://orcid.org/0000-0002-3263-6869>

Tarapoto, Perú

2024



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Tesis

**Recuperación de compuestos fenólicos del  
residuo de naranja (*Citrus sinensis*) mediante  
Soxhlet automatizado y determinación de su  
actividad antioxidante**

Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

**Autor:**

Noemi García Gomez

**Sustentado y aprobado el 22 de febrero del 2024, por los jurados:**

**Presidente de Jurado**

Ing. Dra. Mari Luz Medina Vivanco

**Secretario de Jurado**

Ing. Dr. Enrique Navarro Ramirez

**Vocal de Jurado**

Ing. Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada

**Asesor**

Ing. Dr. José Luis Pasquel  
Reátegui

**Coasesor**

Ing. Dr. Manuel Fernando  
Coronado Jorge

Tarapoto, Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN CONDUCTENTES A  
GRADOS Y TÍTULOS N° 017-2024

Jurado reconocido con Resolución N° 032-2022-UNSM/FIAI-D/NLU.

A las 4:15 horas del día veintidos de febrero del 2024, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial – Ciudad Universitaria, inició el acto público de sustentación del trabajo de tesis “RECUPERACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL RESIDUO DE NARANJA (*Citrus sinensis*) MEDIANTE SOXHLET AUTOMATIZADO Y DETERMINADO DE SU ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE” para optar al título profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL, presentado por la Bach. Noemí García Gomez.

Instalada la Mesa Directiva conformada por Ing. Dra. Mari Luz MEDINA VIVANCO (presidente del jurado), Ing. Dr. Enrique NAVARRO RAMÍREZ (secretario), Ing. Dr. Oscar Wilfredo MENDIETA TABOADA (vocal), acompañados por el Ing. Dr. José Luis PASQUEL REÁTEGUI (asesor); y el Ing. Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge (coasesor); el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Resolución N° 032-2022-UNSM/FIAI-CF/NLU.

Seguidamente la autora expuso el trabajo de investigación y el jurado evaluador realizó las preguntas pertinentes, respondidas por la sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

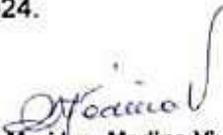
Una vez terminada la ronda de preguntas, el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

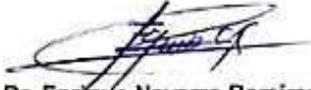
Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue DIECISIETE..... (17).

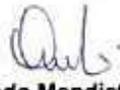
De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es APROBATORIA y correspondiente a la calificación de MUY BUENO. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que la autora deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendario.

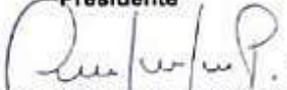
Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 001-2024 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

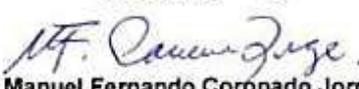
Firman los integrantes de la Mesa Directiva y la autora del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 10:00 horas, el mismo día de 22 de febrero del 2024.

  
Dra. Mari Luz Medina Vivanco  
Presidente

  
Dr. Enrique Navarro Ramirez  
Secretario

  
Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada  
Vocal

  
Dr. José Luis Pasquel Reátegui  
Asesor

  
Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge  
Coasesor

  
Bach. Noemí García Gomez  
Autora

## Declaratoria de autenticidad

**Noemi García Gomez**, con DNI N° 74437645, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Recuperación de compuestos fenólicos del residuo de naranja (*Citrus sinensis*) mediante Soxhlet automatizado y determinación de su actividad antioxidante.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 22 de febrero del 2024.

  
  
**Noemi García Gomez**  
DNI N° 74437645

## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b> Recuperación de compuestos fenólicos de residuo de naranja (<i>citrus sinensis</i>) mediante Soxhlet automatizado y determinación de su capacidad antioxidante</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Ingeniería y Tecnología  <b>Línea de investigación:</b> Ingeniería de Procesos  <b>Sublínea de investigación:</b> Ingeniería de Procesos Agroindustriales  <b>Grupo de investigación:</b> Ingeniería y Tecnología Agroindustrial (ITAG) – Resolución N° 025-2022-UNSM/FIAI-CF-NLU.  <b>Tipo de investigación:</b>          Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autor:</b> Noemi García Gomez</p>	<p>Facultad de Ingeniería Agroindustrial          Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial  <a href="https://orcid.org/0000-0001-7217-0250">https://orcid.org/0000-0001-7217-0250</a></p>
<p><b>Asesor:</b> Ing. Dr. José Luis Pasquel Reátegui</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b>          Facultad de Ingeniería Agroindustrial          Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial          Unidad o Laboratorio Ingeniería Agroindustrial  <a href="https://orcid.org/0000-0001-6467-394X">https://orcid.org/0000-0001-6467-394X</a></p>
<p><b>Coasesor:</b> Ing.Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge</p>	<p><b>Contraparte científica:</b>          Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial  <a href="https://orcid.org/0000-0002-3263-6869">https://orcid.org/0000-0002-3263-6869</a></p>

## **Dedicatoria**

Este trabajo de tesis se lo dedico a mis amados padres, que gracias a su esfuerzo incansable hicieron posible que culmine mi formación profesional. A mi amada y pequeña hija, quien con su existencia me motiva a continuar día a día.

## **Agradecimientos**

Culminado este largo proceso lleno de aprendizaje, expreso mi más sincero agradecimiento al personal del Laboratorio de Ingeniería de Procesos (LABIP), del mismo modo al Ing. Dr. José Luis Pasquel Reátegui, quien con su asesoría y ayuda permitió la realización de esta tesis. Al Ing. Dr. Manual Fernando Coronado Jorge por su orientación y ayuda a lo largo del periodo de redacción. A mi gran amigo, quien gracias a su incansable paciencia y dedicación me acompañó durante todo el proceso de realización de esta tesis.

## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Antecedentes de la investigación .....	17
2.2. Fundamentos teóricos .....	18
2.2.1. Naranja .....	18
2.2.2. Utilización de residuos agroindustriales para la extracción de sustancias bioactivas.....	20
2.2.3. Extracción .....	21
2.3. Definición de términos básicos .....	24
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	25
3.1.1 Contexto de la investigación.....	25
3.1.2 Periodo de ejecución.....	25
3.1.3 Autorizaciones y permisos.....	25
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad .....	25
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales .....	25
3.2. Sistema de variables .....	26
3.2.1. Variables principales.....	26
3.3 Procedimientos de la investigación.....	26
3.3.1. Objetivo específico 1 (Caracterizar la materia prima en términos de su composición centesimal) .....	26
3.3.2. Objetivo específico 2 (Evaluar la influencia de la proporción solvente: agua y tiempo de extracción usando metanol y etanol como solventes extractores mediante soxhlet automatizado, sobre el rendimiento global de extracción) .....	27

3.3.3. Objetivo específico 3 (Caracterizar y evaluar los compuestos fenólicos presentes en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja).....	28
3.3.4. Objetivo específico 4 (Determinar la actividad antioxidante (DPPH y ABTS) presente en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja). ....	29
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1. Resultado específico 1 (Caracterizar la materia prima en términos de su composición centesimal) .....	30
4.2. Objetivo específico 2 (Evaluar la influencia de la proporción solvente: agua y tiempo de extracción usando metanol y etanol como solventes extractores mediante soxhlet automatizado, sobre el rendimiento global de extracción) .....	31
4.2.1. Rendimiento global de extracción (%).....	31
4.3. Resultado específico 3 (Caracterizar y evaluar los compuestos fenólicos presentes en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja).....	32
4.4. Resultado específico 4 (Determinar la actividad antioxidante (DPPH y ABTS) presente en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja). ....	34
4.4.1. Actividad antioxidante mediante ABTS .....	34
4.4.2. Actividad antioxidante mediante DPPH.....	36
CONCLUSIONES.....	38
RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS .....	44

## Índice de tablas

Tabla 1 Composición nutricional de la naranja.....	18
Tabla 2 Principales compuestos activos en la cáscara de naranja.....	19
Tabla 3 Diseño experimental Factorial Completo.....	27
Tabla 4. Composición centesimal del residuo de naranja .....	30
Tabla 5. Rendimiento de extracción etanol/metanol .....	31
Tabla 6 Contenido de fenoles totales del residuo de naranja.....	32
Tabla 7 Actividad antioxidante mediante ABTS .....	34
Tabla 8. Actividad antioxidante mediante DPPH.....	36

## Índice de figuras

Figura 1 Fruto de Naranja.....	18
Figura 2 Principales estructuras de los flavonoides .....	20
Figura 3 Residuos de Naranja .....	21

## RESUMEN

La industria agroalimentaria genera toneladas de subproductos y residuos anualmente. Sumado a ello, las nuevas tecnologías de extracción de compuestos bioactivos buscan extractos de alta pureza y procedimientos amigables con el ambiente, como también la valorización de esta biomasa generada en la agroindustria para el desarrollo de alimentos funcionales y farmacéuticos. Por tal motivo, que el presente estudio tuvo como objetivo determinar el porcentaje de compuestos fenólicos presentes en el extracto de residuo de naranja (*Citrus sinensis*), utilizando la técnica de extracción por soxhlet automatizado y determinar su actividad antioxidante. La materia prima presentó alto contenido de carbohidratos 83,3g/100g de muestra, fibra 11,2 g/100g de muestra y proteína 5,2 g/100g de muestra. Para la extracción se evaluaron los factores, relación proporción solvente/agua (50/50, 75/25 y 100/00 %v/v) y tiempo de extracción (60 y 120 min). Se logró mayor rendimiento de extracción con etanol en la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v) a 120 minutos (51,83±131% de rendimiento). Mientras que con metanol con la proporción solvente/agua 100/00 (%v/v) y a 120 minutos (46,26±1,16 % de rendimiento). La evaluación de fenoles totales se realizó por el método de Folin Ciocalteau. Donde mayor eficiencia con etanol presentó la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v) a 120 minutos, reportando 5,85±0,20 mgGAE/g ms. En el caso del metanol quienes mayor eficiencia presentaron fueron la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v) y 75/25 (%v/v) ambos a 120 minutos, 5,19±0,19 mgGAE/g ms y 5,62±0,12 mgGAE/g ms respectivamente. Para determinar la actividad antioxidante se utilizó los métodos de ABTS y DPPH. Por ABTS usando etanol la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v) y 75/25 (%v/v) ambos a 120 minutos resultaron las más eficientes, reportando valores 39,46±2,83 % de inhibición y 38,12±0,74 % de inhibición. Sin embargo, con metanol los tratamientos no presentaron diferencia significativa. Del mismo modo, por DPPH, utilizando etanol la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v) y 75/25 (%v/v) ambos a 120 minutos, presentaron mayor porcentaje de inhibición, 63,50±1,86 % de inhibición y 69,02±0,83 % de inhibición respectivamente. Por otro lado, el metanol no presentó diferencia significativa entre sus tratamientos. Esto nos permite concluir que tanto la proporción solvente/agua y el tiempo de extracción influyen en el rendimiento de extracción, compuestos fenólicos y actividad antioxidante del residuo de naranja.

**Palabras clave:** soxhlet automatizado, compuestos fenólicos, residuo de naranja, actividad antioxidante, ambiente.

## ABSTRACT

Each year, the agri-food industry generates tons of by-products and waste. In addition, new technologies for the extraction of bioactive compounds seek high purity extracts and environmentally friendly procedures, as well as the valorization of this biomass generated in the agroindustry for the development of functional foods and pharmaceuticals. For this reason, the present study aimed to determine the percentage of phenolic compounds present in the extract of orange (*Citrus sinensis*) residue, using the automated soxhlet extraction technique and to determine its antioxidant activity. The raw material presented high carbohydrate content 83.3 g/100 g of sample, fiber 11.2 g/100 g of sample and protein 5.2 g/100 g of sample. For extraction, the factors, solvent/water ratio (50/50, 75/25 and 100/00 %v/v) and extraction time (60 and 120 min) were evaluated. Higher extraction yield was achieved with ethanol at the solvent/water ratio 75/25 (%v/v) at 120 min (51.83±131% yield) than with methanol at solvent/water ratio 100/00 (%v/v) and at 120 minutes (46.26±1.16 % yield). The evaluation of total phenols was carried out by the Folin Ciocalteu method where the highest efficiency with ethanol presented the solvent/water ratio 75/25 (%v/v) at 120 minutes, reporting 5.85±0.20 mgGAE/g ms. In the case of methanol, the solvent/water ratio 50/50 (%v/v) and 75/25 (%v/v) both at 120 minutes were the most efficient, with 5.19±0.19 mgGAE/g ms and 5.62±0.12 mgGAE/g ms, respectively. The ABTS and DPPH methods were used to determine the antioxidant activity. By ABTS using ethanol the solvent/water ratio 50/50 (%v/v) and 75/25 (%v/v) both at 120 minutes were the most efficient, reporting values 39.46±2.83 % inhibition and 38.12±0.74 % inhibition. However, with methanol the treatments did not show significant differences. Similarly, by DPPH, using ethanol, the solvent/water ratio 50/50 (%v/v) and 75/25 (%v/v) both at 120 minutes, presented a higher percentage of inhibition, with 63.50±1.86 % inhibition and 69.02±0.83 % inhibition, respectively. On the other hand, methanol showed no significant difference between treatments. This allows to conclude that both the solvent/water ratio and the extraction time influence the extraction yield, phenolic compounds and antioxidant activity of the orange residue.

**Keywords:** automated soxhlet, phenolic compounds, orange residue, antioxidant activity, environment.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

En los últimos tiempos, existe una inclinación cada vez mayor hacia el consumo de alimentos que promueven y aportan efectos beneficiosos para la salud. “Múltiples estudios han demostrado que la inclusión de sustancias bioactivas derivadas de fuentes naturales en las fórmulas alimentarias reduce la probabilidad de desarrollar enfermedades cardiovasculares y neurológicas, esto ha despertado el interés mundial por los ingredientes biológicamente activos” (Cárdenas et al., 2016). De la misma manera, la importancia de los compuestos bioactivos en las frutas tropicales ha impulsado la búsqueda de componentes antioxidantes particulares (Zhang et al., 2020). La naranja es uno de los principales cultivos de la región San Martín para el aprovechamiento agroindustrial, y es un producto de gran importancia económica.

La investigación ha demostrado que la inclusión de harina de cáscara de naranja en la formulación de piensos mejora la respuesta inmune humoral, lo que indica su potencial como terapia para la gripe aviar (Pourhossein et al., 2019). Además, los aceites esenciales derivados de *Citrus sinensis* tienen actividades antifúngicas que combaten eficazmente *Candida* spp. que se encuentran en la cavidad oral, como demostraron Toscano-Garibay et al. en 2017. Además, el aceite de semilla de naranja tiene la capacidad de generar biodiésel de calidad satisfactoria, por lo que es una fuente prometedora para la fabricación de biocombustibles (Ezekoye et al., 2019).

Sin embargo, el uso actual de la fruta se centra sobre todo en la extracción de la pulpa y el zumo, sin tener en cuenta las demás partes de la fruta. “Los recientes avances tecnológicos han impulsado la búsqueda de métodos alternativos de obtención de biocompuestos, estos métodos incluyen la extracción de componentes bioactivos a partir de residuos agroindustriales ambientalmente aceptables” (Cornejo et al., 2020). Además, se hace hincapié en lograr eficiencia y sostenibilidad en los procesos, con el objetivo de obtener mayor pureza y rendimiento en la extracción de compuestos bioactivos. Esto se logra manejando cuidadosamente las características fisicoquímicas de los solventes utilizados (Cornejo et al., 2020).

Así, el proceso clásico de extracción Soxhlet resulta ventajoso por su importante potencial, a pesar de sus inconvenientes de consumo de tiempo, elevado consumo de disolvente orgánico e imposibilidad de recuperar el disolvente utilizado. La extracción por Soxhlet automatizada, una alternativa a la extracción tradicional, permite

recuperaciones completas del solvente y reduce el tiempo de extracción. La recuperación del disolvente empleado es superior al 90%, lo que minimiza la generación de residuos (López et al., 2007). En consecuencia, nos planteamos los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

“Cuantificar el porcentaje de compuestos fenólicos y actividad antioxidante presentes en los extractos de residuo de naranja, obtenidos por la técnica de extracción denominado Soxhlet automatizado”.

### **Objetivos específicos**

- a) Caracterizar la materia prima en términos de su composición centesimal.
- b) Evaluar la influencia de la proporción solvente: agua y tiempo de extracción usando metanol y etanol como solventes extractores mediante soxhlet automatizado, sobre el rendimiento global de extracción.
- c) Caracterizar y evaluar el contenido de compuestos fenólicos presentes en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja.
- d) Determinar la actividad antioxidante (DPPH y ABTS) presente en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Moreno et al. (2006) lograron cuantificar los carotenoides en la harina de la cáscara de diferentes variedades de naranja, utilizaron para las extracciones como solventes hexano y una mezcla de éter/hexano. Como resultado, descubrieron que la mezcla de 75 % hexano y 25 % éter de petróleo era el mejor tratamiento. La Criolla, con 140.0 mg de carotenoides/kg de cáscaras, fue la variedad con el mayor rendimiento.

Guillén (2009) demostró en su estudio que las condiciones necesarias para extraer flavonoides en mayor cantidad (nobiletina y tangeretina) fueron 400 bar, 60 °C y la extracción de CO<sub>2</sub> supercrítico para obtener el 23,35% de cosolvente. En estas condiciones de extracción, cada 20 g de cáscara de naranja produjo 57,66 mg de nobiletina y 3,65 mg de tangeretina.

En su estudio, Pérez et al. (2013), utilizaron metanol, acetona y hexano como disolventes de extracción para aislar compuestos fenólicos de la cáscara de lima. Evaluaron la actividad antioxidante de estos compuestos y descubrieron que el metanol era el disolvente más eficaz para extraer compuestos fenólicos y flavonoides.

Mientras tanto, Tenorio (2016), descubrió que los extractos acuosos de flavonoides de la harina de cáscara de naranja tangelo tenían una mayor actividad antioxidante. Esto sugiere que los metabolitos polares aislados utilizando disolventes orgánicos pueden servir como antioxidantes naturales. En conclusión, la cáscara de las naranjas tangelo puede servir como base para crear extractos naturales que posean cualidades antioxidantes.

Ordoñez et al. (2018) cuantificaron la cantidad agregada de polifenoles en las cortezas de doce cítricos. Las fuentes naturales de antioxidantes con mayor contenido en polifenoles y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) fueron identificadas como mandarina común, pomelo, mandarina golden river, mandarina Cleopatra, Tangelo, naranja Valencia y limón Tahití.

## 2.2. Fundamentos teóricos

### 2.2.1. Naranja

La Figura 1 muestra el fruto de naranja dulce procedente del género Citrus de la familia Rutáceas. Por su alto contenido en aceites esenciales y vitamina C, suele considerarse una de las frutas más populares. Se cree que esta planta se cultivó por primera vez en China y se introdujo en Europa hacia el siglo XV (Tucker et al., 1999).



**Figura 1**  
Fruto de Naranja

#### 2.2.1.1. Valor Nutricional

La naranja es una fruta baja en calorías y grasas. Aporta una cantidad sustancial de fibra soluble (pectinas) a la dieta. La tabla 1 muestra la composición nutricional exacta de una naranja.

**Tabla 1**

*Composición nutricional de la naranja*

<b>Característica</b>	<b>Unidad</b>	<b>valor</b>
Agua	G	88.5
Proteína	G	0.6
Grasa total	G	0.2
Carbohidratos totales	G	10.1
Fibra dietética	G	2.4
Ceniza	G	0.6
Vitamina C	Mg	92.30
Energía	kcal	31

**Nota:** Los valores obtenidos son en base a 100 g de porción comestible

#### 2.2.1.2. Compuestos bioactivos

Además de proporcionar macronutrientes y micronutrientes, la naranja contiene componentes saludables. Los fitonutrientes o sutoquímicos son otros nombres para estas sustancias bioactivas de origen vegetal (Martínez et al., 2008). Asimismo, los

metabolitos secundarios pueden estar presentes en la parte comestible o incluso en partes como la cáscara. Algunos de los biocompuestos que se encuentran en la naranja se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Principales compuestos activos en la cáscara de naranja*

<b>Biocompuestos</b>	<b>Cantidad</b> (mg /100g muestra)	<b>Referencia</b>
Fenoles Totales	1,40±0,04	(Ordoñez-Gómez et al., 2018)
Carotenoides	0,63 β-caroteno	(Montero-Calderon et al., 2019)
Ácido Ascórbico	16,25±1,43	(Rincón et al., 2005)

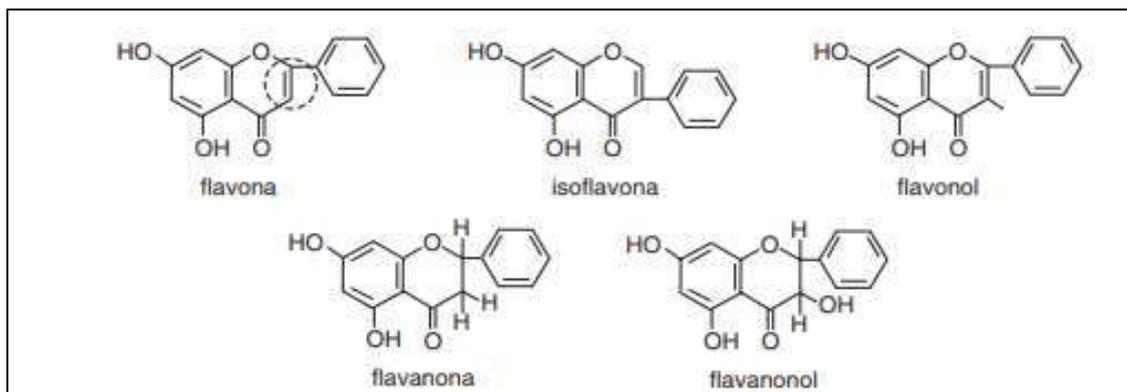
#### **2.2.1.2.1. Compuestos fenólicos**

Los compuestos químicos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias que se encuentran en las comidas de origen vegetal. Se trata de compuestos que poseen uno o varios anillos aromáticos y al menos un grupo hidroxilo. “Los polifenoles poseen cualidades fitoquímicas que les permiten inhibir la actividad de diferentes enzimas, interrumpir numerosos procesos celulares e impedir las actividades de oxidación-reducción del metabolismo celular” (Quiñones et al., 2012).

##### **2.2.1.2.1.1. Flavonoides**

Los polifenoles matrices vegetales más comunes son los flavonoides. Son sustancias sin nitrógeno con una estructura derivada del ácido shiquímico. Aunque se conocen principalmente como glucósidos, también se pueden llamar agliconas flavonoides de forma libre. Además, pueden venir en forma de polímeros, dímeros o sulfatos (Quiñones et al., 2012).

Los flavonoides se componen de un esqueleto con dos anillos bencénicos y uno heterocíclico con oxígeno que crea un núcleo fenil-2-benzopirona, como se muestra en la Figura 2. Se forman más dobles ligaduras y un mayor desplazamiento de electrones cuando aumenta el grado de oxidación, lo que aumenta la longitud de onda que absorbe la estructura debido a la posición trivalente del oxígeno (Badui, 2006).



**Figura 2**

Principales estructuras de los flavonoides

Fuente: (Badui, 2006)

### 2.2.1.2.2. Carotenoides

Los carotenoides, pigmentos liposolubles naturales, son producidos por plantas, algas y microorganismos fotosintéticos. Debido a su insaturación, son sensibles al calor y a la luz, así como a los metales, ácidos, peróxidos, oxígeno y lipoxigenasas (Jáuregui et al., 2011).

### 2.2.2. Utilización de residuos agroindustriales para la extracción de sustancias bioactivas

La agroindustria utiliza una serie de procesos para transformar y agregar valor a las diversas materias primas, lo que genera desechos. “El uso de estos ha despertado un gran interés en los últimos años, lo que ha generado una amplia gama de reutilización” (Vargas y Pérez, 2018) debido a su diversa composición química. En el mundo se genera mucha basura naranja (Figura 3) y, al no ser manejados correctamente, contaminan el medio ambiente y afectan los recursos naturales (Alvarado y Hernández, 2018).

La cáscara y la piel se producen como residuo cuando se extrae el zumo de una naranja. Según estudios, la piel de naranja contiene carotenoides, ácido ascórbico y fenoles (Montero et al., 2019).

“El contenido fenólico tiene características antioxidantes que combaten los radicales libres” (Martínez et al., 2008). Además, “los restos de naranja tienen niveles sustancialmente elevados de pectina, junto con cantidades muy pequeñas de lignina y proteínas” (Gómez, 2018).



**Figura 3**  
Residuos de Naranja

### **2.2.3. Extracción**

La extracción de alimentos y sustancias químicas naturales se ha practicado desde los primeros tiempos de la civilización humana como medio vital para obtener materiales con los que saciar el hambre, satisfacer necesidades estéticas y espirituales y tratar enfermedades. “La utilización de la extracción sólido-líquido y el empleo de la flora para adquirir colores, olores y materiales aparecieron por primera vez en la cultura egipcia” (Chemat et al., 2020). Actualmente, existen varias técnicas convencionales y no convencionales para extraer sustancias químicas bioactivas. Aunque los enfoques de estas técnicas pueden diferir, todas tienen como objetivo producir extractos de gran pureza, mantener su bioactividad, lograr una extracción eficaz y fomentar la sostenibilidad. La interacción de dos fases no mezcladas para pasar uno o más componentes de una a otra se conoce como extracción.

#### **2.2.3.1. Extracción convencional**

Estas técnicas utilizan disolventes, calentamiento o agitación para aumentar la solubilidad de las sustancias y acelerar la velocidad a la que se transfiere la masa (Azuola et al., 2007).

##### **2.2.3.1.1. Extracción Soxhlet tradicional**

Se trata de un método utilizado para extraer materiales sólidos de forma continua. El proceso consiste en poner en contacto el material a extraer previamente molido con las zonas recién extraídas del extractor. Esto ayuda al desplazamiento del equilibrio de transferencia (Luque y Priego, 2010). Además, “la aplicación de calor al matraz de

destilación mantiene la temperatura del sistema a un nivel muy elevado hasta que llega a la cavidad de extracción” (Luque y Priego, 2010).

No obstante, este proceso presenta desventajas en términos de extracción en comparación con otros procedimientos de preparación de muestras sólidas. Entre estas desventajas se incluyen la larga duración y el excesivo volumen de disolvente utilizado, que no sólo incurre en elevados costes de eliminación, sino que también plantea un problema medioambiental adicional

#### **2.2.3.1.2. Extracción por maceración**

Uno de los métodos tradicionales para extraer sustancias bioactivas es la extracción por maceración. Consiste en mantener la matriz sólida en contacto con el solvente durante un período de tiempo determinado. La matriz sólida es el polvo biológico seco. El solvente es un líquido típico, como agua, alcoholes alifáticos de hasta tres carbonos (generalmente etanol) o una mezcla de ambos. Aunque es simple, seguro y económico, el método de maceración no es muy efectivo.

#### **2.2.3.2. Extracción no convencional**

En el ámbito agroindustrial y farmacéutico, el uso de técnicas verdes es esencial para reducir los efectos ambientales en la salud y el medio ambiente. Por lo tanto, existen técnicas y tecnologías que utilizan solventes, materiales y otros recursos amigables con el medio ambiente. También existen nuevos métodos para extraer compuestos bioactivos.

##### **2.2.3.2.1. Extracción Soxhlet automatizado**

La extracción Soxhlet es ampliamente utilizada y recomendada como el método más eficaz y fiable para analizar diversas matrices de muestras. Este enfoque ha experimentado modificaciones sustanciales en su funcionamiento en los últimos años. Los sistemas de extracción completamente automatizados garantizan la extracción con disolvente para las necesidades de investigación y desarrollo, al tiempo que ahorran tiempo y esfuerzo. Sus extraordinarios índices de recuperación de disolventes (más del 90%) y la menor interacción de la matriz vegetal con el disolvente garantizan también extracciones seguras y respetuosas con el medio ambiente. La ebullición por reflujo combinada con la extracción Soxhlet, ambas asistidas por calentamiento eléctrico, se conoce como extracción Soxhlet automatizada. Con este método, la recuperación del disolvente se produce después de la ebullición y el aclarado, los dos procedimientos de extracción (Luque y Priego, 2010).

#### **2.2.3.2.2. Extracción por microondas**

La extracción asistida por microondas calienta el disolvente de extracción hasta el punto de ebullición atmosférico en recipientes cerrados. Según Quiroz et al. (2013), la energía de microondas calienta la matriz antes que el extractante. En las regiones donde se producen cambios localizados de temperatura y presión, las sustancias químicas en estudio se desplazan preferentemente a la zona adyacente a un ritmo más rápido y con una recuperación comparable a la de las técnicas de extracción tradicionales. Tras el proceso de extracción, es necesario realizar un procedimiento de limpieza para evitar cualquier interferencia con la detección de los componentes deseados.

#### **2.2.3.2.3. Extracción por ultrasonido**

Esta técnica se basa en la aparición de cavitación, que se produce cuando burbujas de vapor o gas se desarrollan, expanden y luego colapsan debido a ondas de una determinada frecuencia (Ramón y Gil, 2021). La cavitación es definida por los autores como la propagación de una onda de presión acústica en la dirección de propagación, consistente en compresiones y rarefacciones alternantes en el medio de transmisión. La formación de pequeños agujeros o microburbujas llenas de gas se produce cuando un líquido se somete a una presión negativa significativa debido a la fuerza insuficiente de las fuerzas intermoleculares de Vander Waals para mantener la cohesividad.

“Antes de colapsarse, estas microburbujas presentan formas no esféricas y experimentan deformaciones radiales y tangenciales. El colapso adiabático se caracteriza por un volumen diminuto, lo que hace que solo un número limitado de moléculas adquiera la energía del colapso” (Rojas et al., 2018).

#### **2.2.3.2.4. Extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico**

Los fluidos supercríticos experimentan una presión y una temperatura superiores al punto crítico, a veces denominados temperatura crítica (T<sub>c</sub>) y presión crítica (P<sub>c</sub>), más allá de los cuales no puede producirse licuefacción o vaporización al aumentar la presión. Un elemento clave para llevar a cabo reacciones en dióxido de carbono supercrítico es la solubilidad. Aunque es un disolvente relativamente no polar, el dióxido de carbono supercrítico puro tiene una cierta afinidad con las moléculas polares debido a su gran cuadrupolo molecular. El CO<sub>2</sub> supercrítico garantiza altas tasas de extracción, lo que facilita el control de la dosis y el excipiente necesarios.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Residuos de naranja:** “Los subproductos de la extracción del zumo de las naranjas, compuestos principalmente por restos de membranas del endocarpio, vesículas, albedo, semillas y exocarpio” (Alvarado y Hernández, 2018).

**Los biocompuestos:** “son componentes de los alimentos que pueden modificar las actividades celulares y fisiológicas y tener beneficios para la salud cuando se consumen” (Chalé et al., 2014).

**Ecoamigable:** Son las cosas que aportan en la preservación de la vida o a los métodos que ayudan a la conservación de los recursos naturales.

**La capacidad antioxidante:** es un atributo biológico crucial que tiene varias aplicaciones en matrices vegetales. “La presencia de diversas sustancias químicas en una matriz, como carotenos, compuestos fenólicos, antocianinas y ácido ascórbico, les permite funcionar como amortiguadores antioxidantes que conservan la capacidad de contrarrestar radicales libres, especies reactivas y oxidantes internos y externos” (Escorza y Salinas, 2009).

## **CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Ámbito y condiciones de la investigación**

#### **3.1.1 Contexto de la investigación**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, ubicado en la ciudad universitaria de Carlos Vidaurre García, en el distrito de Morales de la Provincia de San Martín. El laboratorio fue seleccionado debido a la disponibilidad de hornos de secado. Asimismo, se utilizaron los recursos del Laboratorio de Ingeniería de Procesos (LABIP) de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial.

La materia prima utilizada en el presente trabajo fue naranja de la variedad Valencia y se obtuvo de la parcela del señor Ronald Montenegro Herrera, distrito San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región San Martín.

El ensayo proximal de la materia prima se realizó en el Laboratorio de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria la Molina, ubicado en la ciudad de Lima.

#### **3.1.2 Periodo de ejecución**

La ejecución del proyecto de investigación empezó en noviembre de 2022, terminando su ejecución en enero del 2023.

#### **3.1.3 Autorizaciones y permisos**

“No aplica”.

#### **3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

En cuanto al control ambiental este proyecto “No aplica”.

#### **3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales**

El proyecto respetó los principios éticos internacionales.

## **3.2. Sistema de variables**

### **3.2.1. Variables principales**

#### **3.2.1.1. Variable independiente**

##### **Extracción por Soxhlet Automatizado**

- Tipo de solvente extractor: Metanol y Etanol
- Proporción solvente/agua (50:50, 75:25 y 100 %v/v)
- Tiempo de extracción (60 y 120 min)

#### **3.2.1.2. Variable dependiente**

- Rendimiento global de extracción ( $X_0$ ).
- Contenido de compuestos fenólicos (TPC).
- Actividad antioxidante (ABTS y DPPH).

## **3.3 Procedimientos de la investigación**

**3.3.1. Objetivo específico 1.** “Caracterizar la materia prima en términos de su composición centesimal”

### **3.3.1.1. Tratamiento preliminar de la materia prima**

A cada naranja seleccionada se retiró toda impureza a través de un lavado con agua potable. Luego, fue separado el exocarpo, mesocarpio y endocarpio (residuo) del resto de la fruta mediante cortes manuales con cuchillo de cocina. El residuo fue colocado en bolsas Siploc y llevada a congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de su uso. La materia prima congelada se descongeló a temperatura ambiente y fue sometida a secado en estufa por 48 horas a  $50^{\circ}\text{C}$ . Posterior a ello, la materia prima seca se almacenó en congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### **3.3.1.2. Tratamiento de la materia prima**

La materia prima se fabricó pulverizando la muestra desecada utilizando un mezclador OSTER. Esto se hizo para aumentar la homogeneidad de las partículas y reducir la barrera a la transferencia de masa en el interior de las partículas sólidas, con el consiguiente aumento del rendimiento de extracción. El material finamente molido se colocó en recipientes de vidrio herméticos y se conservó en atmósfera refrigerada a una temperatura de  $2^{\circ}\text{C}$  hasta que se pudo seguir examinando.

### 3.3.1.3. Caracterización de la materia prima

El ensayo proximal de la materia prima se realizó en el Laboratorio de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), debido a la remodelación e implementación de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (FIAI). Para determinar el contenido de fibra utilizaron la NTP 205.003:1980, grasa la AOAC 930.09 Cap.3, Pág. 28, 21st Edition 2019, para la humedad la AOAC 930.04 Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019, para proteína la AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019, para cenizas la AOAC 930.05 Cap. 3, Pág.28, 21st Edition 2019, el contenido de carbohidratos calcularon por diferencia MS-INN, y emplearon cálculo de MS-INN para determinar la energía total, % Kcal proveniente de carbohidratos, grasa y proteína.

**3.3.2. Objetivo específico 2.** “Evaluar la influencia de la proporción solvente: agua y tiempo de extracción usando metanol y etanol como solventes extractores mediante soxhlet automatizado, sobre el rendimiento global de extracción”

#### 3.3.2.1. Extracción por Soxhlet Automatizado

Con la finalidad de obtener los extractos se aplicó un diseño tipo factorial completo para la interpretación de los resultados. En el cual se consideraron como factores, la relación proporción solvente/agua (50/50, 75/25 y 100/00 %v/v) y tiempo de extracción (60 y 120 min), con 6 tratamientos y cada tratamiento tuvo tres repeticiones, tal como se muestra en la Tabla 3, siendo la misma tanto para metanol y etanol. Teniendo un total de dieciocho corridas experimentales para cada solvente extractor empleado.

**Tabla 3**  
*Diseño experimental Factorial Completo*

Orden de corrida	Código	Metanol y Etanol	
		Proporción solvente/agua (%v/v)	Tiempo de extracción (min)
1	T <sub>1</sub>	50/50	60
2	T <sub>2</sub>	72/25	60
3	T <sub>3</sub>	100/00	60
4	T <sub>4</sub>	50/50	120
5	T <sub>5</sub>	72/25	120
6	T <sub>6</sub>	100/00	120

La extracción se llevó a cabo en un extractor tipo Soxhlet Automatizado de la marca BUCHI, Suiza. Donde 3 g de residuo triturado de naranja fueron colocados en los cartuchos del equipo, luego se hizo la medición en un vaso precipitado 150 mL del

solvente extractor y tiempos según los experimentos detallados en la tabla 3. Asimismo, la temperatura de extracción fue fijado en 80 °C. Los extractos obtenidos fueron colocaron en frascos de vidrio codificados para guardarse en refrigeración a 2°C.

### 3.3.2.2. Rendimiento global de extracción

Es la relación entre masa total del extracto ( $M_{\text{extracto}}$ ) y la masa del residuo de naranja en base seca ( $M_{\text{muestra}}$ ), como se detalla en la Ecuación 1, sirvió como base para determinar el porcentaje de rendimiento global de extracción ( $X_0$ ).

$$X_0 = \frac{M_{\text{extracto}}}{M_{\text{muestra}}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Para determinar la  $M_{\text{extracto}}$  retiramos 3.0 ml. de los extractos líquidos para ser puestos en vasos de precipitado previamente codificados y pesados. Luego fueron trasladados a una estufa convencional a 150°C por 3 horas, hasta peso constante. Terminado el tiempo, las muestras salieron de la estufa, esperando que los vasos con las muestras se enfríen a temperatura ambiente para el pesado. El cálculo de  $M_{\text{extracto}}$  tuvo como base el volumen inicial de cada extracto.

### 3.3.2.3. Análisis estadístico

Los resultados experimentales se evaluaron mediante análisis de la varianza (ANOVA), y las diferencias se determinaron mediante la prueba de Tukey, con un umbral de significación de  $p < 0,05$ . Los análisis se realizaron con el programa R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING.

**3.3.3. Objetivo específico 3.** “Caracterizar y evaluar los compuestos fenólicos presentes en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja”.

“El contenido de compuestos fenólicos totales presente en los extractos de residuo de naranja se midió mediante el método espectrofotométrico de Folin – Ciocalteu”, descrito por Martínez y López, (2010) con modificaciones.

Se colocaron 300  $\mu\text{L}$  de extracto sin diluir en viales de vidrio de 4 mL mezclando con 2250  $\mu\text{L}$  de agua y 150  $\mu\text{L}$  de reactivo de Folin-Ciocalteu diluido (1:2). La mezcla se agitó durante 5 segundos y se dejó a temperatura ambiente durante 5 min. Después de agregar 300  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  acuoso al 10 % (p/v), la mezcla se agitó durante 5 segundos y se puso a reposar en un lugar oscuro durante 30 min. La absorbancia de la solución se registró a 765 nm en un espectrofotómetro BOECO S-200 VIS. Para la curva de calibración se empleó una solución estándar de ácido gálico con concentraciones que oscilan entre 60 y 300  $\mu\text{g/ml}$  (siete puntos de datos,  $R^2 = 0,9963$ ). El contenido total de

componentes fenólicos se midió por triplicado y se expresó como miligramos de equivalentes de ácido gálico por 100 gramos de residuo de naranja.

**3.3.4. Objetivo específico 4.** “Determinar la actividad antioxidante (DPPH y ABTS) presente en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja”.

“La medición de la actividad antioxidante se evaluó mediante las técnicas DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo) y ABTS (2,2-azinobis(3-etil-benzotiazolina)-6-ácido sulfónico)”, tal y como indican Rioja et al. (2018), con algunas modificaciones. Se utilizó un espectrofotómetro BOECO S-200 VIS.

#### **3.3.4.1. Método DPPH (1,1- difenil-2-picrilhidrazila)**

La solución DPPH se preparó mezclando el reactivo con etanol para encontrar un valor de absorbancia de  $0,8 \pm 0,02$  a una longitud de onda de 515 nm. Para realizar las lecturas del extracto se mezcló 500  $\mu$ L de cada extracto con 3 mL de etanol y 300  $\mu$ L de la solución DPPH en viales de vidrio de 4 mL. Cada ensayo se realizó por triplicado, agitando con un vortex por 5 segundos y dejando en reposo por 45 min sin presencia de luz. Finalizado el tiempo de espera las lecturas se realizaron a 515 nm. Para la curva de calibración se usó concentraciones de trolox que fluctúan entre 0,05 y 0,005 (mg/mL) con siete puntos dentro de la recta, obteniendo la ecuación  $y = -11,901x + 0,8039$  y,  $R^2 = 0,9914$ . La actividad antioxidante se determinó por triplicado y se expresó en % de inhibición.

#### **3.3.4.2. Método ABTS (2.2-azinobis (3-etil-benzotiazolina)-6-sulfonico)**

El radical ABTS<sup>+</sup> se generó tras la reacción de ABTS (38,3mg) con persulfato de potasio (6,7 mg), a las que se le adicionó 3mL de agua destilada respectivamente, posteriormente las mezclamos y enrazamos en una fiola a 10mL. La mezcla permaneció a temperatura ambiente y en ausencia de luz durante 14 horas. La solución patrón de ABTS se diluyó con etanol hasta que alcanzó un valor de absorbancia de  $0,7 \pm 0,02$  a una longitud de onda de 734 nm, utilizando un espectrofotómetro UV-Visible THERMO SCIENTIFIC. La absorbancia de los extractos se midió al adicionar 30  $\mu$ L de cada extracto sin diluir en viales de vidrio de 4 mL, mezclando con 3000  $\mu$ L de solución ABTS (1:90). En cada ensayo se aplicó 5 segundos de agitación y 6 min de reposo, al final de los cuales se tomó la lectura a 734 nm. La actividad antioxidante se determinó por triplicado y se expresó en % de inhibición. Para la curva patrón se empleó una solución estándar de trolox con concentraciones desde 0 a 0.5 (mg/mL) donde se obtuvo la ecuación de la recta,  $y = -1,0145x + 0,6695$ ,  $R^2 = 0,9849$ .

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**4.1. Resultado específico 1.** “Caracterizar la materia prima en términos de su composición centesimal”.

A fin de conocer la composición centesimal de la materia prima, la caracterización nos mostró que el residuo de naranja presentó 11,2g/100 g de muestra fibra cruda, como se muestra en la Tabla 4. Este valor fue inferior a los 14,92g/100 g de muestra reportado por Amalia et al., (2020). La superioridad reportada por los autores estaría afectada por la madurez y espesor de la cáscara de naranja utilizada.

Sin embargo, el resultado de cenizas totales reportado por Amalia et al., (2020) (3,30 g/100 g de muestra) fue parecido con respecto a la materia prima empleada (3,4 g/100 g de muestra). Esta variación mínima en los resultados se debe posiblemente a distintas variedades, condiciones climáticas, suelos, fertilización y manejo cultural de la materia prima.

**Tabla 4**  
*Composición centesimal del residuo de naranja*

Componente	Promedio
Fibra cruda (g/100 g de muestra original)	11,2
Grasa (g/100 g de muestra original)	1,5
Humedad (g/100 g de muestra original)	4,6
Proteína total (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	5,2
Cenizas totales (g/100 g de muestra original)	3,4
Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	85,3
Energía total (Kcal/100 g de muestra original)	375,5
% Kcal. proveniente de carbohidratos	90,9
% Kcal. proveniente de grasa	3,6
% Kcal. proveniente de proteínas	5,5

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a proteína, el valor encontrado es de 5,2 g/100 g de muestra, siendo superior al reportado por Pascual y Enzima, (2022), quienes reportaron 4,88 g/100g de muestra. La diferencia en el contenido de proteína en el residuo de naranja puede deberse al estado de madurez, variedad y espesor de la matriz analizada.

Con respecto a la humedad, el valor reportado por Pascual y Enzima, (2022), es mayor (5,7 g/100 g muestra), frente al encontrado (4,6 g/100 g muestra). Esta variación se debería a las condiciones y al tiempo de secado.

**4.2. Objetivo específico 2.** “Evaluar la influencia de la proporción solvente: agua y tiempo de extracción usando metanol y etanol como solventes extractores mediante soxhlet automatizado, sobre el rendimiento global de extracción”

#### 4.2.1. Rendimiento global de extracción (%)

Cabe indicar que en La Tabla 5 se muestran los promedios de los tratamientos sobre el rendimiento de extracción para cada solvente extractor (etanol y metanol).

**Tabla 5**  
*Rendimiento de extracción para cada solvente empleado*

Solvente	Código	Proporción solvente/agua (%v/v)	Tiempo de extracción (min)	Rendimiento (%)	
ETANOL	T <sub>1</sub>	50/50	60	39,6928	± 2,23aB <sup>b</sup>
	T <sub>2</sub>	75/25	60	44,0334	± 0,92aA <sup>b</sup>
	T <sub>3</sub>	100/00	60	35,0486	± 0,83bB <sup>b</sup>
	T <sub>4</sub>	50/50	120	44,2343	± 1,31aB <sup>a</sup>
	T <sub>5</sub>	75/25	120	51,8253	± 0,83aA <sup>a</sup>
	T <sub>6</sub>	100/00	120	41,3279	± 1,17bB <sup>a</sup>
METANOL	T <sub>1</sub>	50/50	60	43,5525	± 0,67aAB <sup>a</sup>
	T <sub>2</sub>	75/25	60	41,4642	± 0,43bB <sup>a</sup>
	T <sub>3</sub>	100/00	60	45,3277	± 0,56aA <sup>a</sup>
	T <sub>4</sub>	50/50	120	42,7846	± 1,16aAB <sup>a</sup>
	T <sub>5</sub>	75/25	120	41,6546	± 0,77bB <sup>a</sup>
	T <sub>6</sub>	100/00	120	46,2633	± 0,55aA <sup>a</sup>

El valor medio más o menos la desviación estándar, basado en un tamaño de muestra de 3. La presencia de letras minúsculas distintas en la misma columna, después de los promedios, indica diferencias significativas entre disolventes ( $p < 0,05$ ) según lo determinado por la prueba de Tukey. Los promedios mostrados por letras mayúsculas distintas en la misma columna indican cambios estadísticamente significativos dentro de la relación disolvente/agua ( $p < 0,05$ ) según lo determinado por la prueba de Tukey. Los promedios, mostrados por letras distintas en superíndice, dentro de la misma columna muestran variaciones significativas en función de la relación tipo de disolvente y tiempo de extracción ( $p < 0,05$ ) según lo determinado por la prueba de Tukey.

Los resultados nos indican que al variar el tipo de solvente y mantener la proporción solvente/agua, en el caso de la proporción 50/50 (%v/v), de acuerdo con el análisis de varianza (anexo 1) no existe diferencia significativa entre etanol y metanol ( $p > 0,05$ ), tal como se muestra en la Tabla 5. Por otro lado, usando la proporción 75/25 (%v/v), se obtiene mayor porcentaje de rendimiento empleando etanol. Sin embargo, con la proporción 100 (%v/v) el tipo de solvente influye significativamente usando metanol ( $p < 0,05$ ) sobre el rendimiento, como lo muestra el análisis de varianza (anexo 1). Estas variaciones se pueden deberse principalmente a la naturaleza del compuesto extraído y su relación con la polaridad del solvente.

Asimismo, al comparar la proporción solvente/agua por cada tipo de solvente extractor, los resultados del análisis de varianza (anexo 1) muestran que esta influye en el rendimiento de extracción ( $p < 0.05$ ), al usar etanol se logra mayor rendimiento con la proporción 75/25 (%v/v). Mientras que, empleando metanol, la proporción solvente/agua 100/00 (%v/v) es quien mayor rendimiento de extracción presenta ( $p < 0.05$ ).

Los resultados además nos permiten señalar que, al variar el tiempo de extracción tanto para etanol como metanol, el rendimiento de extracción se ve afectada ( $p < 0.05$ ) tal como lo señala el análisis de varianza (anexo 1). Siendo a mayor tiempo de extracción (120 min) donde se obtiene mayor rendimiento para ambos solventes extractores. Esta diferencia significativa se ve influenciada porque a mayor tiempo de contacto muestra/solvente de los tratamientos se logra mejor rendimiento de extracción.

En la Tabla 5 también se observa que con la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos usando etanol se obtiene  $51,83 \pm 1,31\%$  de rendimiento. Mientras que con metanol  $46,26 \pm 1,16\%$  de rendimiento con la proporción solvente/agua 100/00 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos. Estos porcentajes son mayores en comparación a los demás tratamientos. Los valores obtenidos empleando las diferentes concentraciones de solvente/agua son inferiores al reportado por Vega y Torres, (2021) donde tuvieron un porcentaje de rendimiento del 89,5%, usando como método de extracción Soxhlet tradicional. Esto se debe a que los autores emplearon solvente puro y mayor cantidad de residuo de naranja. Del mismo modo Vega y Torres, (2021) también compararon el rendimiento de extracción usando extracción por ultrasonido, donde obtuvieron resultados del 81,3% de rendimiento, siendo este 8,2% menos que usando Soxhlet. Demostrando de esta manera que las extracciones por Soxhlet permiten mayor rendimiento.

**4.3. Resultado específico 3.** “Caracterizar y evaluar los compuestos fenólicos presentes en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja”.

Para conocer los valores de compuestos fenólicos que existen en el residuo de naranja se realizó la “determinación de fenoles totales, con el uso de la técnica de Folin Ciocalteu”. La Tabla 6 muestra como resultados los promedios de concentración de compuestos fenólicos expresados en mgGAE/g materia seca.

Los resultados muestran que al emplear etanol y metanol en la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v), el contenido de fenoles no se ve influenciada ( $p > 0.05$ ), tal como lo señala el análisis de varianza (anexo 2). Del mismo modo, si se varía el tipo de solvente (etanol y metanol) usando la proporción 75/25 (%v/v) los resultados no muestran variación

( $p > 0.05$ ). A diferencia de la proporción solvente/agua 100/00 (%v/v) el tipo de solvente influye en el contenido de fenoles ( $p < 0.05$ ), logrando mayor recuperación de compuestos fenólicos con etanol (anexo 2). Esta variación puede verse afectada por la afinidad de los compuestos fenólicos por los compuestos polares, donde tiene mayor afinidad con el agua.

**Tabla 6***Contenido de fenoles totales presentes en el residuo de naranja*

Solvente	Código	Proporción solvente/agua (%v/v)	Tiempo de extracción (min)	Concentración FT (mgGAE/g materia seca)		
ETANOL	T <sub>1</sub>	50/50	60	4,3906	±	0,22aB <sup>b</sup>
	T <sub>2</sub>	75/25	60	5,2219	±	0,10aA <sup>b</sup>
	T <sub>3</sub>	100/00	60	4,2005	±	0,13aB <sup>b</sup>
	T <sub>4</sub>	50/50	120	5,2123	±	0,20aB <sup>a</sup>
	T <sub>5</sub>	75/25	120	5,8504	±	0,21aA <sup>a</sup>
	T <sub>6</sub>	100/00	120	4,9660	±	0,18aB <sup>a</sup>
METANOL	T <sub>1</sub>	50/50	60	5,0941	±	0,26aA <sup>b</sup>
	T <sub>2</sub>	75/25	60	4,7074	±	0,21aA <sup>b</sup>
	T <sub>3</sub>	100/00	60	1,2479	±	0,13bB <sup>b</sup>
	T <sub>4</sub>	50/50	120	5,1903	±	0,19aA <sup>a</sup>
	T <sub>5</sub>	75/25	120	5,6215	±	0,12aA <sup>a</sup>
	T <sub>6</sub>	100/00	120	1,4813	±	0,10bB <sup>a</sup>

Promedio  $\pm$  desvío padrón ( $n = 3$ ). La presencia de letras minúsculas distintas en la misma columna, después de las medias, indica diferencias estadísticamente significativas entre los disolventes ( $p < 0,05$ ) según lo determinado por la prueba de Tukey. Las medias asociadas a letras mayúsculas distintas en la misma columna indican variaciones estadísticamente significativas dentro de la relación disolvente/agua ( $p < 0,05$ ) según lo determinado por la prueba de Tukey. La presencia de letras distintas en formato superíndice junto a las medias en la misma columna indica variaciones significativas dentro de la relación tipo de disolvente y tiempo de extracción ( $p < 0,05$ ), según lo determinado por la prueba de Tukey.

En cuanto al etanol, de acuerdo con el análisis de varianza (anexo 2) al variar la proporción solvente/agua se extrae mayor contenido de compuestos fenólicos usando 75/25 (%v/v) ( $p < 0.05$ ). La diferencia se puede deberse a la polaridad del etanol y a la afinidad de los compuestos fenólicos con el agua. Usando metanol, la proporción solvente/agua influye ( $p < 0.05$ ) en el contenido de compuestos fenólicos, siendo la proporción solvente/agua 50/50 y 75/25 (%v/v) superiores frente al 100 (%v/v) como se muestra en el análisis de varianza (anexo 2).

Con respecto al tiempo de extracción, influye significativamente ( $p < 0.05$ ) al variar 60 y 120 min en la recuperación de compuestos fenólicos como muestra el análisis de varianza (anexo 2). Siendo a 120 min donde se logra mayor recuperación de compuestos fenólicos. Esta diferencia en los valores se debería a que a mayor tiempo de contacto muestra/solvente se obtiene mayor recuperación de compuestos fenólicos.

Finalmente, se puede señalar que la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos tanto para etanol y metanol son mayores,  $5,8504 \pm 0,20$  mgGAE/g materia seca y  $5.8340 \pm 0.19$  respectivamente. Los valores obtenidos son mucho mayores que el de Ordoñez-Gómez et al., (2018), donde la cantidad de fenoles totales fue de  $1,40 \pm 0,04$  mgGAE/g materia seca. Estos resultados pueden deberse al uso del método de extracción por centrifugado y solución metanólica (80:20 metanol:agua). Sin embargo, Pérez-Nájera et al., (2013) ya había reportado que el residuo de cáscara de lima contiene 8,79 mg EAG/ g materia seca, mediante extracción por sonicación empleando como solventes metanol, acetona y hexano.

#### 4.4. Resultado específico 4. “Determinar la actividad antioxidante (DPPH y ABTS) presente en los extractos obtenidos a partir del residuo de naranja”.

La actividad antioxidante es un parámetro que determina qué tanto el compuesto antioxidante presente en la materia prima evita que su sustrato se oxide.

##### 4.4.1. Actividad antioxidante mediante ABTS

Para evaluar la actividad antioxidante de los extractos se utilizó la técnica ABTS, muy utilizada en el sector alimentario y farmacéutico. La Tabla 7 muestra los valores promedios de los diferente tratamientos y solventes por el método de ABTS.

**Tabla 7**  
*Actividad antioxidante mediante ABTS*

Solvente	Código	Proporción solvente/agua (%v/v)	Tiempo de extracción (min)	ABTS (% de Inhibición Abs.734 nm)		
ETANOL	T <sub>1</sub>	50/50	60	34,3492	±	0,88aA <sup>aB</sup>
	T <sub>2</sub>	75/25	60	31,8413	±	3,30aA <sup>aB</sup>
	T <sub>3</sub>	100/00	60	19,4718	±	2,20aB <sup>aB</sup>
	T <sub>4</sub>	50/50	120	39,4603	±	2,83aA <sup>aA</sup>
	T <sub>5</sub>	75/25	120	38,1190	±	0,74aA <sup>aA</sup>
	T <sub>6</sub>	100/00	120	33,8254	±	2,84aB <sup>aA</sup>
METANOL	T <sub>1</sub>	50/50	60	33,3016	±	0,72aA <sup>aA</sup>
	T <sub>2</sub>	75/25	60	28,3492	±	0,91bA <sup>aA</sup>
	T <sub>3</sub>	100/00	60	30,4127	±	1,73aA <sup>aA</sup>
	T <sub>4</sub>	50/50	120	33,4603	±	1,41aA <sup>bA</sup>
	T <sub>5</sub>	75/25	120	30,6190	±	0,51bA <sup>bA</sup>
	T <sub>6</sub>	100/00	120	30,2222	±	2,30aA <sup>bA</sup>

Promedio  $\pm$  desvío padrón (n = 3). La presencia de letras minúsculas distintas en la misma columna, después de las medias, indica variaciones significativas entre los disolventes ( $p < 0,05$ ) según lo determinado por la prueba de Tukey. Las medias asociadas a letras mayúsculas distintas en la misma columna indican variaciones estadísticamente significativas dentro de la relación disolvente/agua ( $p < 0,05$ ) según lo determinado por la prueba de Tukey. Las medias, representadas por letras minúsculas distintas como subíndices en la misma columna, muestran variaciones significativas dentro de la relación tipo de disolvente y tiempo de extracción ( $p < 0,05$ ) según la prueba de Tukey. Las medias, representadas por letras mayúsculas distintas como superíndices en la misma columna, muestran variaciones significativas dentro de la conexión entre el tipo de disolvente y el tiempo de extracción ( $p < 0,05$ ) según la prueba de Tukey.

Los resultados expresados en la Tabla 7 producto del análisis de varianza (anexo 3), señalan que el tipo de solvente (etanol y metanol) en la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v) no influye ( $p>0.05$ ) en la actividad antioxidante de los extractos. Del mismo modo, al usar 100/00 (%v/v) tanto de metanol y etanol no hay variación en el % de inhibición ( $p>0.05$ ). Por otro lado, al usar la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v) el etanol muestra mayor porcentaje de inhibición ( $p<0.05$ ). La variabilidad de los resultados estaría influenciada por la polaridad de los solventes, la afinidad de los compuestos antioxidantes con el agua y la temperatura de extracción.

Por otro lado, a nivel de solvente, el análisis de varianza (anexo 3) muestra que el etanol presenta mayor porcentaje de inhibición con la proporción solvente/agua 50/50 y 75/25 (%v/v) ( $p<0.05$ ), mientras que al 100/00 (%v/v) los extractos presentan menor capacidad antioxidante. Sin embargo, el metanol no muestra no presenta diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre sus tratamientos.

Con respecto al tiempo de extracción el análisis de varianza (anexo 3), a nivel de tipo de solvente, indica que con 60 min de extracción no se muestra variación ( $p>0.05$ ), entre etanol y metanol. Sin embargo, a 120 min la actividad antioxidante se ve influenciada ( $p<0.05$ ) entre los solventes, siendo los extractos con etanol quienes mayor actividad antioxidante poseen. Del mismo modo, a escala de solvente, con etanol el tiempo de extracción influye significativamente ( $p<0.05$ ) sobre la actividad antioxidante de los extractos, logrando mayor porcentaje de inhibición de los extractos a 120 min de extracción. Mientras que el metanol no presenta diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre sus tratamientos.

Finalizando, los resultados expresados en la Tabla 7 permiten señalar que al emplear etanol como solvente extractor con la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos se obtiene  $39,4603\pm 2,84\%$  de inhibición. Del mismo modo al emplear metanol con la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos se obtiene  $33,4603\pm 1,41\%$  de inhibición. Estos valores son mucho menos que el obtenido por Vega y Torres, (2021) quienes obtuvieron el 91,333 % de inhibición usando soxhlet como método de extracción y la relación etanol/muestra 1:20. Esta variación entre ambos resultados se puede deberse al método empleado para determinar la actividad antioxidante, ya que los autores usaron el método de decoloración del  $\beta$ -caroteno por cromatografía de alta eficiencia.

#### 4.4.2. Actividad antioxidante mediante DPPH

Para realizar el análisis de la actividad antioxidante del residuo de naranja, se utilizó también el método DPPH, para lograr comparar con el método de ABTS. En la Tabla 8 se muestra los resultados promedios y desviación expresados en porcentaje de inhibición.

**Tabla 8**  
*Actividad antioxidante mediante DPPH*

Solvente	Código	Proporción solvente/agua (%v/v)	Tiempo de extracción (min)	DPPH (% de Inhibición Abs.515 nm)	
ETANOL	T <sub>1</sub>	50/50	60	62,1888 ±	2,69aA <sup>b</sup>
	T <sub>2</sub>	75/25	60	64,6920 ±	3,01aA <sup>b</sup>
	T <sub>3</sub>	100/00	60	53,2471 ±	2,18bB <sup>b</sup>
	T <sub>4</sub>	50/50	120	63,4960 ±	1,86aA <sup>a</sup>
	T <sub>5</sub>	75/25	120	69,0168 ±	0,83aA <sup>a</sup>
	T <sub>6</sub>	100/00	120	60,1029 ±	1,58bB <sup>a</sup>
METANOL	T <sub>1</sub>	50/50	60	67,1395 ±	1,97aA <sup>b</sup>
	T <sub>2</sub>	75/25	60	60,1307 ±	4,07bA <sup>b</sup>
	T <sub>3</sub>	100/00	60	62,2167 ±	1,91aA <sup>b</sup>
	T <sub>4</sub>	50/50	120	66,0548 ±	1,49aA <sup>a</sup>
	T <sub>5</sub>	75/25	120	63,5934 ±	1,61bA <sup>a</sup>
	T <sub>6</sub>	100/00	120	64,2470 ±	3,19aA <sup>a</sup>

Promedio ± desvío padrón (n = 3). La presencia de letras minúsculas distintas en la misma columna, después de las medias, indica diferencias estadísticamente significativas entre los disolventes (p<0,05) según lo determinado por la prueba de Tukey. Las medias asociadas a letras mayúsculas distintas en la misma columna indican variaciones estadísticamente significativas dentro de la relación disolvente/agua (p<0,05) según lo determinado por la prueba de Tukey. La presencia de letras distintas en formato superíndice junto a las medias en la misma columna indica variaciones estadísticamente significativas en la relación tipo de disolvente y tiempo de extracción (p<0,05) según lo determinado por la prueba de Tukey.

El análisis de varianza (anexo 4) indica que el tipo de solvente ya sea etanol o metanol, usando la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v) no afecta en la actividad antioxidante de los extractos (p>0.05), por lo tanto, se obtiene valores iguales. En contraste, la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v), se obtiene mejores resultados con etanol (p<0.05). Mientras que al usar la proporción 100 (%v/v) el metanol logra mayor porcentaje de inhibición (p<0.05).

Al comparar la proporción solvente/agua usando cada solvente extractor, el análisis de varianza (anexo 4) muestra que, con etanol, al utilizar las proporciones 50/50 y 75/25 (%v/v) se logra valores más altos (p<0.05) que al usar la proporción 100/00 (%v/v). Esta variación se puede deberse a la afinidad con el agua de los compuestos antioxidantes. Sin embargo, al usar metanol en diferentes proporciones solvente/agua no afecta la

actividad antioxidante de los extractos ( $p>0.05$ ). Lo cual estaría afectada por la polaridad del solvente.

Cuando el tiempo de extracción varía, el análisis de varianza (anexo 4) muestra que, tanto para etanol y metanol es más efectiva la recuperación de compuestos fenólicos a 120 min ( $p<0.05$ ). Esta diferencia se debe a que a mayor tiempo de contacto muestra/solvente se logra mayor extracción.

Con los datos expresados en la Tabla 8, se puede concluir que usando etanol el tratamiento con la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos logró obtener  $69,10\pm 0,83\%$  de inhibición, mientras que con metanol se obtuvo  $67,14\pm 1,97\%$  de inhibición con el tratamiento con la proporción solvente/agua 50/50 (%v/v) y tiempo de extracción de 60 minutos. Estos resultados permite corroborar con lo que López, (2020) indica, reportando el 68,8 % de inhibición, usando también como método de determinación DPPH. Para adquirir los compuestos, se empleó una duración de 4 horas, utilizando 20 mL de etanol con una concentración del 60%. A continuación, la mezcla se expuso a un vibrador térmico que funcionaba a una velocidad de 300 rpm. No obstante, los diversos resultados pueden estar relacionados con el cultivar de naranja específico, el disolvente utilizado y la duración del contacto entre la muestra y el disolvente.

## CONCLUSIONES

1. El residuo de naranja utilizada como materia prima presentó alto contenido de carbohidratos (85,3 g/100g de muestra), fibra cruda (11.2 g/100g de muestra) y proteína (5,2 g/100g de muestra). Esto demuestra que puede ser utilizado en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética como fuente de extracción de compuestos bioactivos.
2. La extracción por Soxhlet automatizado para obtener extractos de residuo de naranja, reportó mejor rendimiento usando etanol con la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos. Mientras que al usar metanol se obtiene mayor rendimiento con la proporción solvente/agua 100/00 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos. Esto nos permite señalar que el tiempo de extracción influye de forma significativa en el rendimiento, logrando obtener mayor resultado a 120 min. Además, el etanol tiene mayor rendimiento frente al metanol, esto como consecuencia de que se obtiene mejores resultados al adicionar agua al solvente.
3. Al variar la proporción solvente/agua y el tiempo de extracción para la recuperación de compuestos fenólicos del residuo de naranja existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se obtiene mayor contenido de fenoles totales usando etanol con la proporción solvente/agua 75/25 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos ( $5,8504 \pm 0,20$  mgGAE/g materia seca). De la misma forma, con metanol la proporción solvente/agua, 50/50 (%v/v) y tiempo de extracción de 120 minutos ( $5,19 \pm 0,19$  mgGAE/g materia seca) y 75/25 (%v/v) ( $5,62 \pm 0,12$  mgGAE/g materia seca) permiten mayor recuperación de fenoles.
4. La proporción solvente/agua y tiempo de extracción influye en la actividad antioxidante de los extractos de residuo de naranja. Mediante ABTS, el etanol con la proporción solvente/agua, 50/50 (%v/v) y 75/25 (%v/v) con tiempo de extracción de 120 minutos para ambos tratamientos reportan valores superiores,  $39,46 \pm 2,83$  % de inhibición y  $38,12 \pm 0,74$  % de inhibición respectivamente. En cambio, con el metanol los tratamientos no presentan diferencia significativa. Del mismo modo, por el método DPPH, el etanol con la proporción solvente/agua, 50/50 (%v/v) y 75/25 (%v/v) con tiempo de extracción de 120 minutos para ambos tratamientos presentaron mayor actividad antioxidante,  $63,50 \pm 1,86$  % de inhibición,  $69,02 \pm 0,83$  % de inhibición respectivamente. Mientras que el metanol no presentó diferencia significativa entre sus tratamientos.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios más detallados a residuos agroindustriales como fuente de polifenoles y antioxidantes para lograr beneficios económicos para las empresas procesadoras de alimentos y constituir un valor agregado en la elaboración de productos cosméticos, alimentos funcionales, etc.
2. Evaluar a escala industrial la extracción de compuestos bioactivos con las que cuentan los residuos agroindustriales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, L., y Hernández, A. T. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 9–32. <https://doi.org/10.23850/24220582.1393>
- Amalia, C., Villagomez, M. L., Sanchez, C. M., Ronquillo, R. R., y Solis, F. M. (2020). *Orange by-products use ( Citrus sinensis var . valencia ) in ruminants feed Utilización de subproductos de naranja ( Citrus sinensis var . valencia ) en la alimentación para rumiantes In recent years and due to the environmental concern of society , agrib. 10(December), 1–11.*
- Azuola, R., y Vargas Aguilar, P. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Tecnología En Marcha*, 20(4), 1. <https://doi.org/ISSN: 0379-3962>
- Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. In D. Enrique Quintanar (Ed.), *Química de los alimentos* (4th ed.).
- Cárdenas, G. D. B., Arrazola Paternina, G., y Villalba Cadavid, M. (2016). Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. *Ingenium Revista de La Facultad de Ingeniería*, 17(33), 29. <https://doi.org/10.21500/01247492.2152>
- Chalé, F. H., Ancona, D. B., y Campos, M. R. S. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutricion Hospitalaria*, 29(1), 10–20. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>
- Chemat, F., Abert Vian, M., Fabiano-Tixier, A. S., Nutrizio, M., Režek Jambrak, A., Muneke, P. E. S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Binello, A., y Cravotto, G. (2020). A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products. In *Green Chemistry* (Vol. 22, Issue 8, pp. 2325–2353). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c9gc03878g>
- Cornejo-Figueroa, M. H., Cartagena-Cutipa, R., y Alcázar-Alay, S. C. (2020). Tecnologías ecoeficientes para la valoración de residuos agroindustriales en frutas y hortalizas. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 2(01), 294–311. <https://doi.org/10.47796/ing.v2i01.300>
- Escorza, M. A. Q., y Salinas, J. V. C. (2009). La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. *Revista de Educación Bioquímica*, 28(3), 89–101. <http://www.redalyc.org/pdf/490/49016098004.pdf>

- Ezekoye, V., Adinde, R., Ezekoye, D., y Ofomatah, A. (2019). Syntheses and characterization of biodiesel from citrus sinensis seed oil. *Scientific African*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00217>
- García, E., Fernández, I., y Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. In *Etsiamn*. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia Martínez et al.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia_Martinez_et_al.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gómez, A. (2018). *Visión general del aprovechamiento de residuos cítricos como materia prima de biorrefinerías*. 10, 153–168.
- Guillén, T. A. R. (2009). *Obtención de compuestos bioactivos de cáscara de naranja (Citrus sinensis) mediante la extracción con Co2 supercrítico*. UNIVERSIDAD DE SONORA.
- Jáuregui, M. E. C., De La Concepción Calvo Carrillo, M., y Romo, F. P. G. (2011). Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 61(3), 233–241. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2011/3/art-1/>
- López-Mesas, M., Carrillo, F., Gutiérrez, M. C., y Crespi, M. (2007). Alternative methods for the wool wax extraction from wool scouring wastes. *Grasas y Aceites*, 58(4), 402–407. <https://doi.org/10.3989/gya.2007.v58.i4.453>
- López Miranda, H. S. (2020). *Extracción de compuestos bioactivos a partir de cáscaras de mango y naranja para aplicarlos en el jabón de tocador base*. 31.
- Luque de Castro, M. D., y Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383–2389. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.027>
- Martínez-Navarrete, N., del Mar Camacho Vidal, M., y José Martínez Lahuerta, J. (2008). Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Actividad Dietetica*, 12(2), 64–68. [https://doi.org/10.1016/S1138-0322\(08\)75623-2](https://doi.org/10.1016/S1138-0322(08)75623-2)
- Montero-Calderon, A., Cortes, C., Zulueta, A., Frigola, A., y Esteve, M. J. (2019). Green solvents and Ultrasound-Assisted Extraction of bioactive orange (Citrus sinensis) peel compounds. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52717-1>
- Moreno, M. J. A., Belén, D. R., García, D., y Mendoza, L. (2006). *Evaluación del contenido de carotenoides totales en cáscaras de algunas variedades de naranjas venezolanas*. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-)

78182006000300005

- Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., y Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 123–131. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>
- Pascual-Chagman, G. J., y Enzima-Zelada, C. R. (2022). Caracterización de las harinas de trigo (*Triticum aestivum*), y de residuo de naranja (*Citrus x aurantium*) y de manzana (*Malus domestica*) para su aplicación en alimentos. *Agroindustrial Science*, 12(3), 279–286.
- Pérez-Nájera, V., Lugo-Cervantes, E., Gutiérrez-Lomelí, M., y Del-Toro-Sánchez, C. L. (2013). Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de lima (*Citrus limetta* Risso) y determinación de su actividad antioxidante. *BIOtecnia*, 15(3), 18. <https://doi.org/10.18633/bt.v15i3.153>
- Pourhossein, Z., Qotbi, A. A. A., Seidavi, A., Laudadio, V., Mazzei, D., y Tufarelli, V. (2019). Feeding of dried sweet orange (*Citrus sinensis*) peel on humoral immune response of broiler chickens. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*.
- Quiñones, M., Miguel, M., y Alexandre, A. (2012). Revisión Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76–89. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.1.5418>
- Quiroz, M. H., Soto, J. H., Callejas, F. R., Mendoza, C. R., Vanegas, C., Ponce, C., Hill, D. E. L., México, D. F., y México, D. F. (2013). *Extracción asistida por microondas y limpieza en fase sólida como método de análisis para la determinación de plaguicidas organofosforados en Ambystoma mexicanum*. 1 Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000 Dele. 29(2), 189–200.
- Ramón, C., y Gil-Garzón, M. A. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), e1822. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822>
- Rincón, A. M., Vásquez, A., Padilla, M., y C, F. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55(3), 305–310. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222005000300013&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000300013&lng=es&nrm=iso&tlng=en)

- Rioja, A. P. A., Vizaluque, B. E., Aliega-Rossel, E., y Tjeda, L. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de *Chenopodium quinoa*. *Revista Boliviana de Química*, 35, 168–176. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/>
- Rojas, T., Gómez, S., Gómez, S., Fuentes Campos, M. E., Contreras-López, E., y Muñoz Jáuregui, A. M. (2018). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(2), 258–267. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.82>
- Tenorio, M. (2016). Flavonoids extracted from orange peelings tangelo (*Citrus reticulata* x *Citrus paradisi*) and their application as a natural antioxidant in sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) vegetable oil. *Scientia Agropecuaria*, 7(4), 419–431. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.04.07>
- Toscano-Garibay, J. D., Arriaga-Alba, M., Sánchez-Navarrete, J., Mendoza-García, M., Flores-Estrada, J. J., Moreno-Eutimio, M. A., Espinosa-Aguirre, J. J., González-Ávila, M., y Ruiz-Pérez, N. J. (2017). Antimutagenic and antioxidant activity of the essential oils of *Citrus sinensis* and *Citrus latifolia*. *Scientific Reports*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11818-5>
- Tucker, D. P. ., Futch, S. ., Gmitter. F.G., y Kesinger, M. C. (1999). *Florida Citrus Varieties* (J. Mathis, H. Huseman, e Y. Egashira (eds.); Segunda Ed). University of Florida. <https://citrusagents.ifas.ufl.edu/media/crecifasufledu/citrus-agents/docs/citrus-publications/Fla-Citrus-Varieties.pdf>
- Vargas, Y. A. C., y Pérez, L. I. P. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. In *Revista Facultad de Ciencias Básicas* (pp. 59–72). <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Vega Contreras, N. A., y Torres Salazar, M. L. (2021). Evaluación De Compuestos Fenólicos De (*Citrus sinensis*) Y Su Capacidad Antioxidante. *Ciencia En Desarrollo*, 12(2), 109–117. <https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n2.2021.11635>
- Zhang, J., Wen, C., Zhang, H., Duan, Y., y Ma, H. (2020). Recent advances in the extraction of bioactive compounds with subcritical water: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 95, pp. 183–195). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.018>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Análisis estadístico del rendimiento de extracción

#### 1.1. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de extracción del etanol y metanol

Tabla de análisis de la varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente	1	5,9647	5,9647	0,7694	0,3891
Solvente/agua	2	50,6028	25,3014	3,2637	0,0558
t-extracción	1	89,9722	89,9722	11,6057	0,0023
Tipo de solvente*solvente/agua	2	293,7294	146,8647	18,9444	0,0000
Tipo de solvente*t-extracción	1	83,3082	83,3082	10,7461	0,0032
Solvente/agua*t-extracción	2	7,5360	3,7680	0,486	0,6210
Tipo de solvente*solvente/agua*t-extracción	2	2,5881	1,2940	0,1669	0,8472
Residuo	24	186,0582	7,7524		
Total	35	719,7595			

CV = 6.46 %

valor-p: 0.3593062

Según la prueba de Shapiro-Wilk al 5% de significancia, los residuos pueden considerarse normales.

#### 1.1.1. Interacción significativa TIPO DE SOLVENTE\*SOLVENTE/AGUA: desarrollo de la interacción

##### 1.1.1.1. Efecto del solvente (etanol y metanol) sobre la proporción solvente/agua

Tabla de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente: solvente/agua 50/50	1	4,35607	4,35607	0,5619	0,4608
Tipo de solvente: solvente/agua 75/25	1	121,72879	121,7288	15,702	6,00E-04
Tipo de solvente: solvente/agua 100	1	173,60924	173,6092	22,3942	1,00E-04
Residuo	24	186,05815	7,75242		

##### 1.1.1.1.1. Tipo de solvente dentro del nivel de proporción solvente/agua 50/50 %v/v

	Niveles	Medias
1	Etanol	41,96357
2	Metanol	43,16857

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales.

**1.1.1.1.2. Tipo de solvente dentro del nivel de proporción solvente/agua 75/25 %v/v**

**Prueba de tukey**

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Etanol	47,92933
b	Metanol	41,55938

**1.1.1.1.3. Tipo de solvente dentro del nivel de proporción solvente/agua 100 %v/v**

**Prueba de tukey**

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Metanol	45,7955
b	Etanol	38,18828

**1.1.2. Efecto de la proporción solvente/agua dentro de cada nivel de TIPO DE SOLVENTE**

*Tabla de análisis de varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente:agua:tipo de solvente etanol	2	289,46238	144,7312	18,6692	0
Solvente:agua:tipo de solvente metanol	2	54,86987	27,43493	3,5389	0,045
Residuo	24	186,05815	7,75242		

**1.1.2.1. Efecto de la proporción solvente/agua dentro del nivel de ETANOL del TIPO DE SOLVENTE**

**Prueba de tukey**

Grupos	Tratamientos	Medias
a	75/25	47,92933
b	50/50	41,96357
b	100	38,18828

**1.1.2.2. Efecto de la proporción solvente/agua dentro del nivel de METANOL del TIPO DE SOLVENTE**

**Prueba de tukey**

Grupos	Tratamientos	Medias
a	100	45,7955
ab	50/50	43,16857
b	75/25	41,55938

### 1.1.3. Interacción significativa TIPO DE SOLVENTE\*T-EXTRACCIÓN: desarrollo de la interacción

Tabla de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente:t-extracción 60 min	1	66,92782	66,92782	8,6331	0,0072
Tipo de solvente:t-extracción 120 min	1	22,34506	22,34506	2,8823	0,1025
Residuo	24	186,05815	7,75242		

#### 1.1.3.1. TIPO DE SOLVENTE dentro de tiempo de extracción nivel 60 minutos

##### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Metanol	43,44814
b	Etanol	39,59161

#### 1.1.3.2. TIPO DE SOLVENTE dentro de tiempo de extracción nivel 120 minutos

Niveles	Medias
1 Etanol	45,79584
2 Metanol	43,56749

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales.

#### 1.1.4. Efecto del tiempo de extracción dentro de cada nivel de TIPO DE SOLVENTE

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
t-extracción:tipo de solvente etanol	1	173,2163	173,2163	22,3435	1,00E-04
t-extracción:tipo de solvente metanol	1	0,06409	0,06409	0,0083	0,9283
Residuo	24	186,05815	7,75242		

#### 1.1.4.1. Tiempo de extracción dentro del nivel ETANOL de TIPO DE SOLVENTE

##### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
a	120 min	45,79584
b	60 min	39,59161

#### 1.1.4.2. Tiempo de extracción dentro del nivel METANOL de TIPO DE SOLVENTE

Niveles	Medias
1 120 min	43,56749
2 60 min	43,44814

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales.

## Anexo 2

### Análisis estadístico de Fenoles Totales

#### 2.1. Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de fenoles totales usando etanol y metanol

Tabla de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TIPO DE SOLVENTE	1	10.55936	10,55936	96,2033	0
SOLVENTE:AGUA	2	39.12772	19,56386	178,2407	0
T-EXTRACCIÓN	1	2.99192	2,99192	27,2585	0
TIPO DE SOLVENTE*SOLVENTE/AGUA	2	21.28232	10,64116	96,9485	0
TIPO DE SOLVENTE*T-EXTRACCIÓN	1	0.23615	0,23615	2,1515	0,1554
SOLVENTE:AGUA*T-EXTRACCIÓN	2	0.17319	0,0866	0,7889	0,4658
TIPO DE SOLVENTE*SOLVENTE/AGUA*T-EXTRACCIÓN	2	0.43199	0,21599	1,9679	0,1617
Residuo	24	2.63426	0,10976		
Total	35	77.43691			

CV = 7.48 %

valor p: 0,01771906

ATENCIÓN: con una significancia del 5%, los residuos no pueden considerarse normales.

#### 2.1.2. Interacción significativa TIPO DE SOLVENTE\*PROPORCIÓN SOLVENTE/AGUA

##### 2.1.2.1. TIPO DE SOLVENTE dentro de cada nivel de PROPORCIÓN SOLVENTE/AGUA

Tabla de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente:solvente/agua 50/50	1	0,34843	0,34843	3,1745	0,0875
Tipo de solvente:solvente/agua 75/25	1	0,41445	0,41445	3,7759	0,0638
Tipo de solvente:solvente/agua 100	1	31,0788	31,0788	283,15	0
Residuo	24	2,63426	0,10976		

##### 2.1.2.2. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción de solvente/agua 50/50 %v/v

	NIVELES	MEDIAS
1	Etanol	4,801467
2	Metanol	5,142267

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

**2.1.2.3. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción de solvente/agua 75/25 %v/v**

	NIVELES	MEDIAS
1	Etanol	5,536117
2	Metanol	5,164433

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

**2.1.2.4. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción de solvente/agua 100%v/v**

**Prueba de tukey**

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Etanol	4,58325
b	Metanol	1,364617

**2.1.3. Efecto de la proporción solvente/agua dentro de cada nivel de TIPO DE SOLVENTE**

*Tabla de análisis de varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente:agua:tipo de solvente etanol	2	2,99057	1,49528	13,6231	1,00E-04
Solvente:agua:tipo de solvente metanol	2	57,41948	28,70974	261,5661	0
Residuo	24	2,63426	0,10976		

**2.1.3.1. Proporción solvente/agua dentro del nivel de ETANOL de TIPO DE SOLVENTE**

**Prueba de tukey**

Grupos	Tratamientos	Medias
a	75/25	5,536117
b	50/50	4,801467
b	100	4,58325

**2.1.3.2. Proporción solvente/agua dentro del nivel de ETANOL de METANOL TIPO DE SOLVENTE**

**Prueba de tukey**

Grupos	Tratamientos	Medias
a	75/25	5,164433
a	50/50	5,142267
b	100	1,364617

**2.1.4. Efecto del tiempo de extracción en el contenido de fenoles totales****Prueba de tukey**

Grupos	Tratamientos	Medias
A	120 min	4,720311
B	60 min	4,143739

**Anexo 3.****Análisis estadístico de la Actividad Antioxidante por ABTS****3.1. Análisis de varianza (ANOVA) de la actividad antioxidante usando etanol y metanol***Tabla de análisis de la varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente	1	28,63267	28,63267	1,9499	0,1754
Solvente:agua	2	267,52483	133,76242	9,1091	0,0011
t-extracción	1	195,72989	195,72989	13,329	0,0013
Tipo de solvente*solvente:agua	2	139,6199	69,80995	4,754	0,0182
Tipo de solvente*t-extracción	1	138,11303	138,11303	9,4054	0,0053
Solvente:agua*t-extracción	2	30,34199	15,17099	1,0331	0,3712
Tipo de solvente*solvente:agua*t-extracción	2	50,97459	25,48729	1,7357	0,1977
Residuo	24	352,42778	14,68449		
Total	35	1203,36468			

CV = 11.99 %

valor p: 0,07612441

Según la prueba de Shapiro-Wilk al 5% de significancia, los residuos pueden considerarse normales.

**3.1.1. Interacción significativa TIPO DE SOLVENTE\*SOLVENTE/AGUA:  
desarrollo de la interacción***Tabla de análisis de la varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente:solvente:agua 50/50	1	37,25185	37,25185	2,5368	0,1243
Tipo de solvente:solvente:agua 75/25	1	90,6186	90,6186	6,171	0,0204
Tipo de solvente:solvente:agua 100	1	40,38211	40,38211	2,75	0,1103
Residuo	24	352,42778	14,68449		

**3.1.1.1. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción solvente/agua 50/50  
%v/v**

	Niveles	Medias
1	Etanol	36,90475
2	Metanol	33,38093

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

### 3.1.1.2. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción solvente/agua 75/25%v/v

#### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
A	Etanol	34,98015
B	Metanol	29,48413

### 3.1.1.3. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción solvente/agua 100 %v/v

	Niveles	Medias
1	Etanol	26,64858
2	Metanol	30,31747

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

### 3.1.2. Efecto de la proporción solvente/agua dentro de cada nivel TIPO DE SOLVENTE

*Tabla de análisis de la varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente:agua:tipo de solvente etanol	2	356,61609	178,30804	12,1426	2,00E-04
Solvente:agua:tipo de solvente metanol	2	50,52865	25,26432	1,7205	0,2003
Residuo	24	352,42778	14,68449		

### 3.1.2.1. Proporción solvente/agua dentro del nivel ETANOL de TIPO DE SOLVENTE

#### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
A	50/50	36,90475
A	75/25	34,98015
B	100	26,64858

### 3.1.2.2. Proporción solvente/agua dentro del nivel METANOL de TIPO DE SOLVENTE

	Niveles	Medias
1	100	30,31747
2	50/50	33,38093
3	75/25	29,48413

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

### 3.1.3. Interacción significativa TIPO DE SOLVENTE\*TIEMPO DE EXTRACCIÓN

#### 3.1.3.1. TIPO DE SOLVENTE dentro de cada nivel de TIEMPO DE EXTRACCIÓN

*Tabla de análisis de la varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente:t-extracción 60 min	1	20,48768	20,48768	1,3952	2,49E-01
Tipo de solvente:t-extracción 120 min	1	146,25801	146,25801	9,96	0,0043
Residuo	24	352,42778	14,68449		

#### 3.1.3.1.1. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel TIEMPO DE EXTRACCIÓN 60 minutos

	Niveles	Media
1	Etanol	28,55408
2	Metanol	30,68781

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

#### 3.1.3.1.2. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel TIEMPO DE EXTRACCIÓN 120 minutos

##### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
A	Etanol	37.13491
B	Metanol	31.43388

### 3.1.4. Interacción del TIEMPO DE EXTRACCIÓN dentro de cada nivel de TIPO DE SOLVENTE

*Tabla de análisis de la varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
t-extracción:tipo de solvente etanol	1	331,33815	331,33815	22,5638	1,00E-04
t-extracción:tipo de solvente metanol	1	2,50477	2,50477	0,1706	0,6833
Residuo	24	352,42778	14,68449		

#### 3.1.4.1. TIEMPO DE EXTRACCIÓN dentro del nivel ETANOL de TIPO DE SOLVENTE

##### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
A	120 min	37,13491
B	60 min	28,55408

**3.1.4.2. TIEMPO DE EXTRACCIÓN dentro del nivel METANOL de TIPO DE SOLVENTE**

	Niveles	Medias
1	120 min	31,43388
2	60 min	30,68781

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

**Anexo 4.****Análisis estadístico de la Actividad Antioxidante por DPPH****4.1. Análisis de varianza (ANOVA) de la actividad antioxidante por DPPH usando etanol y metanol***Tabla de análisis de la varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente	1	28,293	28,293	2,548	0,1235
Solvente:agua	2	169,00559	845028	7,61	0,1235
t-extracción	1	71,37011	71,37011	6,4273	0,0182
Tipo de solvente*solvente:agua	2	217,74396	108,87198	9,8046	0,0008
Tipo de solvente*t-extracción	1	16,31958	1631958	1,4697	0,2372
Solvente:agua*t-extracción	2	33,37423	16,68712	1,5028	0,2427
Tipo de solvente*solvente:agua*t-extracción	2	5,99273	2,99637	0,2698	0,7658
Residuo	24	266,50019	11,10417		
Total	35	808,5994			

CV = 5.29 %

valor p: 0,0003206573

ATENCIÓN: Con una significancia del 5%, los residuos no pueden considerarse normales.

**4.1.1. Interacción significativa TIPO DE SOLVENTE\*SOLVENTE/AGUA: desarrollo de la interacción***Tabla de análisis de la varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tipo de solvente:solvente/agua 50/50	1	42,29257	42,29257	3,8087	0,0628
Tipo de solvente:solvente/agua 75/25	1	74,77018	42,29257	6,7335	0,0159
Tipo de solvente:solvente/agua 100	1	128,97422	42,29257	11,6149	0,0023
Residuo	24	128,97422	11,10417		

**4.1.1.1. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción solvente/agua 50/50 %v/v**

	NIVELES	MEDIAS
1	Etanol	62,84245
2	Metanol	66,59712

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

#### 4.1.1.2. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción solvente/agua 75/25 %v/v

##### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Etanol	66,85438
b	Metanol	61,86205

#### 4.1.1.3. TIPO DE SOLVENTE dentro del nivel proporción solvente/agua 100 %v/v

##### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
A	Metanol	63,2318
B	Etanol	56,67502

### 4.1.2. Efecto de la proporción solvente/agua dentro del nivel tipo de solvente

*Tabla de análisis de la varianza*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Solvente:agua:tipo de solvente etanol	2	315,5047	157,75235	14,2066	0,0001
Solvente:agua:tipo de solvente metanol	2	71,24486	35,62243	3,208	0,0583
Residuo	24	266,50019	11,10417		

#### 4.1.2.1. Proporción solvente/agua dentro del nivel ETANOL de tipo de solvente

##### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
a	75/25	66,85438
a	50/50	62,84245
b	100	56,67502

#### 4.1.2.2. Proporción solvente/agua dentro del nivel METANOL de tipo de solvente

	Niveles	Medias
1	100	63,2318
2	50/50	66,59712
3	75/25	61,86205

Según la prueba F, las medias de este factor son estadísticamente iguales

### 4.1.3. Efecto del tiempo de extracción sobre la actividad antioxidante

#### Prueba de tukey

Grupos	Tratamientos	Medias
a	120 min	64,41848
b	60 min	61,60246

# Recuperación de compuestos fenólicos del residuo de naranja (*Citrus sinensis*) mediante Soxhlet automatizado y determinación de su actividad antioxidante

*por* Noemi Garcia Gomez

---

**Fecha de entrega:** 16-may-2024 10:52a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2381121147

**Nombre del archivo:** FIAI\_-\_Noemi\_Garc\_a\_Gomez.docx (1.18M)

**Total de palabras:** 12196

**Total de caracteres:** 70244

# Recuperación de compuestos fenólicos del residuo de naranja (*Citrus sinensis*) mediante Soxhlet automatizado y determinación de su actividad antioxidante

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	5%
2	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de Educación Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1%
7	www.agrociencia-colpos.org Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ug.edu.ec	