

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES,
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA Y
COMPOSICIÓN PROXIMAL DE RESIDUOS DE LA
AGROINDUSTRIA PERUANA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

LESLIE YESSENIA CUMPA ARIAS

LIMA-PERÚ









2023

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

Document Information

Analyzed document	Tesis_Leslie Cumpa Arias.pdf (D142861035)
Submitted	8/12/2022 3:30:00 PM
Submitted by	Gustavo Puma Isuiza
Submitter email	gpuma@lamolina.edu.pe
Similarity	2%
Analysis address	gpuma.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1486/ING_443.pdf?sequence Fetched: 8/12/2022 3:31:00 PM		3
W	URL: https://agroexportaciones.com/2019/06/25/peru-es-uno-de-los-mas-importantes-proveedores-mundiales-de-mango-de-muy-alta-calidad/ Fetched: 8/12/2022 3:31:00 PM		1
W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/877/1/T-ESPE-024838.pdf Fetched: 7/27/2022 2:12:33 AM		1
SA	Memoria TFG Aida Xavier.pdf Document Memoria TFG Aida Xavier.pdf (D53447092)		2
W	URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432011000200001&lng=es&nrm=iso&tng=es Fetched: 8/12/2022 3:31:00 PM		2
W	URL: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9717/DUE%C3%91AS_ZURITA_JULIA_COMPUESTOS_FENOLICOS_UVA_QUEBRANTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 8/12/2022 3:31:00 PM		1
W	URL: http://repositorio.autonomadeica.edu.pe/handle/autonomadeica/900 Fetched: 8/12/2022 3:30:00 PM		1
SA	TT_JesseniaGuayllas.docx Document TT_JesseniaGuayllas.docx (D59769402)		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS "DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA PERUANA" TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS LESLIE YESSENIA CUMPA ARIAS LIMA-PERÚ 2022

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO Este trabajo de investigación fue financiado por el CONCYTEC-PROCIENCIA en el marco de la convocatoria Proyectos de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico 2020-02 - Fase II [Convenio N° 162-2020-FONDECYT].

ÍNDICE GENERAL RESUMEN ABSTRACT I. INTRODUCCIÓN	1	II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. RESIDUOS DE LA			
AGROINDUSTRIA	3	2.1.1. IMPACTO AMBIENTAL	3
2.1.2. ECONOMÍA CIRCULAR	3	2.1.3. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA	4
2.1.4. RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA		2.2. RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA	
PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS	5	2.2.1. PALTA	5
2.2.2. UVA	7	2.2.3. LÚCUMA	8
2.2.4. CACAO	10	2.2.5. MANGO	11
2.3. COMPUESTOS BIOACTIVOS EN		2.4. COMPUESTOS FENÓLICOS	12
RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	12	2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS	13
2.4.2. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS	13	2.5. CAPACIDAD	
ANTIOXIDANTE	18	2.5.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS HAT	
2.5.2. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS		2.5.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS MIXTOS (SET-HAT)	
SET	19	2.6. CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA	20
III. METODOLOGÍA	22	3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	22
3.2. MATERIA PRIMA E		3.2.1. PALTA	22
INSUMOS	22	3.2.2. UVA	22
3.2.3. LÚCUMA	22	3.2.4. CACAO	22
3.2.5. MANGO	22	3.3. MATERIALES, REACTIVOS Y	
EQUIPOS	23	3.3.1. MATERIALES	23
3.3.2. REACTIVOS	23	3.3.3. EQUIPOS	24
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS		3.4.1. ANÁLISIS PROXIMAL	25
25		3.4.2. DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES	
26		3.4.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH	26
26		3.4.4. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS	27
27		3.4.5. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	
28		3.4.6. DETERMINACIÓN DEL IC 50	28
28		3.5. METODOLOGÍA	
29		3.5.1. ETAPA 1: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	29
30		3.5.2. ETAPA 2: ACONDICIONAMIENTO DE LAS	
30		3.5.3. ETAPA 3: OBTENCIÓN DE EXTRACTOS	30

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES, CAPACIDAD
ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE
RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA PERUANA”**

Presentado por:

LESLIE YESSSENIA CUMPA ARIAS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dr. Eduardo Morales Soriano
PRESIDENTE

Dr. Luis Condezo Hoyos
MIEMBRO

Mg.Sc. Silvia Melgarejo Cabello
MIEMBRO

Jenny Valdez Arana, PhD.
ASESOR

Mg.Sc. Gustavo Puma Isuiza
CO-ASESOR

Lima-Perú

2023

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por siempre renovar mis fuerzas y guiar mis pasos. A mis amadas mascotas (Paquito, Nievito y Hachi), quienes me permitieron conocer un poquito del cielo aquí en la Tierra. Y a mí, por nunca rendirme en luchar por esa pequeña que en algún momento soñó con convertirse en ingeniera.

¡Lo logramos Les!

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia y a mis queridos abuelos, Juan y Belmira, por estar conmigo en las buenas y malas.

Doy un agradecimiento especial a mi *soulmate* por siempre motivarme a lograr cada sueño y meta que tengo. Y a mi conejito, Nievito, tu ternura y amor me han sido de gran ayuda.

También agradezco a la profesora Marianela Inga, Cinthya Huaman, Miguel Varas y Alejandro Saito por todo su apoyo durante el trayecto de lograr este objetivo tan importante.

Se agradece también al financiamiento brindado por el CONCYTEC-PROCIENCIA en el marco de la convocatoria Proyectos de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico 2020-02 - Fase II [Convenio N° 162-2020-FONDECYT].

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA.....	3
2.1.1.	IMPACTO AMBIENTAL	3
2.1.2.	ECONOMIA CIRCULAR	4
2.1.3.	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA.....	5
2.2.	RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.....	5
2.2.1.	PALTA.....	5
2.2.2.	UVA.....	7
2.2.3.	LÚCUMA.....	9
2.2.4.	CACAO.....	10
2.2.5.	MANGO.....	11
2.3.	COMPUESTOS BIOACTIVOS EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	13
2.4.	COMPUESTOS FENÓLICOS	13
2.4.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS	14
2.4.2.	MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS.....	18
2.5.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	18
2.5.1.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS HAT	19
2.5.2.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS SET.....	20
2.5.3.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS MIXTOS (SET-HAT).....	21

2.6.	CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA	22
III.	METODOLOGÍA	23
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	23
3.2.	MATERIA PRIMA E INSUMOS	23
3.2.1.	PALTA	23
3.2.2.	UVA	23
3.2.3.	LÚCUMA.....	23
3.2.4.	CACAO	24
3.2.5.	MANGO	24
3.3.	MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS.....	24
3.3.1.	MATERIALES.....	24
3.3.2.	REACTIVOS.....	25
3.3.3.	EQUIPOS	25
3.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	26
3.4.1.	ANÁLISIS PROXIMAL	26
3.4.2.	DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES	27
3.4.3.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH.....	28
3.4.4.	DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS	29
3.4.5.	DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO FRAP	30
3.4.6.	DETERMINACIÓN DEL IC ₅₀	30
3.4.7.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA.....	31
3.5.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	31
3.5.1.	ETAPA 1: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	31
3.5.2.	ETAPA 2: ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS	32

3.5.3.	ETAPA 3: OBTENCIÓN DE EXTRACTOS	32
3.5.4.	ETAPA 4: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES POR MÉTODOS FÍSICOQUÍMICOS Y ESPECTROFOTOMÉTRICOS	34
3.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	36
4.2.	COMPUESTOS FENÓLICOS EN EXTRACTOS DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	38
4.3.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	42
4.4.	IC 50-CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	45
4.5.	EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA	47
V.	CONCLUSIONES.....	51
VI.	RECOMENDACIONES.....	52
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	53
VIII.	ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de palta en el Perú desde el 2011 al 2017	6
Tabla 2: Producción de uva en el Perú desde el año 2011 al 2017.....	8
Tabla 3: Producción de Lúcuma en el Perú desde el año 2011 al 2017	9
Tabla 4: Componentes de la lúcuma.....	10
Tabla 5: Producción de Cacao del 2011 al 2017	11
Tabla 6: Producción de mango en el Perú desde el año 2011 al 2017	12
Tabla 7: Clasificación de compuestos fenólicos de acuerdo al número de anillos aromáticos, esqueleto de carbono y estructura química básica.....	15
Tabla 8: Contenido proximal (% p/p base seca) de los cinco residuos agroindustriales....	36
Tabla 9: Capacidad antioxidante (ABTS, DPPH-H, DPPH-L y FRAP) de los residuos agroindustriales ($\mu\text{mol ET/g b.s.}$).....	42
Tabla 10: Diámetro (mm) de la zona de inhibición de cada uno de los extractos frente a los microorganismos.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura química del fenol	14
Figura 2: Metodología experimental de la investigación	34
Figura 3: Contenido de compuestos fenólicos totales en los extractos de los residuos agroindustriales	39
Figura 4: Comparación del IC50-ABTS de los extractos hidrofílicos.	46
Figura 5: Respuesta antimicrobiana y antifúngica a los extractos de residuos agroindustriales	49

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CONTENIDO PROXIMAL DE LOS CINCO RESIDUOS AGROINDUSTRIALES (% P/P BASE SECA).	70
ANEXO 2: CURVA ESTÁNDAR DE ÁCIDO GÁLICO PARA EL ENSAYO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES	71
ANEXO 3: CURVA ESTÁNDAR DE TROLOX PARA EL ENSAYO DE DPPH.....	72
ANEXO 4: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ABTS, DPPH-H, DPPH-L Y FRAP) DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES ($\mu\text{MOL ET/G B.S.}$).	74
ANEXO 5: CURVA ESTÁNDAR DE TROLOX PARA EL ENSAYO DE ABTS	75
ANEXO 6: CURVA ESTÁNDAR DE TROLOX PARA EL ENSAYO DE FRAP	77
ANEXO 7: COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN UTILIZADO PARA EL CÁLCULO DEL IC50.....	78
ANEXO 8: DIÁMETRO (MM) DE LA ZONA DE INHIBICIÓN DE CADA UNO DE LOS EXTRACTOS FRENTE A LOS MICROORGANISMOS	78

RESUMEN

Esta investigación caracterizó cinco residuos de la agroindustria peruana mediante la determinación de la composición proximal, contenido de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante hidrofílica (DPPH, ABTS y FRAP) y lipofílica (DPPH y ABTS), capacidad antimicrobiana y antifúngica de la semilla de palta (*Persea Americana Millar*), orujo de uva (*Vitis vinífera*), semilla de lúcuma (*Pouteria lúcuma*), cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) y vaina de cacao (*Theobroma cacao* L.). De la caracterización proximal, la semilla de lúcuma reportó un mayor contenido de proteína (6.59 %), mientras que la vaina de cacao presentó un mayor contenido de humedad (80.94 %), fibra cruda (26.89 %) y cenizas (7.14 %). Además, la cáscara de mango obtuvo el mayor contenido de grasa (4.89 %). El contenido de compuesto fenólicos de los cinco residuos varió desde 4.38 hasta 56.81 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/g en la semilla de lúcuma y cáscara de mango, respectivamente. Asimismo, la cáscara de mango mostró mayor capacidad antioxidante hidrofílica evaluada por el método DPPH (957.51 μmol equivalentes de Trolox (ET)/g), FRAP (1667.23 μmol de ET/g) y ABTS (990.85 μmol de ET/g); sin embargo, la semilla de palta obtuvo la mayor capacidad antioxidante lipofílica evaluada por el método DPPH (17.68 μmol de ET/g) y ABTS (30.14 μmol de ET/g). Además, estos residuos presentaron los menores valores de IC_{50} -ABTS (0.38 mg/mL y 0.74 mg/mL). Por otro lado, el orujo de uva, vaina de cacao y semilla de lúcuma presentaron capacidad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* (ATCC25923) y *Escherichia coli* (ATCC25922); y la semilla de lúcuma presentó capacidad antifúngica frente a la cepa de *Penicillium digitatum*. Los resultados obtenidos evidencian que los residuos estudiados tienen compuestos con potencial funcional y su valorización resulta importante para su aplicación en la investigación, desarrollo e innovación de alimentos funcionales y en el control de la inocuidad durante el procesamiento y conservación de alimentos u otras aplicaciones en la industria.

Palabras claves: Residuos agroindustriales, compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante, capacidad antimicrobiana, capacidad antifúngica.

ABSTRACT

This research characterized five residues of the Peruvian agribusiness by determining the proximal composition, content of total phenolic compounds, hydrophilic antioxidant capacity (DPPH, ABTS and FRAP) and lipophilic antioxidant capacity (DPPH and ABTS), antimicrobial and antifungal activity of avocado seed (*Persea Americana Millar*), grape pomace (*Vitis vinifera*), lucuma seed (*Pouteria lucuma*), mango peel (*Mangifera indica* L.) and cocoa pod (*Theobroma cacao* L.). Of the proximal characterization, the lucuma seed reported a higher protein content (6.59 %), while the cocoa pod presented a higher moisture content (80.94 %), crude fiber (26.89 %) and ash (7.14 %). In addition, mango peel obtained the highest fat content (4.89 %). The phenolic compound content of the five residues ranged from 4.38 to 56.81 mg equivalents of gallic acid (EAG)/g in lucuma seed and mango peel, respectively. Likewise, mango peel showed greater hydrophilic antioxidant capacity evaluated by the DPPH method (957.51 μmol Trolox equivalents (TE)/g), FRAP (1667.23 μmol TE/g) and ABTS (990.85 μmol TE/g); however, avocado seed obtained the highest lipophilic antioxidant capacity evaluated by the DPPH method (17.68 μmol TE/g) and ABTS (30.14 μmol TE/g). In addition, these residues presented the lowest IC_{50} -ABTS values (0.38 mg/mL and 0.74 mg/mL). On the other hand, grape pomace, cocoa pod and lucuma seed presented antimicrobial capacity against *Staphylococcus aureus* (ATCC25923) and *Escherichia coli* (ATCC25922); and lucuma seed showed antifungal capacity against the *Penicillium digitatum* strain. The results obtained show that the residues studied have compounds with functional potential and their valorization is important for their application in the research, development and innovation of functional foods and in the control of safety during the processing and preservation of food or other applications in industry.

Keywords: Agro-industrial residues, total phenolic compounds, antioxidant capacity, antimicrobial capacity, antifungal capacity.

I. INTRODUCCIÓN

Se estima que a nivel mundial se desecha hasta una tercera parte de los alimentos para el consumo humano, generándose residuos desde el cultivo de la materia prima hasta su comercialización y aunque estos residuos no representan el valor principal de la transformación, pueden ser utilizados como materia prima para otros productos (Arias, 2019; Saval, 2012). La agroindustria peruana no está exenta a la generación de gran cantidad de residuos como: semillas, cáscara y orujo, provenientes de vegetales como frutas y granos. Dichos residuos contienen compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas, como los compuestos fenólicos, que están presentes tanto en las frutas como en sus residuos (de Albuquerque *et al.*, 2019; Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

Teniendo en cuenta, además, la tendencia actual de la búsqueda de procesos “verdes”, es importante lograr un aprovechamiento racional de los subproductos agroindustriales. Es decir, es necesaria la realización de estudios que potencien el desarrollo de procesos tecnológicos económicos, ecológicos, eficaces y rentables, que incentiven la utilización de los desechos como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado (Navarrete *et al.*, 2010).

En este sentido, la búsqueda de oportunidades de aplicación para dichos materiales requiere del conocimiento de su composición química, las propiedades de sus componentes y los grupos funcionales que los constituyen. De esta manera se podrá desarrollar tecnologías más apropiadas para lograr una mayor efectividad en su aprovechamiento (Cabrera *et al.*, 2016).

Por lo tanto, resulta de gran importancia para el campo científico la evaluación del potencial de las propiedades de los componentes de los residuos de la agroindustria

peruana (palta, uva, lúcuma, cacao, mango), para obtener más información e identificar cuál sería el mejor aprovechamiento de estos. En consecuencia, la investigación tuvo como objetivo principal determinar el contenido de composición proximal, compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante, capacidad antimicrobiana y antifúngica de cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao).

Los objetivos específicos fueron:

- Evaluar el contenido proximal de los cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao).
- Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales de cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao),
- Evaluar la capacidad antioxidante de cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao), mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP.
- Evaluar la capacidad antimicrobiana y antifúngica de los extractos de cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA

La agroindustria tiene la capacidad de fomentar el desarrollo económico, social y ambiental global, siempre y cuando mantenga el equilibrio entre la actividad desarrollada y la protección del medio ambiente en cada uno de sus procesos, desde la manipulación de la materia prima hasta la distribución y disposición final de los subproductos o residuos generados (Vargas & Pérez, 2018). La tendencia mundial es el notable crecimiento en la generación de residuos, derivado del incremento en la generación de productos comercializables (Saval, 2012).

Los residuos están constituidos por los desechos que se generan en todos los tipos de procesos que involucran directa o indirectamente al ser humano para su desarrollo. También se definen como cualquier material resultante de una operación industrial, para el cual no hay demanda económica y que deberá estar sujeto a disposición (Hanssen, 2000). La generación de residuos depende principalmente de la posición en la que se encuentra cada país con respecto al ingreso promedio, al producto bruto interno y al consumo de la población, ya que estos influyen en la cantidad y al tipo de consumo (Gonzalez *et al.*, 2017).

Los residuos agroindustriales cuentan con un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales y recuperación de condiciones ambientales alteradas (Vargas & Pérez, 2018).

2.1.1. IMPACTO AMBIENTAL

Guerrero & Valenzuela (2011) consideran que, si no se realiza un control adecuado, la agroindustria y otras industrias, pueden crear contaminación ambiental o riesgos

ecológicos en distintas formas. Estos derivan principalmente de las cantidades de residuos líquidos y sólidos que generan. Por ello la utilización de subproductos agroindustriales tiene incidencia en la preservación de la calidad del medio ambiente, al considerar el desarrollo de tecnologías orientadas hacia una transformación sustentable de los recursos naturales (Barragán *et al.*, 2008) y de esta manera contribuir a la economía circular.

2.1.2. ECONOMIA CIRCULAR

El acelerado consumo industrial resulta en un uso más intensivo de recursos naturales, productos químicos y la acumulación de más desechos que en el pasado, resultando una amenaza para los recursos hídricos y aéreos y pueden ser un peligro para la salud humana, animal y vegetal. Es por esto por lo que la sostenibilidad del medio ambiente y los recursos naturales se está convirtiendo en un tema cada vez más importante y desafiante en el mundo (Ari & Yikmaz, 2019; Orejuela-Escobar *et al.*, 2021). En este contexto, la economía circular basada en la tecnología “*zero waste*” promueve un impacto ambiental positivo al reutilizar, reciclar y recuperar estos residuos (Ng *et al.*, 2020).

La economía circular es un fenómeno recientemente definido para las industrias ecológicas. Al igual que otros modelos de desarrollo sostenible, la economía circular aborda el desacoplamiento, la eficiencia de los recursos, la eficiencia de la producción, los flujos de materiales más lentos en lugar de los modelos económicos lineales y una menor extracción de recursos sin reducir la actividad económica (Mccarthy *et al.*, 2018). Así, el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantendrán en la economía durante el mayor tiempo posible y se reducirá al mínimo la generación de residuos (Villarán *et al.*, 2018).

Las nuevas oportunidades, como los sectores emergentes basados en la remanufactura de la producción de material secundario, la reducción de los riesgos para la seguridad del suministro de los materiales importados y la creación de nuevos puestos de trabajo decentes, se identifican como las principales ventajas potenciales de las prácticas de la economía circular (Mccarthy *et al.*, 2018).

2.1.3. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA

Los residuos agroindustriales presentan fracciones orgánicas como característica común, ideal para su valorización en un sinnúmero de procesos dentro del mismo sector y/o en el flujo económico del país. Sin embargo, es necesaria la caracterización de estos para conocer el rendimiento, composición química, cantidad y calidad de sus componentes, con el objetivo de seleccionar el proceso o sector donde puede ser aprovechado sin sufrir transformación, o las tecnologías apropiadas para su transformación. Esto ha motivado a diferentes instituciones a efectuar proyectos o investigaciones tendientes a propiciar el aprovechamiento de estos generando diferentes alternativas de aprovechamiento que han sido estudiadas e implementadas (Cury *et al.*, 2017; Mejías-Brizuela *et al.*, 2016).

En Perú, por ejemplo, un equipo multidisciplinario de la Universidad Nacional de Trujillo ha seleccionado nueve residuos agroindustriales, con apoyo del CITE Chavimochic, para convertirlos por síntesis biológica en biopolímeros que servirán como materia prima en la elaboración de envases cien por ciento biodegradables, como parte de un convenio del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) con el Banco Mundial. Los residuos agroindustriales que se utilizarán son: peladilla del espárrago, brácteas de alcachofa, semilla de la palta, pepa de mango, bagazo de caña de azúcar, melaza de caña de azúcar, orujo de uva, cáscara de mango y cascarilla de arroz (Red Agrícola, 2020).

2.2. RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

2.2.1. PALTA

a. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La palta (*Persea Americana Millar*) también es conocida en otros países como avocado o aguacate, esta fruta es muy consumida por su agradable textura y sabor (Cid-Pérez *et al.*, 2021). Existen diferentes variedades comerciales como la palta fuerte, Hass, edranol, negra de la Cruz y Bacón (MINAGRI, 2010a). Sin embargo, en Perú las paltas más consumidas son del tipo fuerte y Hass (gran parte de su producción destinada al mercado externo); a

continuación, se presentan algunas de las características más importantes de estas variedades (MINAGRI, 2020a).

a.1. Variedad Fuerte

Es una palta de color verde, que proviene de la yema sacada de un árbol nativo de Atlixo (México). Tiene características intermedias entre la variedad mexicana y guatemalteca, por lo que se considera un híbrido natural de estas dos razas. Los frutos presentan aspecto piriforme, de peso medio (180 a 400 g), con un largo medio de 10 a 12 cm., ancho de 6 a 7 cm y su contenido de aceite varía entre 18 y 22 por ciento (MINAGRI, 2020a).

a.2. Variedad Hass

Es la variedad más comercializada en el mundo, originaria de California. Sus frutos son de forma oval piriforme, de peso medio (200 a 300 g), piel gruesa, negra y rugosa, se pela con facilidad y presenta color verde a oscuro violáceo cuando el fruto madura. La pulpa no tiene fibra y su contenido de aceite fluctúa entre 18 y 22 por ciento. La semilla es de tamaño pequeño, forma esférica y adherida a la pulpa (MINAGRI, 2020a).

b. PRODUCCIÓN

Según la Dirección General de Políticas Agrarias – DGPA, en el Perú se puede producir palta durante todo el año; sin embargo, la mayoría de la producción estacional se concentra entre los meses de abril a julio de cada año (MINAGRI, 2017). Debido a que su fruto ha demostrado poseer valiosas propiedades alimenticias, destacándose su alta concentración de proteínas y aceites insaturados y la ausencia de colesterol, su cultivo está en expansión (MINAGRI, 2008). En la Tabla 1 se muestra la producción nacional de palta desde el año 2011 hasta el 2017.

Tabla 1: Producción de palta en el Perú desde el 2011 al 2017

Año	Producción (miles de TM)
2015	376.6
2016	455.4
2017	466.8
2018	504.8

2019	572.0
2020	672.2
2021	779.9

FUENTE: INEI (2022)

c. GENERACIÓN DE RESIDUOS

La palta tiene una amplia variedad de usos en productos industriales, entre los que se encuentran (entre otros) los siguientes rubros comercializados actualmente: pulpa como base para untar, fresca ya sea refrigerada, en mitades o en cubos congelados y aceite (Saavedra *et al.*, 2017). La elevada demanda por diferentes productos derivados de la palta también ocasiona que se genere una gran cantidad de residuos de esta fruta, principalmente la cáscara y la semilla, los cuales representan hasta un 21-30 por ciento del peso total de la fruta (Velderrain-Rodríguez *et al.*, 2021). Mientras que la semilla por sí sola, representa aproximadamente el 16 por ciento (Figuroa *et al.*, 2018).

En los últimos años se vienen desarrollando diversos esfuerzos en materia de investigación con la finalidad de utilizar en su totalidad al fruto y dar valor agregado a los residuos de la palta, por ejemplo, la elaboración de harinas a partir de las semillas, la extracción de compuestos bioactivos como las antocianinas, aprovechamiento de ciertas propiedades de las semillas como colorantes, extractos de las semillas como antimicrobianos, etc. (CITE agroindustrial Ica, 2018).

2.2.2. UVA

a. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El MINAGRI (2019) define a las uvas frescas/de mesa o grano de uva como el fruto que crece formando racimos de la vid común o vid europea. Pertenece al género *Vitis* de la familia de las Vitáceas. La composición de la uva varía según se trate de uvas blancas o negras; en ambas destacan dos tipos de nutrientes: los azúcares, principalmente glucosa y fructosa, son muy energéticas y nutritivas.

Las variedades de uva de mesa que se produce en el Perú son: Red Globe (24-28mm), Crimson Seedles (18-19 mm), Flame Seedless (18-19 mm), Surgraone (18-22 mm) y Thompson Seedles (18-20 mm) (MINAGRI, 2010b).

b. PRODUCCIÓN

Los lugares de producción nacional de uva fresca se concentran principalmente en Ica, Piura, Lima, La Libertad y Arequipa, estos 5 departamentos concentran el 64 por ciento de la producción total de uvas del país (MINAGRI, 2019). La tendencia creciente y dinámica de este cultivo lo coloca actualmente como el quinto producto más importante de la agricultura nacional (MINAGRI, 2019). En la Tabla 2 se muestra la producción nacional de uva desde el año 2011 al 2017 (INEI, 2018).

Tabla 2: Producción de uva en el Perú desde el año 2011 al 2017

Año	Producción (miles de TM)
2015	597.9
2016	690
2017	645
2018	645.5
2019	639.8
2020	733.5
2021	825.7

FUENTE: INEI (2022)

c. GENERACIÓN DE RESIDUOS

Después del proceso tradicional de producción de vino a partir de uvas fermentadas, se obtiene una gran cantidad de residuos orgánicos sólidos, como orujo y tallos. El orujo de uva es aproximadamente del 10 al 30 por ciento del peso total de la uva (Muhlack *et al.*, 2018). Los residuos de la uva, considerando al orujo el principal desperdicio en la industria del vino, pueden convertirse en una fuente barata de compuestos fenólicos apta para el desarrollo de nuevos productos funcionales alimentarios o farmacéuticos. Sin embargo, este residuo está infrautilizado y la mayor parte generalmente se desecha en áreas abiertas generando contaminación ambiental (Botella *et al.*, 2005, Milinčić *et al.*, 2021).

2.2.3. LÚCUMA

a. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La lúcuma pertenece a la familia *Sapotaceae* y es un fruto oriundo de Sudamérica, empleado por culturas preincas e incas del litoral, entre Ecuador, Perú y Chile, como se registra en vestigios de tejidos y cerámica de la época (Villanueva, 2002). Existen dos variedades de lúcuma principalmente, siendo estas las variedades: lúcuma de seda y lúcuma de palo. La variedad lúcuma de seda es apta para el cultivo en climas húmedos, de buen aroma, gran cantidad de pulpa, posee menor cantidad de pepa y cáscara delgada; mientras que, la variedad de lúcuma de palo es resistente a diferentes climas, de consistencia y dureza, de olor sutil, con pepas abundantes y de poca cantidad de pulpa (Lavado *et al.*, 2012).

Según Del Castillo (2006), la lúcuma es una de las frutas que contiene los más altos niveles de proteínas, fluctuando en un rango de 1.5 a 2.4 g por cada 100 g de muestra, sólo siendo superado por la palta (4.2 g), plátano verde (4 g), coco (3.2 g) y maracuyá (2.8 g). Además, la lúcuma presenta un nivel de carbohidratos significativamente alto (25 g). Los azúcares presentes en la pulpa son glucosa, fructosa, sacarosa e inositol.

b. PRODUCCIÓN

Del Castillo (2006) sostiene que, la producción nacional de lúcuma no ha tenido un gran desarrollo ni tecnificación. En las dos últimas décadas, la producción de lúcuma se ha incrementado notoriamente (Tabla 3), como consecuencia del incremento de áreas cultivadas y la elevación del rendimiento.

Tabla 3: Producción de Lúcuma en el Perú desde el año 2011 al 2017

Año	Producción (miles de TM)
2015	14.8
2016	15.2
2017	14
2018	13.3
2019	13.4

2020	12.0
2021	12.9

FUENTE: INEI (2022)

c. GENERACIÓN DE RESIDUOS

La Pouteria lucuma es una planta cuyo fruto se utiliza mucho para la elaboración de postres (tortas, helados y otros) o se comercializa como pulpa y harina tanto en Perú como en otros países como Estados Unidos y miembros de la Unión Europea. De hecho, miles de toneladas de semillas se generan como residuo agrícola debido a las altas demandas (Guerrero-Castillo *et al.*, 2019). En la Tabla 4 se muestran los componentes de la lúcuma, donde se puede notar que el porcentaje de residuos se encuentra entre el 17-35 por ciento.

Tabla 4: Componentes de la lúcuma

Componente	Porcentaje (%)
Pulpa (mesocarpio)	64 a 78
Cáscara (epicarpio)	7 a 17
Hollejo (endocarpio)	2 a 3
Semilla	8 a 15

FUENTE: Villanueva (2002)

2.2.4. CACAO

a. CARACTERÍSTICAS GENERALES

En Perú, el cacao (*Theobroma cacao* L.) se distribuye en cuatro grupos genéticos: Trinitario (ubicado principalmente en Junín), Forastero amazónico (producido principalmente en Cusco y Ayacucho), CCN 51 (ubicado principalmente en San Martín y Cusco) y Criollo + Nativos (particularmente en Cusco, Amazonas y Cajamarca) (Ramos-Escudero *et al.*, 2021). Nuestro país es considerado uno de los principales productores y proveedores de cacao fino y de aroma y el segundo productor de cacao orgánico a nivel mundial. Asimismo, el 60 por ciento de la biodiversidad existente de cacao (material genético) se encuentra en el Perú. (MINAGRI, 2020b).

b. PRODUCCIÓN

La producción nacional de cacao en grano viene creciendo sostenidamente desde hace 10 años, creciendo a una tasa de 12.6 por ciento en promedio anual (MINAGRI, 2020b). En la Tabla 5 se muestra la producción nacional de cacao desde el año 2011 al 2017 (INEI, 2018).

Tabla 5: Producción de Cacao del 2011 al 2017

Año	Producción (miles de TM)
2015	92.6
2016	107.9
2017	121.8
2018	134.7
2019	141.8
2020	158.9
2021	160.2

FUENTE: INEI (2022)

c. GENERACIÓN DE RESIDUOS

La industria del cacao actualmente realiza niveles masivos de producción ya que el mercado de productos de cacao está en aumento, lo que ha provocado una generación excesiva de residuos y subproductos. A través del procesamiento en la finca, aproximadamente el 80 por ciento de la fruta del cacao se descarta como biomasa residual, en donde las cáscaras de los granos de cacao y las cáscaras de las mazorcas son los principales subproductos, las cuales poseen cantidades sustanciales de compuestos de alto valor agregado (Mariatti *et al.*, 2021, Vásquez *et al.*, 2019).

2.2.5.MANGO

a. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El mango (*Mangifera indica* L.), según la Revista Agroexportaciones y Medio Ambiente (2019), es un producto que goza de gran aceptación mundial debido a su agradable sabor, su atractiva coloración y sus importantes propiedades nutricionales. Es bajo en calorías,

aporta al organismo antioxidantes, vitamina C, vitamina B5, carbohidratos y proteínas. Esta fruta es cultivada en muchas partes del mundo, generalmente en los países tropicales. Existen más de 1000 variedades disponibles en todo el mundo. Sus variedades importantes son: Kent, Hadden, Edwards y Tommy Atkins (Jahurul *et al.*, 2015, MINAGRI, 2015).

b. PRODUCCIÓN

El Perú se ha incorporado a las grandes ligas del comercio mundial del mango fresco desde mediados de la década pasada, en la que destacaban países como la India, México, Brasil, Tailandia y Ecuador (MINAGRI, 2017). Las zonas de producción en Perú son Piura, Lambayeque, Lima, Ancash, Cajamarca y La Libertad. Las épocas de siembra son de noviembre a marzo (MINAGRI, 2015). En la Tabla 6 se muestra la producción nacional de mango desde el año 2011 al 2017 (INEI, 2018).

Tabla 6: Producción de mango en el Perú desde el año 2011 al 2017

Año	Producción (miles de TM)
2015	346
2016	373.5
2017	380.9
2018	378.9
2019	427.9
2020	514.0
2021	453.5

FUENTE: INEI (2022)

c. GENERACIÓN DE RESIDUOS

Los principales productos industriales obtenidos de frutas de mango son el puré de mango, tiras en almíbar, néctar, encurtidos, tiras enlatadas y mermelada (Jahurul *et al.*, 2015). El proceso de elaboración de estos productos origina gran proporción de residuos. Siendo la cáscara uno de estos residuos (que representa alrededor del 15-20 % de la fruta fresca), la cual se descarta, convirtiéndose en una fuente de contaminación (Sánchez-Camargo, 2019).

2.3. COMPUESTOS BIOACTIVOS EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Sánchez *et al.* (2010), establecen que los subproductos de las frutas son importantes fuentes de metabolitos secundarios, especialmente de compuestos fenólicos como polifenoles, flavonoides y antocianos, entre otros. Además, destacan que los pigmentos antocianicos poseen una capacidad antioxidante demostrada.

Las semillas de palta poseen gran cantidad de compuestos fenólicos, ácidos orgánicos, ácidos fenólicos, derivados de alcoholes fenólicos, flavonoides, catequinas, taninos condensados y otros compuestos polares, entre los cuales los más representativos son los taninos condensados, ácidos fenólicos y flavonoides (Figuerola *et al.*, 2018). En el caso del orujo de uva se encuentran azúcares no fermentados, polifenoles, taninos y pigmentos (Muhlack *et al.*, 2018). Por otro lado, las semillas de lúcumá presentan aminoácidos, ácidos orgánicos, nucleósido, ácidos fenólicos, alcoholes fenólicos, flavonoides, lípidos, etc. Además, los extractos de semillas de *P. lúcumá* tienen una actividad antioxidante de moderadas a altas (Guerrero-Castillo *et al.*, 2019). Los granos de cacao y las cáscaras de las mazorcas, también presentan polifenoles (Mariatti *et al.*, 2021). Por otro lado, la cáscara de mango presenta carotenoides, compuestos fenólicos, enzimas, vitaminas E y C, celulosa, hemicelulosa, proteínas, enzimas, pectinas, grasas, etc. (Jahurul *et al.*, 2015).

El proceso de transformación y la materia prima utilizada influirá en las características o composición química y biológica de los residuos agroindustriales (Vargas & Pérez, 2018). Además, las perspectivas preliminares de aprovechamiento de los residuos respecto al potencial bioactivo se establecen a través del contenido de compuestos fenólicos totales y su capacidad antioxidante (Rojas-González *et al.*, 2019).

2.4. COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos son fitoquímicos distribuidos de manera ubicua que se encuentran en la mayoría de los tejidos vegetales, incluidas las frutas y verduras, como en semillas, hojas, tallos, raíces, etc. Son metabolitos secundarios sintetizados a través de las vías del ácido shikímico y fenilpropanoide (de la Rosa *et al.*, 2019). Estos compuestos tienen uno o más grupos hidroxilos unidos directamente a un anillo aromático (Vermerris & Nicholson, 2008). Se clasifican en una serie de grupos según su estructura. Estas

variaciones les confieren diversas características, una de las cuales es la actividad antioxidante, que está vinculada a la estructura molecular de los compuestos fenólicos (Vuolo *et al.*, 2019).

La capacidad de sintetizar compuestos fenólicos ha sido seleccionada a lo largo de la evolución en diferentes linajes de plantas, lo que les permite a las plantas hacer frente a los constantes cambios en el medio ambiente a lo largo del tiempo evolutivo (Lattanzio, 2013). Los compuestos fenólicos representan el segundo grupo más abundante de compuestos orgánicos en el reino vegetal (solo detrás de la celulosa), y muestran diferentes actividades en la planta como soporte estructural y protección contra la radiación solar ultravioleta (UV), estrés biótico o abiótico, patógenos, herbívoros, etc. (de la Rosa *et al.*, 2019).

Constituyen una gran reserva de diversidad química natural que abarca una enorme gama de compuestos y enzimas y un amplio espectro de mecanismos de regulación genética y de transporte de metabolitos y enzimas. Los niveles de compuestos fenólicos en las plantas están tanto inducidos por el medio ambiente como controlados genéticamente (Lattanzio, 2013). Se ha descrito que diferentes tratamientos de precosecha y poscosecha pueden inducir la síntesis de compuestos fenólicos y aumentar la vida útil de frutas y verduras, mediante la activación de su sistema de defensa antioxidante (de la Rosa *et al.*, 2019).

2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS

Estos compuestos tienen una amplia diversidad estructural, caracterizada por los grupos hidroxilo en anillos aromáticos. El fenol (Figura 1) es la estructura en la que se basa todo el grupo, siendo el benceno el anillo aromático (Vermerris & Nicholson, 2008a).

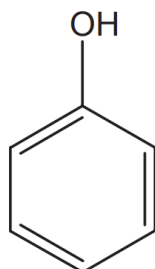


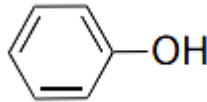

Figura 1: Estructura química del fenol

FUENTE: Vermerris & Nicholson (2008a)

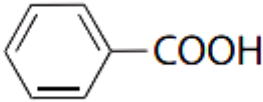
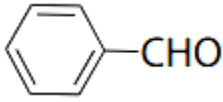
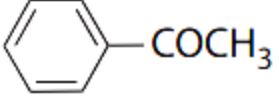
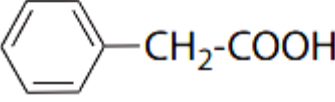
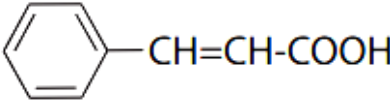
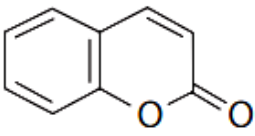
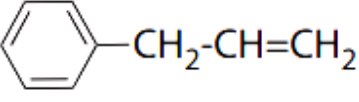
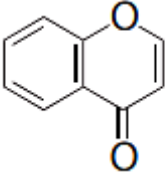
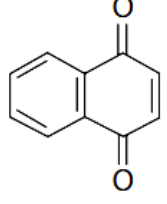
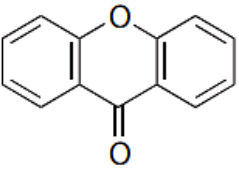
Nollet & Gutierrez-Urbe (2018) mencionan que no existe una clasificación definida de los compuestos fenólicos. Generalmente se clasifican en base a su estructura química. En este sentido, los compuestos fenólicos pueden clasificarse de cuatro maneras diferentes (Tabla 7): (1) Flavonoides y no flavonoides; (2) número de anillos aromáticos; (3) esqueleto de carbono, que describe de forma muy básica cómo se organizan los átomos de carbono de la molécula (por ejemplo, C₆, C₆-C₁, C₆-C₃-C₆, etc.); y (4) estructura química básica, que es una descripción o imagen que especifica los átomos comunes (por ejemplo, C, H, O), los grupos funcionales (por ejemplo, anillos aromáticos, grupos hidroxilo, grupos ceto), las saturaciones (por ejemplo, enlaces simples, enlaces dobles enlaces), tipos de enlaces (p. ej., covalentes, iónicos) y cómo se relacionan entre sí. Siendo esta última manera la más utilizada.

Según el número de anillos fenólicos y los elementos estructurales que unen los anillos entre sí, dichos compuestos se agrupan y clasifican en fenoles simples, ácidos fenólicos, flavonoides, xantonas, estilbenos y lignanos. Cada grupo tiene diferentes mecanismos de acción correlacionados con una especificidad estructural, que confieren las propiedades antioxidantes a los compuestos. Actúan principalmente en la captación de especies reactivas de oxígeno, nitrógeno y cloro o también pueden quelar iones metálicos, actuando tanto en la etapa de iniciación como en la propagación del proceso oxidativo (Vuolo *et al.*, 2019).

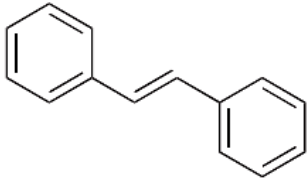
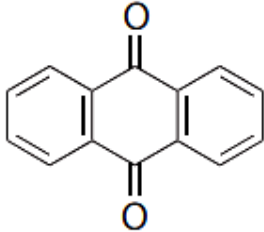
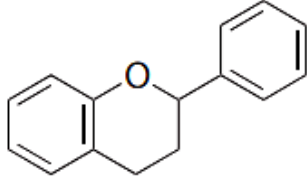
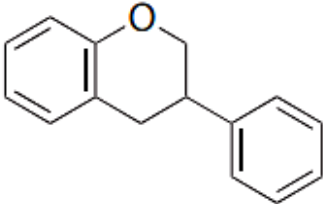
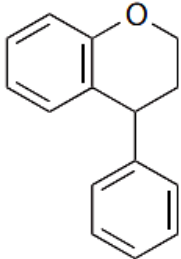
Tabla 7: Clasificación de compuestos fenólicos de acuerdo con el número de anillos aromáticos, esqueleto de carbono y estructura química básica

Número de anillos aromáticos	Esqueleto de carbono	Nombre del grupo	Estructura química básica
Uno	C ₆	Fenoles simples	
		Benzoquinonas	

<<continuación>>

	C_6-C_1	Ácidos fenólicos	
		Aldehídos fenólicos	
	C_6-C_2	Acetofenonas	
		Ácidos fenilacéticos	
	C_6-C_3	Ácidos hidroxicinámi cos	
		Cumarinas	
		Fenilpropenos	
		Cromonas	
	C_6-C_4	Naftoquinonas	
Dos	$C_6-C_1-C_6$	Xantonas	

<<continuación>>

$C_6-C_2-C_6$	Estilbenos		
	Antraquinonas		
$C_6-C_3-C_6$	Flavonoides		
	Isoflavonoides		
	Neoflavonoides		
$(C_6-C_3)_2$	Lignan	Múltiple	
	Neolignan	Múltiple	
Tres o más	$(C_6)_n$	Melaninas catecólicas	Múltiple
	$(C_6-C_3)_n$	Ligninas	Múltiple
	$(C_6-C_3-C_6)_2$	Biflavonoides	Múltiple
	$(C_6-C_3-C_6)_n$	Taninos condensados (Proantocianidinas)	Múltiple

FUENTE: Nollet & Gutierrez-Urbe (2018)

2.4.2. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS

La determinación de fenoles en la cáscara y la semilla ha adquirido una importancia creciente con el reconocimiento de que estas partes de la fruta son a menudo una fuente de fenoles o compuestos únicos en concentraciones mucho más altas que en la pulpa (Antolovich *et al.*, 2000).

El método de Folin-Ciocalteu es el que se utiliza comúnmente solo para evaluar la suma de compuestos fenólicos en extractos y zumos de plantas, el cual es un ensayo basado en transferencia de electrones y proporciona capacidad reductora, que normalmente se expresa como contenido fenólico. No obstante, existen otros dos métodos para la evaluación de los compuestos fenólicos, el método del ferricianuro según Price y Butler (PBM) y un método que utiliza la 4-aminoantipirina (AAPM). Sin embargo, se sabe poco sobre su valor y sobre los resultados comparativos obtenidos entre estos dos últimos (Prior *et al.*, 2005; Stratil *et al.*, 2007).

Es importante tener en cuenta que ninguno de estos métodos detectará todos los compuestos fenólicos, debido a la interferencia de otras sustancias (Vermerris & Nicholson, 2008b; Haminiuk *et al.*, 2012). Además, que es importante la morfología de la fruta, ya que la naturaleza y el contenido de los fenoles difieren entre los distintos órganos de la fruta. Por lo tanto, los métodos de extracción pueden influir significativamente en el contenido fenólico de un extracto de fruta dependiendo de los órganos de la fruta que se incluyan (Antolovich *et al.*, 2000).

2.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

El poder antioxidante de los compuestos fenólicos está ligado a sus propiedades reductoras como agentes donantes de hidrógeno o electrones, lo que predice su potencial de acción como captadores de radicales libres (antioxidantes), además, tienen la capacidad de quelar metales, particularmente hierro y cobre, suprimiendo la formación de radicales libres catalizada por metales (Vuolo *et al.*, 2019). La capacidad antioxidante se evalúa

principalmente a través de pruebas químicas y más recientemente a través de una prueba de antioxidantes celulares (Haminiuk *et al.*, 2012).

Los métodos *in vitro* más comunes utilizados para evaluar la actividad antioxidante de compuestos fenólicos y extractos de plantas se basan en una reacción de transferencia de electrones (SET) o en una reacción de transferencia átomos de hidrógeno (HAT) (Vuolo *et al.*, 2019). Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el ensayo de actividad antioxidante *in vitro* mide solo la actividad antioxidante contra un radical, no para todas las especies reactivas de oxígeno, lo que explica porque muchas veces se reporta una alta actividad antioxidante *in vitro*, pero no *in vivo* (Moharram & Youssef, 2015).

2.5.1. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS HAT

Los ensayos basados en HAT miden la capacidad de un antioxidante para apagar los radicales libres (generalmente, los radicales peroxilo considerados biológicamente más relevantes) mediante la donación de un átomo de H. Los mecanismos HAT de acción antioxidante en los que el átomo de hidrógeno (H) de un fenol (Ar – OH) se transfiere a un radical ROO • se pueden resumir en la reacción $ROO \cdot + AH / ArOH \rightarrow ROOH + A \cdot / ArO \cdot$ (Moharram & Youssef, 2015).

Las reacciones HAT son independientes del disolvente y del pH y suelen ser bastante rápidas, completándose normalmente en segundos o minutos. La presencia de agentes reductores, incluidos los metales, es una complicación en los ensayos HAT y puede conducir a una reactividad aparente erróneamente alta (Prior *et al.*, 2005).

a. ORAC

El ensayo ORAC mide la capacidad de división de la reacción en cadena de los radicales por parte de los antioxidantes mediante el control de la inhibición de la oxidación del radical peroxilo. Los radicales peroxilo se caracterizan por ser radicales libres que predominan en la oxidación de lípidos en sistemas biológicos y también en alimentos, en condiciones fisiológicas. Como resultado, ciertos investigadores aprecian los valores de

ORAC como biológicamente relevantes, un punto de referencia para la eficiencia antioxidante (Munteanu & Apetrei, 2021). Un antioxidante estándar, generalmente trolox, se usa como referencia y los valores ORAC de los antioxidantes probados se informan como equivalentes de trolox (Shahidi & Zhong, 2015).

2.5.2. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS SET

Los métodos de detección SET detectan la capacidad de un antioxidante potencial de transferir un electrón para reducir cualquier compuesto, incluyendo metales, carbonilos y radicales (Prior *et al.*, 2005). Los ensayos espectrofotométricos basados en SET miden la capacidad de un antioxidante en la reducción de un oxidante, que cambia de color cuando se reduce. El grado de cambio de color (ya sea un aumento o una disminución de la absorbancia de la sonda a una longitud de onda determinada) se correlaciona con la concentración de antioxidantes en la muestra (Moharram & Youssef, 2015).

a. FRAP

Este ensayo mide la reducción del complejo ligando de iones férricos (Fe^{3+}) al complejo ferroso (Fe^{2+}) mediante antioxidantes en medios ácidos. La actividad antioxidante se determina como un aumento de la absorbancia a 593 nm y los resultados se expresan como equivalentes micromolares de Fe^{2+} o en relación con un estándar antioxidante (Antolovich *et al.*, 2001).

b. FOLIN-CIOCALTEU

El ensayo Folin-Ciocalteu se ha utilizado durante muchos años como medida de los fenoles totales en productos naturales, pero el mecanismo básico es una reacción de oxidación/reducción (Prior *et al.*, 2005).

2.5.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODOS MIXTOS (SET-HAT)

No todos los ensayos para determinar la capacidad o la actividad antioxidantes pueden clasificarse estrictamente en un mecanismo basado en HAT o en SET. De hecho, algunos ensayos utilizan ambos modos (modo mixto), los cuales se basan generalmente en la eliminación de un cromóforo radical estable (como el ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS•+) y el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH•)) o un fluoróforo mediante antioxidantes, en los que los mecanismos HAT, ET y de transferencia de electrones acoplada a protones (PCET) pueden desempeñar diferentes funciones en distintos grados, dependiendo de las condiciones de reacción correspondientes (como el pH y el disolvente) (Apak *et al.*, 2016).

Las pruebas de modo mixto (HAT-SET) incluyen principalmente la prueba de capacidad antioxidante equivalente (ABTS) y la prueba de neutralización de radicales (DPPH) (Munteanu & Apetrei, 2021).

a. DPPH

Este método se basa en la donación de electrones de antioxidantes para neutralizar el radical DPPH. La reacción se acompaña de un cambio de color del DPPH medido a 517 nm, y la decoloración actúa como un indicador de la eficacia antioxidante (Shahidi & Zhong, 2015).

b. ABTS

En este ensayo, el ABTS es oxidado por los radicales peroxilo u otros oxidantes a su catión radical, ABTS•+, que se colorea intensamente, y la capacidad antioxidante se mide como la capacidad de los compuestos de prueba para disminuir el color reaccionando directamente con el radical ABTS•+. Los resultados de los compuestos se expresan en relación con Trolox (Prior *et al.*, 2005).

2.6. CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA

El uso de compuestos antimicrobianos naturales en los alimentos ha ganado mucha atención por parte de los consumidores y la industria alimentaria. Algunos estudios han demostrado que los compuestos bioactivos (polifenoles, taninos y flavonoides) de las semillas, las cáscaras y los granos de las frutas tienen varias propiedades importantes como la actividad antimicrobiana (Gyawali & Ibrahim, 2014). Esta capacidad antimicrobiana de los antimicrobianos vegetales también podría variar en función del tipo de microorganismos, el método de extracción, el medio de cultivo, el tamaño del inóculo y el método de determinación (Tajkarimi *et al.*, 2010).

El método del disco es un método cualitativo, que parte de una muestra clínica, en donde se realiza un cultivo puro para estudiar la sensibilidad antibiótica. Se utiliza la técnica de aislamiento en placas, las cuales deben tener un medio adecuado para la cepa en estudio, al cual además se le deben otorgar las condiciones atmosféricas específicas de esa cepa. Este método es fácilmente estandarizable (Taroco *et al.*, 2006).

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en la Planta Piloto de Alimentos (PPA) y en el Laboratorio de Análisis Físicoquímico de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), Lima-Perú, en el Laboratorio de Análisis Físicoquímico de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y en el Laboratorio de Microbiología de Bio Natural Solutions, Lima-Perú.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1. PALTA

Se utilizó el subproducto (semilla) de la variedad Hass que se obtuvo del proceso de elaboración de pulpa congelada y de guacamole proveniente del Fundo Don Carlos s/n Quilmana, Cañete.

3.2.2. UVA

Se utilizó el subproducto (orujo de uva fermentado) de la variedad Quebranta que se obtuvo después del prensado de la elaboración de pisco proveniente del distrito de Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima.

3.2.3. LÚCUMA

Se utilizó el subproducto (semilla) de la lúcuma variedad seda que se obtuvo después del proceso de secado proveniente del Vivero Topará y del Fundo Huayquina, ubicados en Chincha, Ica.

3.2.4. CACAO

Se utilizó el subproducto (cáscara de mazorca) del cacao variedad CCN51 que se obtuvo del proceso de elaboración de chocolate proveniente del Distrito de Uchiza, provincia de Tocache, departamento de San Martín.

3.2.5. MANGO

Se utilizó el subproducto (cáscara) del mango de la variedad Kent que se obtuvo del proceso de elaboración de pulpa de mango congelado proveniente de la empresa Bio Natural Solutions S.A.C, ubicada en Piura.

3.3. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES

- Probetas (100 mL).
- Vasos de precipitado (50, 100, 250 y 500 mL).
- Pipetas (1 y 5 mL).
- Placas Petri (100 mL).
- Matraz Erlenmeyer (500 mL).
- Tubos de ensayo (5 y 10 mL).
- Micropipetas (20 – 200 μ L, 100 – 1000 μ L y de 500 – 5000 μ L).
- *Tips* para micropipeta (20 – 200 μ L, 100 – 1000 μ L y de 500 – 5000 μ L).
- Mortero.
- Espátulas y pinzas.
- Gradilla para tubos.
- Microtubos (2 mL)
- Tubos Falcon (15 y 50 mL)
- Magnetos.
- Mechero Bunsen
- Frascos ámbar (100 y 250 mL)
- Bolsas de polipropileno.
- Papel aluminio.

- Papel *tissue*.
- Papel filtro Whatman # 1 y 4.
- Filtro de jeringa PVDF (0.22 µm)
- Microorganismos de referencia: *Escherichia coli* (ATCC25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC25923), *Aspergillus niger* y *Penicillium digitatum*.
- Agar: Muller-Hinton y Dextrosa Sabouraud.

3.3.2. REACTIVOS

- Hexano P.A. (99.5 %).
- Metanol P.A. (99.5 %).
- Etanol P.A. (99.5 %).
- Ácido clorhídrico (HCl) al 20 por ciento.
- Reactivo Folin-Ciocalteu 2N.
- TPTZ: 2,4,6-tris 2-pyridyl-s-triazine (≥98 %).
- Agua destilada.
- Carbonato de sodio (NaCO₃) PM: 105.99 g/mol.
- Diclorometano.
- Ácido gálico.
- DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo).
- Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid).
- ABTS (2,2'-azinobis-3-ethyl benztiazoline-6-sulphonic acid) (≥98 %).
- Persulfato de Potasio.
- Agua milli-Q.
- Cloruro férrico hexahidratado.
- Acetato de sodio trihidratado.
- Ácido acético glacial (100 %).

3.3.3. EQUIPOS

- Agitador magnético (Velp Scientifica, ARE, Italia).
- Agitador vortex (Isolab Laborgeräte GmbH., MI0101002D, Alemania).
- Balanza analítica (Pesacon, HR- 250AZ, Estados Unidos).

- Campana extractora (C4 Control de contaminación LTDA., CFX 120, Colombia).
- Centrífuga (Heal Force, Neofuge 18R, China).
- Espectrofotómetro UV-Visible (Thermo Scientific, Genesys 20, Estados Unidos).
- Estufa a vacío (MMM, Vacucell, Alemania).
- Incubadora (Biobase, BJPX-H30II, China).
- Incubadora (Biobase, BJPX-BII, China).
- Licuadora (Magic Bullet).
- Liofilizador (Biobase, BK-FD10, China).
- Mufla (WC Heraeus Hanau, KR-170, Alemania).
- Refrigerador/Congelador (LG Electronics, GT25BPP, Corea del Sur).
- Sellador térmico (Samwin, SF 300S, Perú).

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. ANÁLISIS PROXIMAL

Los resultados del análisis proximal fueron reportados en base seca considerando el porcentaje de cada 100 gramos de residuo agroindustrial (ANEXO 1).

a. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

La determinación de la humedad se realizó de acuerdo con el método 920.151 (AOAC, 2007) con ligeras modificaciones. Las muestras fueron secadas en una estufa al vacío a 75 °C y 27 mmHg, hasta obtener un peso constante.

b. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Las muestras colocadas en un crisol se incineraron a 550 °C en una mufla y por diferencia de peso se calculó el porcentaje de cenizas en 100 gramos de muestra, siguiendo el método 923.03 (AOAC, 2007).

c. DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA

La determinación de grasa cruda se realizó mediante el método 963.15 (AOAC, 2007).

d. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

La determinación de la proteína cruda se realizó de acuerdo con el método 920.152 AOAC (2007). La muestra fue digerida con ácido sulfúrico empleando sulfato de cobre pentahidratado como catalizador y sulfato de potasio para elevar el punto de ebullición, con la intención de liberar el nitrógeno de la proteína y retener el nitrógeno como sal de amonio. Se agregó hidróxido de sodio al 50 por ciento para liberar el amoníaco, el cual fue destilado y recolectado en una solución de ácido bórico para luego ser titulado. Para el cálculo de la cantidad de proteína se utilizó el factor de conversión de 6.25.

e. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

El análisis de fibra cruda se realizó de acuerdo con el método 962.09 de la AOAC (2007).

f. CARBOHIDRATOS

Se determinó por diferencia, después de haber completado los análisis de humedad, proteína, grasa, fibra y ceniza (Collazos, 1993).

3.4.2. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES

El contenido de los compuestos fenólicos de los extractos de residuos agroindustriales (uva, mango, lúcuma, palta y cacao), se evaluó mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Naczk & Shahidi, 1989), con algunas modificaciones que dependieron de cada residuo agroindustrial como se describe a continuación.

Previamente, se diluyó el reactivo Folin-Ciocalteu 2 N en agua destilada (1:1, v/v), en oscuridad. Después, se realizaron las siguientes diluciones en agua destilada 1/50, 1/100, 1/50, 1/200 y 1/250 para los extractos hidrofílicos de los residuos de semilla de palta, orujo de uva, semilla de lúcuma, vaina de cacao y cáscara de mango, respectivamente. Se tomó 500 μ L de cada extracto diluido y se mezcló con 250 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu 1 N agitando en el vortex por 5 segundos. Posteriormente, se añadieron 1250 μ L de carbonato de sodio (NaCO_3) 1.42 N y nuevamente se agitó por 5 segundos. La absorbancia se midió a 755 nm (antes de leer, se llevó a cero con el blanco de reacción), utilizando agua destilada como blanco. Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se utilizó una curva de

calibración con ácido gálico para la cuantificación (ANEXO 2). Los compuestos fenólicos totales fueron expresados como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra en base seca (mg EAG/g b.s.).

3.4.3. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH

Se realizó mediante el procedimiento espectrofotométrico descrito por Brand-Williams *et al.* (1995), con algunas modificaciones que dependieron de cada residuo agroindustrial. Se cuantificó la capacidad de captar radicales libres de los extractos de residuos agroindustriales (uva, mango, lúcuma, palta y cacao) determinando el grado de decoloración que provocan sus componentes a una solución metanólica de DPPH.

Para el análisis de DPPH de la parte hidrofílica (DPPH-H), se realizaron las siguientes diluciones con sus respectivos solventes de extracción: 1/10, 1/50, 1/10, 1/50 y 1/200 para los extractos de los residuos de semilla de palta (etanol al 50 %), orujo de uva (metanol), semilla de lúcuma (metanol), vaina de cacao (etanol al 50 % sin HCl) y cáscara de mango (etanol al 70 %), respectivamente. En la parte lipofílica (DPPH-L) se efectuaron las siguientes diluciones con diclorometano para la semilla de palta (extracto puro), orujo de uva (1/2), semilla de lúcuma (1/2), la vaina de cacao (1/2) y cáscara de mango (1/2). Además, se realizó un filtrado previo a la lectura en el caso de las diluciones con turbidez (vainas de cacao y cáscara de mango).

Se agregaron 150 μ L del extracto diluido o blanco a un tubo de ensayo de 5 mL y 2850 μ L de la solución diluida de DPPH (preparado al instante y con una absorbancia de 1.1 ± 0.02). Se dejó reaccionar durante 30 minutos en oscuridad y reposo, luego se midió la absorbancia a 515 nm; primero el blanco y luego las muestras. Como blanco se utilizaron sus respectivos solventes de extracción para la parte hidrofílica y diclorometano: hexano (1:1) para la parte lipofílica. Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se utilizó una curva de calibración con Trolox para la cuantificación (ANEXO 3), cuyo rango de concentración fue de 150 a 750 μ M. Los resultados se expresaron en micromoles equivalentes de Trolox por gramo de residuo seco (μ mol de ET/g b.s.) (ANEXO 4).

3.4.4. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS

Se determinó siguiendo el método espectrofotométrico, descrito por Inocente-Camones *et al.* (2014), frente al radical ABTS^{•+} (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico). Se calculó la capacidad antioxidante tanto en la parte hidrofílica (ABTS-H) como lipofílica (ABTS-L). Se preparó el radical ABTS^{•+} a partir de la mezcla (1:1) de una solución de ABTS (78.4 mg de ABTS en 10 mL de agua destilada) con una solución de persulfato de potasio (13.2 mg de persulfato de potasio en 10 mL de agua destilada), la cual fue almacenada por 12 horas antes de su uso en un frasco ámbar. El radical ABTS^{•+} fue diluido en metanol (1:60, v/v aprox.), en un frasco ámbar, hasta una absorbancia de 1.1 ± 0.02 a 734 nm.

Se evaluó la parte hidrofílica en todos los extractos de los residuos, para ello se realizaron las siguientes diluciones con sus respectivos solventes de extracción: 1/50, 1/100, 1/50, 1/50 y 1/200 para los extractos de los residuos de semilla de palta, orujo de uva, semilla de lúcuma, vaina de cacao y cáscara de mango, respectivamente. Para la parte lipofílica se trabajó con diclorometano (1:2) para todos los extractos; además, se realizó un filtrado previo a la lectura en el caso de turbidez (orujo de uva, cáscara de mango y vaina de cacao).

Se hizo reaccionar 150 μ L de cada extracto con 2850 μ L de la solución diluida de ABTS en oscuridad, y se midió la absorbancia a 734 nm, utilizando como blanco sus respectivos solventes de extracción para la parte hidrofílica y diclorometano: hexano (1:1) para la parte lipofílica. Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se utilizó una curva de calibración con Trolox para la cuantificación (ANEXO 5), cuyo rango de concentraciones fue de 100 a 800 μ M. Los resultados se expresaron en micromoles equivalentes de Trolox por gramo de residuo seco (μ mol de ET/g b.s.) (ANEXO 4).

3.4.5. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO FRAP

Se evaluó la capacidad antioxidante de una muestra de acuerdo con su capacidad para reducir el hierro férrico (Fe^{+3}) presente en un complejo con la 2, 4, 6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) hasta la forma ferrosa (Fe^{+2}) por el método FRAP, siguiendo el procedimiento de Mesa *et al.* (2011). El reactivo FRAP se preparó mezclando 25 mL de buffer acetato de sodio (300 mmol/L, pH 3.6), 2.5 mL de solución de TPTZ (10 mmol/L) en HCl (40 mmol/L) y 2.5 mL de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (20 mmol/L). Se mantuvo la preparación a 37°C.

Se realizaron las siguientes diluciones con sus respectivos solventes de extracción: 1/40, 1/50, 1/60, 1/80 y 1/350 para los extractos de los residuos de semilla de palta (etanol al 50 %), orujo de uva (metanol), semilla de lúcuma (metanol), vaina de cacao (etanol al 50 % acidificado con HCl al 1 %) y cáscara de mango (etanol al 70 %), respectivamente.

Se agregaron 150 μL del extracto diluido o blanco a un tubo de ensayo de 5 mL, y 2850 μL de la solución de FRAP (preparado al instante). Se esperó 2.5 horas de reacción en oscuridad y reposo. Luego, se midió la absorbancia a 593 nm, primero al blanco y luego a las muestras, para lo cual se utilizó como blanco sus respectivos solventes de extracción sin la muestra. Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se utilizó una curva de calibración con Trolox para la cuantificación (ANEXO 6), cuyo rango de concentraciones fue de 100 a 500 μM . Los resultados se expresaron en micromoles equivalentes de Trolox por gramo de residuo seco (μmol de ET/g b.s.) (ANEXO 4).

3.4.6. DETERMINACIÓN DEL IC_{50}

Se determinó el IC_{50} de la capacidad antioxidante para los extractos con mayor capacidad antioxidante, el cual corresponde a la concentración necesaria para inhibir el 50 por ciento de la absorbancia del radical, utilizando el método ABTS descrito en el punto 3.4.4. Todas las mediciones se realizaron por triplicado, donde los resultados se expresaron en porcentaje de inhibición y por regresión logarítmica (ANEXO 7) se obtuvo la concentración inhibitoria media (IC_{50}) (Velderrain-Rodríguez *et al.*, 2021).

3.4.7. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA

Se evaluó la capacidad antimicrobiana y antifúngica, por duplicado, de los extractos frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Aspergillus niger* y *Penicillium sp.* mediante el método de difusión en disco (DDM, por sus siglas en inglés) según lo descrito por Santos & De Aquino Santana (2019), con algunas modificaciones como se detalla a continuación. Se utilizó el agar Muller-Hinton para sembrar con hisopo las bacterias, en seguida se colocaron discos de papel de filtro sobre la superficie del agar utilizando pinzas estériles y se añadió 20 µL de cada uno de los extractos. Posteriormente se incubaron a 35 °C durante 24 horas. En el caso de hongos, las muestras fueron sembradas en agar dextrosa Sabouraud, previamente se realizó un pozo con una pipeta Pasteur para colocar 80 µL de cada extracto. Posteriormente se incubaron a 26 °C durante 7 días. Después de la incubación, se determinó la capacidad antimicrobiana y antifúngica midiendo el diámetro (mm) de la zona de inhibición (DIZ), incluido el diámetro del disco o del orificio (ANEXO 8).

3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se realizó una investigación del tipo experimental para evaluar el potencial antioxidante, antimicrobiano y antifúngico de cinco residuos de la agroindustria peruana (Palta Hass, Uva quebranta, Lúcuma de seda, Mango Kent y Cacao CCN51) y garantizar su oportunidad de uso en futuras investigaciones. En la Figura 2 se muestra la metodología experimental, la cual consistió en cuatro etapas.

3.5.1. ETAPA 1: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Se recolectaron los residuos de palta (semilla), uva (orujo), lúcuma (semilla), cacao (vainas) y mango (cáscara) de los siguientes proveedores: Fundo Don Carlos (Quilmaná, Cañete), del distrito Imperial (Cañete), del Vivero Topará y del Fundo Huayquina (Chincha, Ica), del distrito de Uchiza (Tocache, San Martín) y de la empresa Bio Natural Solutions S.A.C (Piura), respectivamente. Dichos residuos se lavaron y desinfectaron, después se colocaron en bolsas de polietileno de alta densidad, las cuales fueron selladas con un sellador térmico y luego colocadas en cajas térmicas para su traslado a los laboratorios, donde fueron almacenadas en congelación (-18 °C).

3.5.2. ETAPA 2: ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Cada muestra de residuo agroindustrial fue reducida en su tamaño empleando una licuadora Magic Bullet y se pesó para almacenar las muestras trituradas en bolsas ziploc (300 g de muestra por cada bolsa). Se precongelaron las muestras por 24 horas a -24 °C. Después las muestras fueron llevadas a la cámara de congelado del liofilizador hasta alcanzar una temperatura final de -50 °C. Luego las muestras fueron colocadas en el liofilizador por dos días. Finalmente se realizó otra molienda utilizando un tamiz N° 80 (ASTM), después las muestras acondicionadas se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad y se sellaron. Finalmente, se cubrieron con papel aluminio y se almacenaron en congelación a -18 °C.

3.5.3. ETAPA 3: OBTENCIÓN DE EXTRACTOS

a. OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE SEMILLA DE PALTA

Se pesó 0.25 gramos de la muestra y se colocó en el tubo Falcon junto con 10 mL de hexano, posteriormente se agitó durante 30 minutos. Después, se centrifugó a 6000 rpm durante 10 minutos a 4 °C y se recuperó el sobrenadante (extracto lipofílico). Se evaporaron los restos de hexano, que se encontraron en la torta, durante 15 minutos al ambiente en la campana extractora. Luego se añadió 10 mL de etanol (50 %) y se agitó durante 30 minutos; seguidamente se centrifugó a 6000 rpm durante 15 minutos a 4 °C. Finalmente se recuperó el sobrenadante (extracto hidrofílico) y ambos extractos se almacenaron en microtubos cubiertos con papel aluminio a -18 °C en oscuridad hasta su posterior análisis.

b. OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE ORUJO DE UVA

Se pesó 1 gramo de la muestra y se colocó en el tubo Falcon junto con 5 mL de hexano, posteriormente se agitó durante 7 horas. Después, se centrifugó a 6000 rpm durante 10 minutos a 4 °C y se recuperó el sobrenadante (extracto lipofílico). Se evaporaron los restos de hexano, que se encontraron en la torta, durante 15 minutos al ambiente en la campana extractora. Luego se añadió 5 mL de metanol y se agitó durante 7 horas; seguidamente se centrifugó a 6000 rpm durante 15 min a 4 °C. Finalmente se recuperó el sobrenadante

(extracto hidrofílico) y ambos extractos se almacenaron en microtubos cubiertos con papel aluminio a -18 °C en oscuridad hasta su posterior análisis.

c. OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE SEMILLA DE LÚCUMA

Se pesó 1 gramo de la muestra y se colocó en un tubo Falcon junto con 5 mL de hexano, posteriormente se agitó durante 3 horas. Después, se centrifugó a 6000 rpm durante 10 minutos a 4 °C y se recuperó el sobrenadante (extracto lipofílico). Se evaporaron los restos de hexano, que se encontraron en la torta, durante 15 minutos al ambiente en la campana extractora. Luego se añadió 5 mL de metanol y se agitó durante 3 horas; seguidamente se centrifugó a 6000 rpm durante 15 minutos y 4 °C. Finalmente se recuperó el sobrenadante (extracto hidrofílico) y ambos extractos se almacenaron en microtubos cubiertos con papel aluminio a -18 °C en oscuridad hasta su posterior análisis.

d. OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE VAINA DE CACAO

Se pesó 1 gramo de la muestra y se colocó en el tubo Falcon junto con 10 mL de hexano, posteriormente se agitó durante 6 horas. Después, se centrifugó a 6000 rpm durante 10 minutos a 4 °C y se recuperó el sobrenadante (extracto lipofílico). Se evaporaron los restos de hexano, que se encontraron en la torta, durante 15 minutos al ambiente en la campana extractora. Luego se añadió 15 mL de etanol (50 %) acidificado con HCl (1 %) y se agitó durante 6 horas; seguidamente se centrifugó a 6000 rpm durante 15 minutos a 4 °C. Finalmente se recuperó el sobrenadante (extracto hidrofílico) y ambos extractos se almacenaron en microtubos cubiertos con papel aluminio a -18 °C en oscuridad hasta su posterior análisis.

e. OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE CÁSCARA DE MANGO

Se pesó 0.5 gramos de la muestra y se colocó en el tubo Falcon junto con 5 mL de hexano, posteriormente se agitó durante 7 horas. Después, se centrifugó a 6000 rpm durante 10 minutos a 4 °C y se recuperó el sobrenadante (extracto lipofílico). Se evaporaron los restos de hexano, que se encontraron en la torta, durante 15 minutos al ambiente en la campana extractora. Luego se añadió 5 mL de etanol (70 %) y se agitó durante 3 horas; seguidamente se centrifugó a 6000 rpm durante 15 minutos a 4 °C, finalmente se recuperó

el sobrenadante (extracto hidrofílico) y ambos extractos se almacenaron en microtubos cubiertos con papel aluminio a -18 °C en oscuridad hasta su posterior análisis.

3.5.4. ETAPA 4: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES POR MÉTODOS FÍSICOQUÍMICOS Y ESPECTROFOTOMÉTRICOS

Se utilizaron las muestras de residuos agroindustriales frescos, es decir previamente a su acondicionamiento, para el análisis proximal. En cuanto a los extractos obtenidos de los residuos agroindustriales se determinó el contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, capacidad antimicrobiana y antifúngica siguiendo los métodos descritos desde el punto 3.4.2. hasta el 3.4.6.

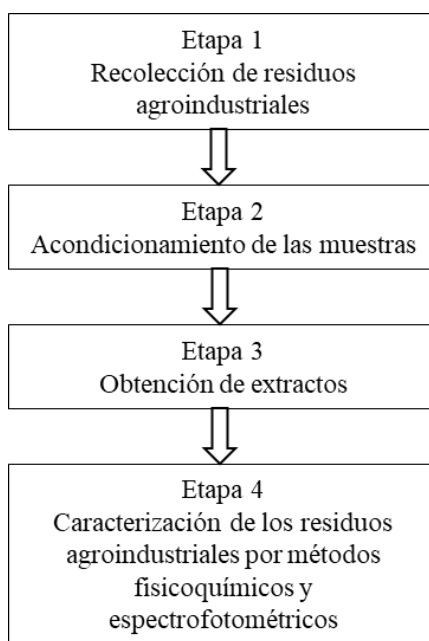


Figura 2: Metodología experimental de la investigación

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar. Los datos de la composición proximal, contenido de polifenoles totales, la capacidad antioxidante (DPPH, ABTS y FRAP) y la capacidad antimicrobiana y antifúngica se analizaron mediante un modelo lineal general estadístico ANOVA de una

vía, es decir un Diseño Completamente al Azar (DCA), para establecer si los valores medios de los datos de la muestra difieren significativamente entre sí. Posteriormente, de haber diferencias significativas se aplicó una prueba de comparación múltiple (Tukey). Todos los análisis estadísticos se efectuaron con el *software* R y las diferencias se consideraron significativas al nivel de $p\text{-valor} < 0.05$ (Pripp, 2013).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Los resultados del análisis proximal (en base seca) de los cinco residuos agroindustriales (Tabla 8), en general muestran que hubo diferencias significativas. La semilla de lúcumo presentó el mayor contenido de proteína (6.59 ± 0.01 %), mientras que la vaina de cacao presentó el mayor contenido de fibra cruda (26.89 ± 0.19 %) y cenizas (7.14 ± 0.37 %). Respecto al contenido de grasa cruda, la cáscara de mango obtuvo el mayor contenido (4.89 ± 0.18 %) y, en el caso del contenido de carbohidratos, los mayores niveles lo obtuvieron la semilla de palta junto con el orujo de uva (85.77 ± 0.19 % y 80.22 ± 0.28 %, respectivamente). En cuanto al contenido de humedad de los residuos agroindustriales la vaina de cacao presentó el mayor nivel (80.94 ± 0.00 %).

Tabla 8: Contenido proximal de los cinco residuos agroindustriales (% p/p base seca)

Muestra	Humedad	Proteína	Grasa cruda	Fibra cruda	Ceniza	Carbohidratos
VC	80.94 ± 0.00^a	5.12 ± 0.04^b	1.11 ± 0.15^c	26.89 ± 0.19^a	7.14 ± 0.37^a	59.76 ± 0.00
CM	76.90 ± 0.01^b	2.73 ± 0.00^c	4.89 ± 0.18^a	11.02 ± 0.04^b	3.57 ± 0.03^b	77.79 ± 0.11
SP	64.38 ± 0.01^d	4.89 ± 0.00^c	3.76 ± 0.04^b	2.86 ± 0.04^d	2.72 ± 0.04^c	85.77 ± 0.19
OU	72.73 ± 0.08^c	4.36 ± 0.01^d	3.67 ± 0.04^b	9.33 ± 0.21^c	2.42 ± 0.04^c	80.22 ± 0.28
SL	47.04 ± 0.08^e	6.59 ± 0.01^a	3.80 ± 0.05^b	11.03 ± 0.28^b	1.59 ± 0.06^d	77 ± 0.26

VC: vaina de cacao, CM: cáscara de mango, SP: semilla de palta, OU: orujo de uva y SL: semilla de lúcumo. Los valores presentados son medias ($n=3$) \pm desviación estándar. Los valores con superíndices diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($p<0.05$).

Con relación a la composición química de la vaina de cacao de la variedad CCN51, los contenidos en base seca de proteína (5.12 ± 0.04 %), grasa cruda (1.11 ± 0.15 %) y ceniza

(7.14 ± 0.37 %) fueron inferiores a los reportados por Oddoye *et al.* (2012) (5.9-9.1 %, 1.2-10 %, 9.1-10.1 %, respectivamente), en la investigación de su utilización como alimento para aves de corral y/o ganado. El nivel de fibra (26.89 ± 0.19 %) en la muestra en estudio se encontró en el rango reportado (22.6-35.7 %). En cuanto a la humedad (80.94 ± 0.00 %), ésta fue inferior a lo reportado por Oddoye *et al.* (2012) (89-94.6 %), sin embargo, Sobamiwa & Longe (1994) mencionan que la humedad de la vaina de cacao es aproximadamente 80.20 por ciento. Adjin- Tetteh *et al.* (2018) obtuvieron un contenido de cenizas de 16.24 por ciento para el residuo de cacao proveniente de Ghana, aunque mencionaron que la mayoría de los valores de la literatura reflejan un contenido menor del 10 por ciento, siendo 7.14 ± 0.37 por ciento el valor obtenido en este estudio. La diferencia de los valores de esta investigación en comparación con los valores obtenidos por la literatura puede explicarse debido a que la composición química depende del tratamiento previo utilizado para procesar la vaina de cacao (Campos-Vega *et al.*, 2018), los efectos del clima, el almacenamiento y la diferencia de las ubicaciones (Adjin-Tetteh *et al.*, 2018).

Concerniente a la composición proximal de la cáscara de mango de la variedad Kent se obtuvo un mayor contenido de grasa cruda (4.89 ± 0.18 %) y ceniza (3.57 ± 0.03 %) en comparación con lo reportado por Serna & Torres (2014), tanto para la variedad Tommy Atkins (1.78 % y 2.93 ± 0.02 %) como Keitt (1.87 % y 3.20 ± 0.18 %) provenientes de Colombia, para grasa cruda y ceniza respectivamente. Sin embargo, el contenido de proteína (2.73 ± 0.00 %) fue inferior que lo encontrado por estos autores para la variedad Tommy Atkins (3.88 %) pero superior frente a la variedad Keitt (1.66 %). Estos autores mencionan que las diferencias encontradas pueden deberse a factores climáticos, de cultivo y las diferencias genéticas de las variedades.

En cuanto a la semilla de palta Hass los valores en base seca de proteína (4.89 ± 0.00 %), grasa cruda (3.76 ± 0.04 %) y ceniza (2.72 ± 0.04 %) fueron superiores a los reportados por Saavedra *et al.* (2017) para la misma variedad de origen chileno (2.51 ± 0.02 %, 1.11 ± 0.06 % y 1.15 ± 0.04 %, respectivamente) y Amado *et al.* (2019) de origen brasileño (2.48 ± 0.24 %, 2.26 ± 0.07 % y 0.89 ± 0.04 %, respectivamente). De manera similar, el contenido de humedad (64.38 ± 0.01 %) en este estudio fue superior frente al obtenido por Saavedra *et al.* (2017) (52.68 ± 1.00 %) y Amado *et al.* (2019) (49.81 ± 0.17 %). Valdiviezo (2021) y Cid-Pérez *et al.* (2021) manifiestan que la composición proximal de la semilla de

palta está sujeta al origen, la variedad del cultivo, estado de madurez, temporada, postcosecha, condiciones ambientales y de crecimiento. En este caso, el origen de la misma variedad Hass explica la diferencia en la composición proximal de estos residuos.

Por otra parte, el contenido de grasa cruda (3.67 ± 0.04 %), proteína (4.36 ± 0.01 %) y cenizas (2.42 ± 0.04 %) del orujo de uva de la variedad Quebranta fue inferior a lo reportado por Barriga (2020) para el orujo de uva de la variedad Borgoña negra (10.62 ± 0.23 %, 10.64 ± 0.43 % y 4.95 ± 0.12 %, respectivamente). A diferencia del contenido de humedad que fue superior (72.73 %) comparado con el valor reportado por dicho autor (10.77 ± 0.13 %). La razón de la desemejanza entre estos resultados puede deberse a que este autor realizó el análisis al orujo previamente secado en una estufa mientras que el análisis proximal del orujo de uva en esta investigación fue realizado en una muestra sin un proceso de secado previo.

No se encontraron resultados reportados hasta el momento acerca de la composición proximal de la semilla de lúcuma, por lo tanto, se comparó con la fruta de lúcuma en general; en este sentido García (2016) reportó un valor inferior de proteína igual a 5.2 por ciento para la variedad seda, siendo esta la misma variedad en estudio. Además, señaló que el contenido de humedad de la lúcuma ($55-75$ %) es bajo comparado con otras frutas en las que generalmente es del 80 al 90 por ciento, lo anterior también se observó en el caso de la humedad de la semilla de lúcuma (47.04 ± 0.08 %) frente a los otros cuatro residuos en estudio (Tabla 8).

4.2. COMPUESTOS FENÓLICOS EN EXTRACTOS DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

En la Figura 3, se aprecia el contenido de compuestos fenólicos totales de los cinco extractos obtenidos de los residuos agroindustriales estudiados. Los extractos de los residuos con el mayor contenido de compuestos fenólicos totales fueron los obtenidos de la cáscara de mango (56.81 ± 5.71 mg EAG/g b.s.), la semilla de palta (56.37 ± 0.34 mg EAG/g b.s.) y la vaina de cacao (51.81 ± 3.79 mg EAG/g b.s.), los cuales no mostraron diferencias significativas (p -valor < 0.05). En cambio, los extractos del orujo de uva (12.95 ± 1.38 mg EAG/g b.s.) y semilla de lúcuma (4.38 ± 0.02 mg EAG/g b.s.) obtuvieron los

menores contenidos de compuestos fenólicos y además presentaron diferencias significativas (p -valor < 0.05) entre sí y respecto al resto de los extractos.

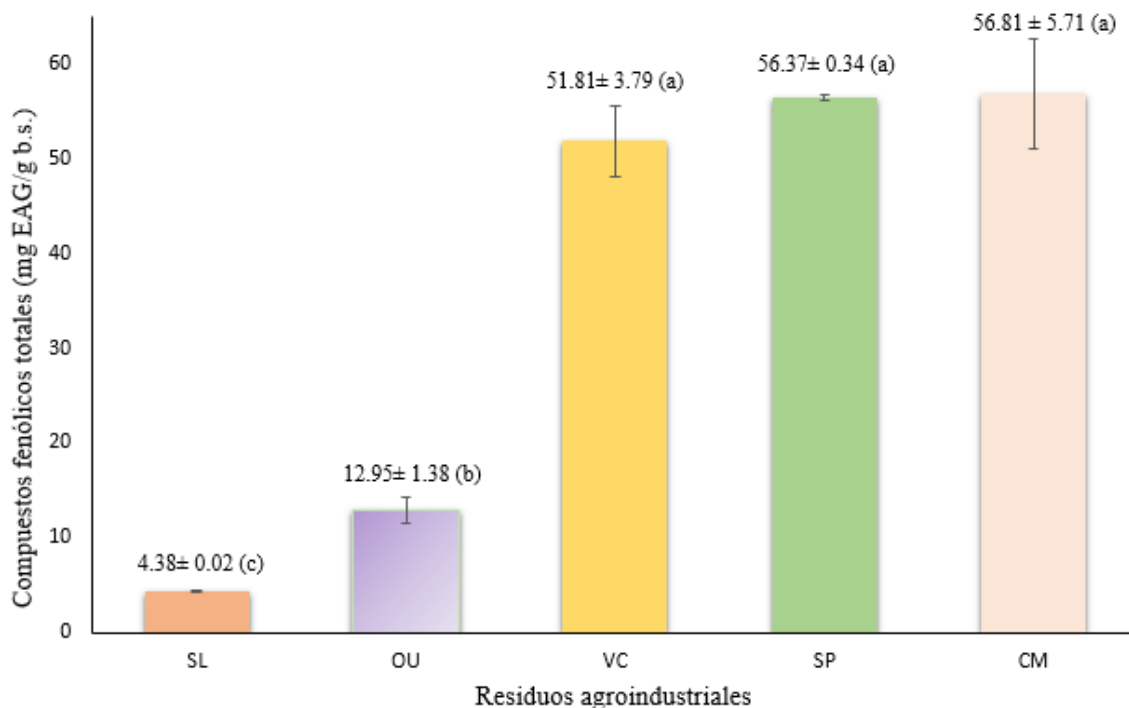


Figura 3: Contenido de compuestos fenólicos totales en los extractos de los cinco residuos agroindustriales

SL: semilla de lúcum, OU: orujo de uva, VC: vaina de cacao, SP: semilla de palta y CM: cáscara de mango. Letras diferentes en cada columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey (p -valor < 0.05).

El valor encontrado para el extracto proveniente de la cáscara de mango Kent (56.81 ± 5.71 mg EAG/g b.s.) resultó similar al reportado para la misma variedad por Velasquez (2019) (53.34 mg EAG/g), ambos residuos fueron provenientes de la ciudad de Piura-Perú. Al igual que el valor encontrado por Ribeiro *et al.* (2008) para la variedad Ubá (57.24 mg EAG/g de materia seca) a pesar de que este residuo fue originario del Estado de Minas Gerais-Brasil. En el caso de Velasquez (2019), las muestras fueron liofilizadas al igual que en las muestras de este estudio, con la diferencia que dicho autor utilizó etanol al 96 por ciento para la extracción. Por otro lado, Ribeiro *et al.* (2008), secó al horno las cáscaras de mango y obtuvo el extracto con metanol (60 %). Mientras que en esta investigación se utilizó etanol al 70 por ciento. Por otra parte, el extracto de la cáscara de mango Kent

presentó un mayor contenido de compuestos fenólicos que el reportado por Serna & Torres (2014) para las variedades Tommy (35.88 mg EAG/g) y Keitt (46.71 mg EAG/g), variedades provenientes de la ciudad de Palmira-Colombia. Si bien en ambos estudios las muestras fueron liofilizadas, la diferencia fue que Serna & Torres (2014) utilizaron etanol al 80 por ciento.

Respecto al extracto de la semilla de palta Hass con etanol al 50 por ciento durante 30 minutos a temperatura ambiente, el contenido de compuestos fenólicos (56.37 ± 0.34 mg EAG/g bs) fue inferior al reportado por Shi *et al.* (2021) para la misma variedad Hass (64.55 mg EAG/g) proveniente de Palmerston North-Nueva Zelanda, utilizando metanol a 64 °C durante 6-8 horas. Por el contrario, Cid-Pérez *et al.* (2016) reportaron valores menores de compuestos fenólicos totales para la variedad criollo de Atlixco-México tanto en extractos con etanol como con acetona durante 24 horas a temperatura ambiente (3.25 mg EAG/g bs y 3.80 mg EAG/g b.s., respectivamente).

El tercer extracto con mayor contenido de compuestos fenólicos fue el de la vaina de cacao variedad CCN51 de San Martín-Perú (51.81 ± 3.79 mg EAG/g b.s.); Sotelo *et al.* (2015) reportaron valores inferiores para el extracto del clon TSH 565 proveniente de Córdoba-Colombia (19,26 mg EAG/g) a pesar de que ambos fueron extraídos por agitación durante 6 horas con una solución etanólica acidificada con HCl (1 %), siendo diferente la variedad y el lugar de origen. Si bien se han reportado valores inferiores a los obtenidos en la presente investigación, Karim *et al.* (2014) manifestaron que el contenido fenólico total de este residuo oscila entre 45.6-56.5 mg EAG/g, rango en el que se encuentra el valor de la variedad en estudio.

Por otra parte, el extracto del orujo de uva variedad Quebranta de Cañete-Perú en metanol presentó un contenido de compuestos fenólicos igual a 12.95 ± 1.38 mg EAG/g b.s., el cual es similar al reportado por Dueñas (2017) cuando utilizó etanol al 50 y 60 por ciento, para la misma variedad en estudio, proveniente de Ica-Perú (12.57 ± 0.62 mg EAG/g b.s. y 12.04 ± 0.25 mg EAG/g b.s., respectivamente), quien además destaca que el contenido de compuestos fenólicos se maximizó al usar la combinación etanol-agua al 50 por ciento, disminuyendo ligeramente a concentraciones superiores. En el caso del extracto del orujo de uva borgoña negra a diferentes concentraciones de etanol, Barriga (2020) determinó que

el contenido de compuestos fenólicos estuvo en el rango de 4.45 a 43.27 mg EAG/g. Por otra parte, Paladino (2008) comparó el efecto de diferentes solventes en el contenido de compuestos fenólicos totales de semillas de uva, no encontrando diferencias significativas al utilizar metanol (70 %) y etanol (20 %), siendo estos valores 0.96 mg EAG/g b.s. y 0.80 mg EAG/g b.s., respectivamente.

Con relación al extracto de la semilla de lúcuma variedad seda, proveniente de Chincha-Perú, para el extracto metanólico obtenido en un tiempo de extracción de tres horas se determinó un contenido de compuestos fenólicos totales igual a 4.38 ± 0.02 mg EAG/g b.s., el cual fue inferior al contenido de estos compuestos en la semilla de palta (56.37 ± 0.34 mg EAG/g b.s.). Guerrero (2018) y Guerrero-Castillo *et al.* (2019) también analizaron la concentración de fenoles totales en la semilla de lúcuma variedad seda, originaria de Cañete-Perú, en metanol, los valores obtenidos fueron superiores al de la muestra en estudio (11.31 mg EAG/g b.s. y 8.99 mg EAG/g b.s. respectivamente); por lo que la diferencia se podría atribuir al mayor tiempo de extracción utilizado, además que en el primer caso se realizó durante 48 horas y en el segundo 72 horas.

Dueñas (2017) menciona ciertos factores que influyen en el contenido final de los compuestos fenólicos, entre ellos: el solvente, la temperatura de extracción y tiempo de extracción. Además de la ubicación geográfica del crecimiento de la planta del fruto (Campos-Vega *et al.*, 2018). Respecto al tiempo de extracción, Dueñas (2017) comprobó que existe un incremento progresivo del contenido de compuestos fenólicos totales a medida que aumenta el tiempo de extracción. Sin embargo, al pasar los 180 minutos, los posteriores incrementos de la concentración fenólica ya no fueron significativos. Por lo que este factor es necesario de optimizar en futuras extracciones. De forma similar, Ballesteros *et al.* (2017) afirmaron que los compuestos fenólicos presentan inestabilidad al ser expuestos al oxígeno, la luz ultravioleta, la temperatura y la humedad debido a la presencia de enlaces insaturados en sus estructuras moleculares. Por tanto, las condiciones empleadas durante la preparación de la muestra y la extracción deben ser lo más suaves posible para evitar la oxidación, la degradación térmica y otros cambios químicos y bioquímicos. Por ejemplo, se podría utilizar un fluido supercrítico ya que este ofrece una serie de ventajas para la recuperación y el comportamiento de extracción de compuestos fenólicos (Antolovich *et al.*, 2000).

Al ser los extractos de los residuos (cáscara mango Kent, semilla de palta Hass y vaina de cacao CCN51) los de mayor contenido de compuestos fenólicos totales, puede significar que presenten una mayor capacidad antioxidante y adicionalmente pueden presentar actividad antimicrobiana, ya que los fenoles y flavonoides son los principales responsables de estas propiedades (Vega, 2011; Chen *et al.*, 2008).

4.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

En la Tabla 9, se muestran los valores obtenidos de capacidad antioxidante por los métodos ABTS y DPPH (en extracto hidrofílico-H y lipofílico-L) y FRAP de los cinco extractos de los residuos agroindustriales estudiados. La capacidad antioxidante fue evaluada por los métodos indicados, dado que los compuestos antioxidantes pueden actuar por múltiples mecanismos, dependiendo del sistema de reacción o la fuente radicalaria u oxidante en el proceso de determinación (Prior *et al.*, 2005).

Tabla 9: Capacidad antioxidante (ABTS, DPPH-H, DPPH-L y FRAP) de los residuos agroindustriales ($\mu\text{mol ET/g b.s.}$).

Extracto	ABTS-H	ABTS-L	FRAP	DPPH-H	DPPH-L
SP	385.12 \pm 1.31 ^b	30.14 \pm 0.51 ^a	227.08 \pm 3.84 ^c	274.42 \pm 1.46 ^b	17.68 \pm 0.23 ^a
OU	120.36 \pm 1.70 ^d	5.65 \pm 0.14 ^c	88.71 \pm 1.80 ^d	89.01 \pm 3.06 ^c	n.d.
SL	83.98 \pm 0.55 ^e	5.81 \pm 0.11 ^c	35.12 \pm 0.45 ^e	25.34 \pm 0.51 ^d	
CM	990.85 \pm 16.05 ^a	12.10 \pm 0.24 ^b	1667.23 \pm 25.28 ^a	957.51 \pm 24.59 ^a	5.87 \pm 0.35 ^b
VC	300.54 \pm 18.98 ^c	4.53 \pm 0.31 ^d	525.51 \pm 19.34 ^b	301.58 \pm 9.96 ^b	1.84 \pm 0.03 ^c

CM: cáscara de mango, SP: semilla de palta, VC: vaina de cacao, OU: orujo de uva y SL: semilla de lúcuma. ABTS-H: ABTS hidrofílico, ABTS-L: ABTS lipofílico, DPPH-H: DPPH hidrofílico y DPPH-L: DPPH lipofílico. Los valores presentados son medias (n=3) \pm desviación estándar. n.d.: no detectado. Los valores con superíndices diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

El extracto de la cáscara de mango presentó la mayor capacidad antioxidante en comparación con los otros extractos estudiados (p -valor < 0.05), por los métodos ABTS y

DPPH (extracto hidrofílico-H) y FRAP, los valores obtenidos fueron: $990.85 \pm 16.05 \mu\text{mol ET/g b.s.}$, $957.51 \pm 24.59 \mu\text{mol ET/g b.s.}$ y $1667.23 \pm 25.28 \mu\text{mol ET/g b.s.}$, respectivamente.

Cabe señalar, asimismo, que dicho extracto presentó el mayor contenido de compuestos fenólicos ($56.81 \pm 5.71 \text{ mg EAG/g b.s.}$), según lo establecido por Vega (2011) y Morillas-Ruiz & Delgado-Alarcón (2012), quienes aseveraron que existe una correlación positiva entre la actividad antioxidante y los compuestos fenólicos totales, estos últimos verificaron que los fenoles contribuyen a la actividad antioxidante de manera determinante. La capacidad antioxidante reportada por Velasquez (2019) para el extracto etanólico (96 %) de la cáscara de mango variedad Kent, en el caso de DPPH-H fue mayor ($2273.84 \mu\text{mol ET/g b.s.}$) y en el caso de la capacidad antioxidante determinada por FRAP menor ($703.8 \mu\text{mol ET/g b.s.}$) a los obtenidos en el estudio para el extracto etanólico (70 %) de la misma variedad. González-Burgos *et al.* (2012) afirmaron que la mayor o menor capacidad antioxidante atribuida a una especie dependía de los métodos utilizados y Clarke *et al.* (2013) mencionan que existe una alta correlación entre los métodos DPPH y FRAP. Por lo tanto, la disimilitud entre los valores reportados pudo deberse a la diferente concentración del solvente utilizado (Chen *et al.*, 2011).

Sin embargo, en relación con la capacidad antioxidante ABTS-Lipofílico (ABTS-L) y DPPH-lipofílico (DPPH-L), la semilla de palta fue el residuo que presentó la mayor capacidad en ambos métodos (30.14 ± 0.51 y $17.68 \pm 0.23 \mu\text{mol ET/g b.s.}$, respectivamente). Asimismo, el residuo de cáscara de mango fue el segundo que presentó mayor capacidad antioxidante (ABTS-L: $12.10 \pm 0.24 \mu\text{mol ET/g b.s.}$ y DPPH-L: $5.87 \pm 0.35 \mu\text{mol ET/g b.s.}$). No obstante, la capacidad antioxidante de los extractos hidrofílicos fue mayor que la de los extractos lipofílicos en todos los residuos, comprobando que la capacidad antioxidante depende del tipo y la polaridad del solvente y que los extractos obtenidos con solventes más polares presentan una mayor capacidad antioxidante (Kang *et al.*, 2003).

Como se observa en la Tabla 9, la semilla de palta y la vaina de cacao presentaron mayores valores de capacidad antioxidante que los residuos de orujo de uva y semilla de lúcumo

determinada por los métodos de ABTS-H (385.12 ± 1.31 y 300.54 ± 18.98 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$, respectivamente), DPPH-H (274.42 ± 1.46 y 301.58 ± 9.96 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$, respectivamente) y FRAP (227.08 ± 3.84 y 525.51 ± 19.34 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$, respectivamente). Sin embargo, Saavedra *et al.* (2017), reportaron valores mayores para la capacidad antioxidante por DPPH-H (1135 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) lo cual pudo deberse a que dichos autores realizaron una optimización mediante un proceso de secado convectivo de los residuos de palta Hass. Sotelo *et al.* (2015) reportaron valores inferiores de capacidad antioxidante para la vaina de cacao para el clon TSH 565 ABTS-H (116.03–229.61 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) y FRAP (136.60-169.04 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$).

Respecto a la capacidad antioxidante del extracto hidrofílico del orujo de uva, este obtuvo mayor potencial comparado con el extracto hidrofílico de la semilla de lúcuma en los tres métodos utilizados en este estudio y en referencia a la capacidad antioxidante del extracto lipofílico determinado por ABTS no existió diferencias significativas entre ambos (p -valor < 0.05) (Tabla 9).

Barriga (2020) estudió la capacidad antioxidante del orujo de uva Borgoña negra y obtuvo valores superiores en el caso de DPPH-H, donde utilizó como solventes etanol al 15 por ciento (100.02 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$), agua subcrítica (117 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) y líquido presurizado con etanol al 50 por ciento (694.29 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$), este último mostró la mayor capacidad antioxidante entre los solventes utilizados. Por el contrario, los valores de la capacidad antioxidante por FRAP para el orujo de uva Borgoña fueron inferiores que el orujo de uva Quebranta utilizada en esta investigación, para los solventes etanol al 15 por ciento (38.2 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) y agua subcrítica (47.01 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$). Sin embargo, la capacidad antioxidante en el orujo de uva Borgoña con líquido presurizado con etanol al 50 por ciento fue superior (289.29 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$). En este sentido, Paladino (2008) sostiene que el tipo de solvente utilizado y el tipo de método para extraer los compuestos fenólicos de residuos de uva afectará significativamente tanto la concentración fenólica, como el poder antioxidante.

Con relación a la semilla de lúcuma, Guerrero-Castillo *et al.* (2019) evaluaron la capacidad antioxidante por el método FRAP, reportando un valor superior (272.50 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) a

lo obtenido. Actualmente no existen muchos precedentes que nos permita comparar la capacidad antioxidante del extracto de este residuo por lo que se comparará con la capacidad antioxidante reportada para la fruta en general. García (2016), empleando el método ABTS, reportó un valor bastante inferior para la capacidad antioxidante hidrofílica para la variedad Seda (17.3 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) y un valor superior para la capacidad antioxidante lipofílica (7.4 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$). Por otro lado, Fuentealba *et al.* (2016) reportaron para los extractos hidrofílicos por el método DPPH, valores superiores para las variedades Rosalia (132.9 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) y Leiva (115.7 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) pero un valor inferior para el caso de la variedad Montero (0.7 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$); de igual manera por el método ABTS: Rosalia (304.6 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$), Leiva (239.0 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$) y Montero (5.6 $\mu\text{mol ET/g b.s.}$). Además, al igual que Mejía (2017) para la variedad Dos Marrón, comprobaron que a mayor grado de madurez de la lúcuma se da una menor capacidad antioxidante hidrofílica por el método ABTS.

Las diferencias de los valores encontrados en la presente investigación y otras pueden deberse a diferentes factores como la variedad, estado de madurez del fruto (los residuos en esta investigación fueron de frutas maduras), la forma de obtención de dichos extractos, el tipo de solvente utilizado para la extracción; ya que, solventes con diferente polaridad extraen diferentes compuestos en cantidades variables (Chen *et al.*, 2011). Además, existen ciertos compuestos no antioxidantes presentes en los alimentos vegetales que actúan como interferencias, como algunos aminoácidos y ácidos urónicos, que pueden proporcionar resultados sobreestimados (Pérez-Jiménez & Saura-Calixto, 2006).

4.4. IC 50-CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Para determinar el IC₅₀ de la capacidad antioxidante determinada con el método de ABTS, solo se consideró la parte hidrofílica por su mayor eficiencia. Siendo que un valor menor de IC₅₀ significa que es necesario una menor concentración para poder inhibir el 50 por ciento de la reacción, en este sentido los extractos de la cáscara de mango (0.38 mg/mL) y semilla de palta (0.74 mg/mL) mostraron una mejor capacidad antioxidante (Figura 4).

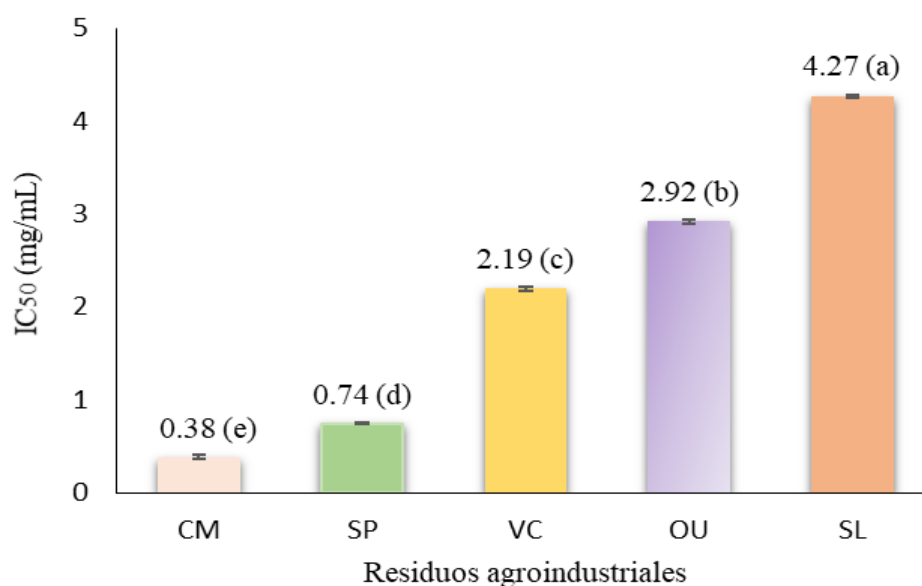


Figura 4: Comparación del IC₅₀-ABTS de los extractos hidrofílicos

CM: cáscara de mango, SP: semilla de palta, VC: vaina de cacao, OU: orujo de uva y SL: semilla de lúcum. Letras diferentes en cada columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey (p-valor < 0.05).

Kuganesan *et al.* (2017) reportaron, en extractos de cáscara de mango con acetato de etilo, valores inferiores de IC₅₀ para las variedades Willard (0.19 mg/mL), Karuthacolomban (0.19 mg/mL) y Vellaicolomban (0.12 mg/mL). Teniendo en cuenta que la cáscara del mango abarca el 20 por ciento, aproximadamente, del peso total del fruto (Gómez & Guzmán, 2019), este residuo tiene un gran potencial para ser utilizado por su mayor contenido de compuestos fenólicos, mayor capacidad antioxidante y menor IC₅₀; de esta manera se lograría disminuir el impacto ambiental que podría generar y su uso como fuente de compuestos fenólicos. En cuanto a la capacidad antioxidante del extracto de semilla de palta contra el radical ABTS, Velderrain-Rodríguez *et al.* (2021) reportaron un valor inferior de IC₅₀ (0.32 mg/mL).

Para el caso del orujo de uva, Gaafar *et al.* (2019) encontraron una mayor efectividad antioxidante (IC₅₀) tanto para el extracto de uva roja como para el de uva blanca con acetona al 80 por ciento (0.02 mg/mL y 0.04 mg/mL), agua (0.03 mg/mL y 0.05 mg/mL) y etanol al 80 por ciento (0.06 mg/mL y 0.08 mg/mL), respectivamente. Por otro lado, Guerrero-Castillo *et al.* (2019) reportaron un valor inferior de IC₅₀ para el extracto de la semilla de lúcum (0.07 mg/mL).

Cabe señalar que se esperaba que la eficiencia antioxidante (IC_{50}) de los extractos de los residuos agroindustriales sea proporcional al contenido de compuestos fenólicos totales (Figura 4), puesto que los extractos de cáscara de mango (56.81 ± 5.71 mg/g b.s.) y semilla de palta (56.37 ± 0.34 mg/g b.s.) obtuvieron el mayor contenido de compuestos fenólicos totales, también fueron los extractos que necesitaron una menor concentración para inhibir un 50 por ciento de la reacción ABTS. Sin embargo, a pesar de que no hubo mucha diferencia con la cantidad de compuestos fenólicos totales de estos extractos con la vaina de cacao (51.81 ± 3.79 mg/g b.s.), si se presentó una gran diferencia en el valor de IC_{50} de la vaina de cacao (2.19 mg/mL). Esto es explicado por Calderón-Oliver *et al.* (2016), quienes mencionan que la presencia de compuestos no identificados en los extractos podría aumentar o no el efecto de la capacidad antioxidante.

4.5. EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA

Los extractos de los residuos de orujo de uva, vaina de cacao y semilla de lúcuma presentaron actividad antimicrobiana frente a las cepas de *Staphylococcus aureus* ATCC25923 y *Escherichia coli* ATCC25922. En el caso de la bacteria Gram-positiva estos extractos no presentaron diferencias significativas (p -valor < 0.05), aunque considerando la idea que a mayor diámetro de inhibición existe un mayor potencial, el extracto hidrofílico de la vaina de cacao sería el de mayor potencial frente a la cepa de *Staphylococcus aureus* (DIZ de 8.05 ± 0.07 mm) (Tabla 10).

En relación a la bacteria Gram-negativa (*Escherichia coli*), el extracto de la vaina de cacao también fue el que presentó mayor potencial antimicrobiano (DIZ de 11.1 ± 0.14 mm), seguido del extracto del orujo de uva (DIZ de 7.90 ± 0.14 mm) y por último del extracto de la semilla de lúcuma (DIZ de 7.05 ± 0.07 mm), con diferencias significativas (p -valor < 0.05).

Sunder *et al.* (2011), mencionan que el metanol es el mejor solvente para la extracción de compuestos antibacterianos, lo cual es confirmado ya que, los extractos de orujo de uva y semilla de lúcuma fueron extraídos con dicho solvente. No obstante, es importante mencionar que en esta investigación el extracto de la vaina de cacao obtenido con etanol (50 %) acidificado con HCl (1 %) demostró el mayor potencial, lo cual pudo deberse

también a que este extracto presentó una de las mayores cantidades de compuestos fenólicos (Zhang *et al.*, 2016). Asimismo, Sotelo & Alivis (2018) demostraron que el extracto de la vaina del cacao tiene un efecto bactericida sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, quienes también atribuyen este potencial al contenido de compuestos fenólicos presentes en este residuo, siendo la naturaleza hidrofóbica de estos compuestos la que les otorgaría la capacidad de interactuar con las proteínas de la pared celular bacteriana, confiriéndoles la posibilidad de disminuir la estabilidad de la membrana y así afectar el buen funcionamiento celular (Brown *et al.*, 2009).

Tabla 10: Diámetro (mm) de la zona de inhibición de cada uno de los extractos frente a los microorganismos

Residuo	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus niger</i>
	ATCC25923	ATCC25922	<i>digitatum</i>	
Cacao-vaina	8.05 ± 0.07 ^a	11.1 ± 0.14 ^a	Ausencia	Ausencia
Uva-orujo	7.95 ± 0.21 ^a	7.90 ± 0.14 ^b	Ausencia	Ausencia
Lúcuma-semilla	7.80 ± 0.00 ^a	7.05 ± 0.07 ^c	11.1 ± 0.14	Ausencia
Palta-semilla	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mango-cáscara	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Interpretación de los resultados: (a) resistente (no presenta halo de inhibición) o (b) sensible (el microorganismo presenta un área de inhibición causada por el producto y mientras más grande sea el halo de inhibición más potente será el extracto). Valores con superíndices diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Por su parte, Mendivil (2015), también demostró que la cepa de *Escherichia coli* JM109, es sensible al extracto de orujo de uva, disminuyendo casi en su totalidad a este microorganismo a medida que aumentó la dosis de extracto, y Kuganesan *et al.* (2017) encontraron capacidad antimicrobiana ante ambos microorganismos en estudio para los extractos etanólicos de orujo de uvas rojas y blancas; en este sentido, el orujo podría ser aprovechado, reduciendo los subproductos de la elaboración de vino y así, lograr un uso sustentable del residuo de la uva y contribuir con la economía circular (Barriga, 2020).

En la Figura 5 se muestra los resultados obtenidos de las cepas *Staphylococcus aureus* ATCC25923, *Escherichia coli* ATCC25922, *Aspergillus niger* y *Penicillium digitatum*

expuestas frente a los extractos de los residuos de semilla de palta, orujo de uva, semilla de lúcuma, cáscara de mango y vaina de cacao, después del tiempo de incubación.

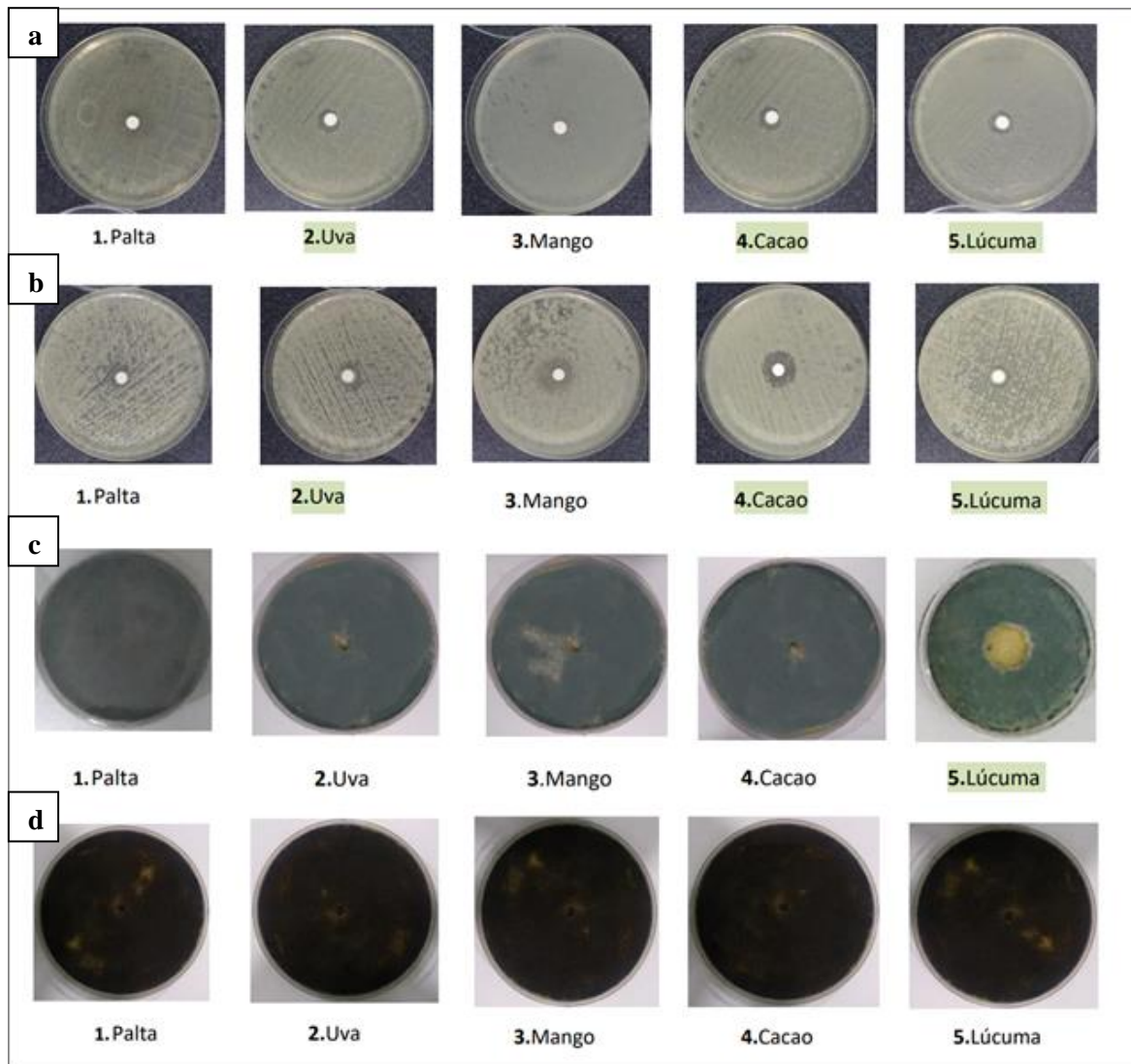


Figura 5: Respuesta antimicrobiana y antifúngica a los extractos de residuos agroindustriales

(a) Cepa de *Staphylococcus aureus* ATCC25923, (b) Cepa de *Escherichia coli* ATCC25922, (c) Cepa de *Penicillium digitatum* y (d) Cepa de *Aspergillus niger*, expuestas frente a los cinco extractos de los residuos agroindustriales.

Las cepas de *Staphylococcus aureus* ATCC25923 y *Escherichia coli* ATCC25922 fueron resistentes a los extractos de la cáscara de mango y de la semilla de palta (Tabla 10). Sin embargo, Vega (2011) determinó que los extractos de la cáscara de mango Haden presentan actividad antimicrobiana contra las bacterias *Staphylococcus aureus* y

Escherichia coli, con mayor efectividad contra las bacterias Gram-positivas. Además, este extracto presentó actividad antifúngica contra la *Alternaria alternata*.

Romaní (2016) también estudió el efecto del extracto etanólico de la semilla de palta Hass sobre la cepa *Escherichia coli* ATCC35218, encontrando capacidad antimicrobiana, con la diferencia que realizó una maceración de diez días y etanol de 96°. Mientras que Cabrera & Dilas (2014) no encontraron efectividad ante la cepa *Escherichia coli* ATCC25922, pero si para la cepa *Staphylococcus aureus* ATCC25923 en el extracto etanólico de la semilla de palta Hass.

Respecto a la actividad antifúngica, el extracto de residuo de lúcuma (DIZ de 11.1 ± 0.14 mm) fue el único que mostró potencial frente a la cepa de *Penicillium digitatum*. Otros estudios también han demostrado que la semilla de lúcuma tiene efecto antifúngico y antimicrobiano (Lazo, 1990; Boleti *et al.*, 2007). Asimismo, en la Tabla 10 se muestra que la cepa de *Aspergillus niger* fue resistente a los extractos de los cinco residuos.

El efecto antimicrobiano de los compuestos fenólicos se atribuye al daño estructural o funcional en la membrana celular que puede causar, debido a la adsorción de fenoles, la interacción con enzimas, con aminoácidos hidrofílicos de proteínas, provocando una alteración del pH y potencial eléctrico (Raybaudi-Massilia *et al.*, 2009). En este sentido, al poseer una cantidad considerable de compuestos fenólicos totales se esperaba que todos los residuos posean una cierta capacidad antimicrobiana y antifúngica, sin embargo, hay que considerar que al evaluar la actividad biológica de extractos vegetales se debe considerar una serie de factores que pueden generar diferencia en los resultados tales como: variaciones fisiológicas, condiciones ambientales, variación geográfica, factores genéticos y de evolución (Pérez *et al.*, 2015). Asimismo, se debe tener en cuenta el tipo de polifenoles en la muestra, la concentración de estos y el tipo de microorganismo objetivo (Widsten *et al.*, 2014). Adicionalmente la resistencia del microorganismo utilizado en la interacción con los polifenoles, por ejemplo, en las bacterias Gram-negativas esta resistencia es atribuida a la doble membrana celular y la vigorosa hidrofobicidad de sus membranas exteriores (Kuganesan *et al.*, 2017).

V. CONCLUSIONES

1. Se evaluó el contenido proximal de los cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao), en donde la semilla de lúcuma fue el residuo con mayor contenido de proteína seguida de la vaina de cacao y este último el de mayor contenido de fibra cruda.
2. Se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales de cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao), siendo los extractos de la cáscara de mango, semilla de palta y vaina de cacao los de mayor contenido de compuestos fenólicos totales.
3. Se evaluó la capacidad antioxidante de cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao), mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP. Siendo el extracto hidrofílico de la cáscara de mango el de mayor potencial antioxidante en los tres métodos utilizados, mientras que el extracto de la semilla de palta en los extractos lipofílicos.
4. Se evaluaron la capacidad antimicrobiana y antifúngica de los extractos de cinco residuos de la agroindustria peruana (palta, uva, lúcuma, mango y cacao). La semilla de lúcuma evidenció potencial inhibitorio bacteriano y fúngico mientras que los extractos del orujo de uva y de la vaina de cacao presentaron solo capacidad antimicrobiana.

VI. RECOMENDACIONES

- Optimizar la extracción de compuestos fenólicos de los residuos agroindustriales (cáscara de mango, semilla de palta y vaina de cacao) mediante Ultrasonido
- Identificar los tipos de compuestos fenólicos presentes en cada residuo agroindustrial.
- Evaluar la capacidad antioxidante de los residuos agroindustriales por un método HAT.
- Evaluar la capacidad antioxidante de los residuos agroindustriales con el método QUENCHER a fin de evitar el uso de solventes y su efecto en el medio ambiente.
- Realizar este tipo de estudios en otras fuentes vegetales de residuos de la agroindustria nacional.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Adjin-Tetteh, M., Asiedu, N., Dodoo-Arhin, D., Karam, A., & Amaniampong, P. N. (2018). Thermochemical conversion and characterization of cocoa pod husks a potential agricultural waste from Ghana. *Industrial Crops and Products*, 119, 304–312. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.02.060
- de Albuquerque, M. A. C., Levit, R., Beres, C., Bedani, R., de LeBlanc, A. D. M., Saad, S. M. I., & LeBlanc, J. G. (2019). Tropical fruit by-products water extracts as sources of soluble fibres and phenolic compounds with potential antioxidant, anti-inflammatory, and functional properties. *Journal of functional foods*, 52, 724-733.
- Amado, D. A. V., Detoni, A. M., de Carvalho, S. L. C., Torquato, A. S., Martin, C. A., Tiunan, T. S., ... Cottica, S. M. (2019). *Tocopherol and fatty acids content and proximal composition of four avocado cultivars (Persea americana Mill)*. *Acta Alimentaria*, 48(1), 47–55. doi:10.1556/066.2019.48.1.6
- Antolovich, M., Prenzler, P., Robards, K., & Ryan, D. (2000). Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *The Analyst*, 125(5), 989–1009. doi:10.1039/b000080i
- Antolovich, M., Prenzler, P. D., Patsalides, E., McDonald, S., & Robards, K. (2001). Methods for testing antioxidant activity. *The Analyst*, 127(1), 183–198. doi:10.1039/b0009171p
- Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant activity/capacity measurement. 1. classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-Based assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,

64(5),997–1027. doi: 10.1021/acs.jafc.5b04739

Ari, I., & Yikmaz, R. F. (2019). Greening of industry in a resource- and environment-constrained world. *Handbook of Green Economics*, 53–68. doi:10.1016/b978-0-12-816635-2.00004-3

Arias, R. (2019). Caracterización físico-química de residuos agroindustriales como insumo para la alimentación bovina [tesis de Título, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6879>

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2007). *Official methods of analysis of AOAC International*. Ed. W. Horwitz. 18 ed. Washington, US.

Ballesteros, L. F., Ramirez, M. J., Orrego, C. E., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2017). Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chemistry*, 237, 623–631. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.05.142

Barragán, B., Téllez, Y., & Laguna, T. (2008). Utilización de residuos agroindustriales. *Revista sistemas ambientales*, 2(1), 44-50. <https://www.researchgate.net/publication/310441706>

Barriga, M. (2020). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos de la uva, orujo y semillas de *Vitis labrusca*, obtenidos con líquidos presurizados [tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Ica]. <http://repositorio.autonmadeica.edu.pe/handle/autonmadeica/900>

Boleti, A. P. de A., Freire, M. das G. M., Coelho, M. B., da Silva, W., Baldasso, P. A., Gomes, V. M., ... Macedo, M. L. R. (2007). Insecticidal and antifungal activity of a protein from *Pouteria torta* seeds with lectin-like properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(7), 2653–2658. doi:10.1021/jf0636317

- Botella, C., De Ory, I., Webb, C., Cantero, D., & Blandino, A. (2005). Hydrolytic enzyme production by *Aspergillus awamori* on grape pomace. *Biochemical Engineering Journal*, 26(2–3), 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2005.04.020>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Brown, J. C., Huang, G., Haley-Zitlin, V., & Jiang, X. (2009). Antibacterial effects of grape extracts on *Helicobacter pylori*. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(3), 848-852.
- Cabrera, J., & Dilas, L. D. (2014). Determinación de la actividad antioxidante y antimicrobiana del extracto etanólico de la semilla de *Persea americana* Miller var. Hass “palta” de la Región Cajamarca–2014 [tesis de Título, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo].
- Cabrera, E., León, V., Montano, A., & Dopico, D. (2016). Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *Centro Azúcar*, 43(4), 27-35. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000400003
- Calderón-Oliver, M., Escalona-Buendía, H. B., Medina-Campos, O. N., Pedraza-Chaverri, J., Pedroza-Islas, R., & Ponce-Alquicira, E. (2016). Optimization of the antioxidant and antimicrobial response of the combined effect of nisin and avocado byproducts. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 46–52. doi:10.1016/j.lwt.2015.07.048
- Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*. doi:10.1016/j.tifs.2018.09.022
- CITEagroindustrial Ica (2018). Aprovechamiento de los residuos de la palta [boletín]. <https://es.scribd.com/document/385822078/Boletin-Aprovechamiento-de-Los-Residuos-de-La-Palta>

- Chen, I. N., Chang, C. C., Ng, C. C., Wang, C. Y., Shyu, Y. T., & Chang, T. L. (2008). Antioxidant and antimicrobial activity of Zingiberaceae plants in Taiwan. *Plant foods for human Nutrition*, 63(1), 15-20.
- Chen, Y. C., Lin, J. T., Liu, S. C., Lu, P. S., & Yang, D. J. (2011). Composition of flavonoids and phenolic acids in lychee (*Litchi Chinensis* Sonn.) flower extracts and their antioxidant capacities estimated with human LDL, erythrocyte, and blood models. *Journal of food science*, 76(5), C724-C728.
- Cid-Pérez, T., Hernández-Carranza, P., Ochoa-Velasco, C., Ruiz-López, I., Nevárez-Moorillón, G., & Ávila-Sosa, R. (2021). Avocado seeds (*Persea americana* cv. Criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(6), 3384-3390.
- Clarke, G., Ting, K. N., Wiart, C., & Fry, J. (2013). High correlation of 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, ferric reducing activity potential and total phenolics content indicates redundancy in use of all three assays to screen for antioxidant activity of extracts of plants from the Malaysian rainforest. *Antioxidants*, 2(1), 1-10.
- Collazos, C. (1993). La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición.
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Chams, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 9(S1), 122-132. <https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf>
- Del Castillo, R. (2006). Estudio técnico de la producción de harina de lúcuma en la sierra de Piura [tesis de pregrado, Universidad de Piura]. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1486/ING_443.pdf?sequence

=1

- De la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., & Alvarez-Parrilla, E. (2019). Phenolic compounds. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 253–271. doi:10.1016/b978-0-12-813278-4.00012-9
- Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA). (2017). La palta peruana, una coyuntura favorable [boletín n.º 3]. <https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017?download=11096:boletin-de-la-palta-peruana>
- Dueñas, J. A. (2017). Optimización de las condiciones de extracción de compuestos fenólicos a partir de cáscara de uva variedad quebranta (Ica, Perú) empleando técnicas convencionales y extracción asistida por ultrasonido [tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica Del Perú]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9717/DUE% c3% 91AS_ZURITA_JULIA_COMPUESTOS_FENOLICOS_UVA_QUEBRANTA.pdf? sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9717/DUE%c3%91AS_ZURITA_JULIA_COMPUESTOS_FENOLICOS_UVA_QUEBRANTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Figuerola, J. G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2018). Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Research International*, 105, 752-763.
- Fuentealba, C., Gálvez, L., Cobos, A., Olaeta, J. A., Defilippi, B. G., Chirinos, R., ... & Pedreschi, R. (2016). Characterization of main primary and secondary metabolites and in vitro antioxidant and antihyperglycemic properties in the mesocarp of three biotypes of *Pouteria lucuma*. *Food chemistry*, 190, 403-411.
- Gaafar, A. A., Asker, M. S., MA, A., & Salama, Z. A. (2019). The effectiveness of the functional components of grape (*Vitis vinifera*) Pomace as Antioxidant, Antimicrobial, and Antiviral Agents. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 12(5).
- García, D. H. (2016). Caracterización de algunos metabolitos primarios y secundarios en

dos variedades comerciales de Lúcumá (Pouteria lucuma) [tesis de título, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2565>

Gómez, G., & Guzmán, O. (2019). Alternativas de valorización para el residuo de mango (Mangifera indica L.) mediante el uso de biotecnología tradicional en el Departamento del Atlántico [tesis de Maestría, Universidad Libre Seccional de Barranquilla].

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17819/8641709.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gonzalez, L. V. P., Gómez, S. P. M., & Abad, P. A. G. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. RIAA, 8(2), 141-150.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285350>

Gonzalez-Burgos, E., & Gomez-Serranillos, M. P. (2012). *Terpene Compounds in Nature: A Review of Their Potential Antioxidant Activity. Current Medicinal Chemistry, 19(31), 5319–5341.* doi:10.2174/092986712803833335

Guerrero, P. A. (2018). Estudio fitoquímico del aceite y del extracto metanólico hidrofílico de las semillas de Lúcumá (Pouteria lucuma) procedentes de Chilca, Cañete (tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú).
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/12137>

Guerrero-Castillo, P., Reyes, S., Robles, J., Simirgiotis, M. J., Sepulveda, B., Fernandez-Burgos, R., & Areche, C. (2019). Biological activity and chemical characterization of Pouteria lucuma seeds: A possible use of an agricultural waste. Waste Management, 88, 319-327. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.055>

Guerrero, R. & Valenzuela, L. (2011). Agroindustria y medio ambiente. Trilogía. Ciencia Tecnología Sociedad, 23(33):63-83
https://repositorio.utem.cl/flexpaper/handle/30081993/965/trilogia_medio_ambiente.

pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2014). Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*, 46, 412–429. doi:10.1016/j.foodcont.2014.05.04

Haminiuk, C. W. I., Maciel, G. M., Plata-Oviedo, M. S. V., & Peralta, R. M. (2012). Phenolic compounds in fruits - an overview. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(10), 2023–2044. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03067.x

Hanssen, H. (2000). Producción limpia, gestión ambiental y desarrollo sostenible. *Revista Escuela de administración de negocios*, (39-40), 56-72. <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/147>

Inocente-Camones, M. Á., Tomas-Chota, G. E., Huamán-Malla, J., Muñoz-Jáuregui, A. M., García-Morán, R. I., Quispe-Fuentes, G., ... Taype-Espinoza, E. D. R. (2014). Actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de una loción y gel elaborados con extracto estabilizado de camu camu (*Myrciaria dubia*, Kunth). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 80(1), 65–77. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2022). *Compendio Estadístico Perú 2022. Agrario*. (pp. 995-996). https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1872/cap13/ind13.htm

Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. Y., Nyam, K.-L., Norulaini, N. A. N., ... Mohd Omar, A. K. (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review. *Food Chemistry*, 183, 173–180. doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.046

- Kang, D. G., Yun, C. keun, & Lee, H. S. (2003). Screening and comparison of antioxidant activity of solvent extracts of herbal medicines used in Korea. *Journal of Ethnopharmacology*, 87(2-3), 231–236. doi:10.1016/s0378-8741(03)00142-9
- Karim, A., Azlan, A., Ismail, A., Hashim, P., Abd Gani, S. S., Zainudin, B. H., & Abdullah, N. A. (2014). Phenolic composition, antioxidant, anti-wrinkles and tyrosinase inhibitory activities of cocoa pod extract. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14(1). doi:10.1186/1472-6882-14-381
- Kuganesan, A., Thiripuranathar, G., Navaratne, A. N., & Paranagama, P. A. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory activities of peels, pulps and seed kernels of three common mango (*Mangifera indica* L.) varieties in Sri Lanka. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8(1), 70.
- Lattanzio, V. (2013). Phenolic compounds: Introduction. *Natural Products*, 1543–1580. doi:10.1007/978-3-642-22144-6_57
- Lavado, M.; Yenque, J.; Robles, R. (2012). Estudio de rendimiento de harina de lúcuma a partir del fruto fresco. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*. 15(1):127-130. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81624969014>
- Lazo, W. (1990). Antimicrobial action of some plants of medicinal use in Chile. I. *Boletín Micológico*, 5(1-2), 25-28.
- Mariatti, F., Gunjević, V., Boffa, L., & Cravotto, G. (2021). Process intensification technologies for the recovery of valuable compounds from cocoa by-products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68, 102601. doi:10.1016/j.ifset.2021.102601
- Mccarthy, A., Dellink, R., Bibas, R., 2018. The macroeconomics of the circular economy transition: A critical review of modelling approaches.

<https://doi.org/10.1787/af983f9a-en>

- Mejía, C. V. (2017). Evaluación de metabolitos secundarios y propiedades antioxidantes e hipoglucemiante de lúcuma (*Pouteria lucuma*) en dos estados de madurez [tesis de título, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3047/Q04-M457-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mejías-Brizuela, N., Orozco-Guillén, E., & Galáan-Hernández, N. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27-41.
- Mendivil, N. R. (2015). Efecto antibacteriano de extractos de orujo y escobajo sobre *Helicobacter pylori* y *Escherichia coli*. [tesis de maestría, Universidad de Chile].
- Mesa, A. M., Rincón, D. C., Toro, J. F., Tamayo, A., Blair, S., & Rojano, B. A. (2011). Actividad antioxidante de *Piper Piedecuestanum* Trel. & Yunck. y *Piper Subpedale* Trel. & Yunck. *Revista Latinoamericana de Química*, 39(3), 91–99. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432011000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Milinčić, D. D., Stanisavljević, N. S., Kostić, A. Ž., Bajić, S. S., Kojić, M. O., Gašić, U. M., ... & Pešić, M. B. (2021). Phenolic compounds and biopotential of grape pomace extracts from Prokupac red grape variety. *LWT*, 138, 110739. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110739>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2008). Estudio de palta en el Perú y el Mundo [boletín]. http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/estudio_palta.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2010a). Resumen Ejecutivo Palta - Perú

un campo fértil para sus inversiones y el desarrollo de sus exportaciones [boletín]. <https://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/380/1/cadena%20de%20PALTA.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2010b). Resumen Ejecutivo “UVA” – Perú – Un Campo Fértil para sus Inversiones y el Desarrollo de sus Exportaciones [boletín]. <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/382>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2015). Mango- Perú Un Capo Fértil Para Sus Inversiones [ficha técnica]. <http://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/handle/MINAGRI/494>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2017). Mango: Crecen Exportaciones Peruanas [boletín n.º4]. <https://repositorio.minagri.gob.pe/handle/MINAGRI/365>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2019). La uva peruana: Una oportunidad en el Mercado Mundial [boletín]. <http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/111>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2020a). Análisis de Mercado 2015-2019 Palta. <https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/1368928-analisis-de-mercado-palta-2015-2019>:

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2020b). Observatorio de Commodities Cacao [boletín]. https://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/815/1/Commodities%20Cacao_%20julio-set%202020.pdf

Moharram, H. A., & Youssef, M. M. (2014). Methods for determining the antioxidant activity: a review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-42.

Morillas-Ruiz, J. M., & Delgado-Alarcón, J. M. (2012). Análisis nutricional de alimentos

vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutr. clín. diet. hosp*, 32(2), 8-20.

Muhlack, R. A., Potumarthi, R., & Jeffery, D. W. (2018). Sustainable wineries through waste valorisation: A review of grape marc utilisation for value-added products. *Waste Management*, 72, 99-118. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.011>

Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380.

Naczk, M., & Shahidi, F. (1989). The effect of methanol-ammonia-water treatment on the content of phenolic acids of canola. *Food Chemistry*, 31, 159-164

Navarrete, C., González, J. H. G., Durango, D. L., & García, C. M. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de manarina obtenido de residuos agroindustriales. *DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia*. Sede Medellín, 77(162), 85-92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7678229>

Ng, H. S., Kee, P. E., Yim, H. S., Chen, P. T., Wei, Y. H., & Lan, J. C. W. (2020). Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. *Bioresource technology*, 302, 122889.

Nollet, L. M., & Gutierrez-Urbe, J. A. (Eds.). (2018). *Phenolic compounds in food: characterization and analysis*. CRC Press.

Oddoye, E. O. K., Agyente-Badu, C. K., & Gyedu-Akoto, E. (2012). Cocoa and its by-products: Identification and utilization. *Chocolate in Health and Nutrition*, 23–37. doi:10.1007/978-1-61779-803-0_3

Orejuela-Escobar, L. M., Landázuri, A. C., & Goodell, B. (2021). Second generation

biorefining in Ecuador: Circular bioeconomy, zero waste technology, environment and sustainable development: The nexus. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), 83–107. doi:10.1016/j.jobab.2021.01.004

Paladino, S. (2008). *Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (Vitis vinifera L.)* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Cuyo] <https://bdigital.uncu.edu.ar/2627>

Pérez, R. A., Leos, C., Oranday, A., Hernández, C. E., Sánchez, E., & Rivas, C. (2015). Efecto in vitro en la inhibición del proceso de nucleación en litiasis renal, capacidad de captura de radicales libres, actividad antimicrobiana y tóxica del extracto metanólico de *Berberis trifoliata*. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 46(1), 70-76.

Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. (2006). Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. *Food research international*, 39(7), 791-800.

Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302. doi:10.1021/jf0502698

Prripp, A. H. (2013). *Statistics in food science and nutrition*. Springer, New York, NY.

Ramos-Escudero, F., Casimiro-Gonzales, S., Fernández-Prior, Á., Cancino Chávez, K., Gómez-Mendoza, J., Fuente-Carmelino, L. de la, & Muñoz, A. M. (2021). Colour, fatty acids, bioactive compounds, and total antioxidant capacity in commercial cocoa beans (*Theobroma cacao L.*). *LWT*, 147, 111629. doi:10.1016/j.lwt.2021.111629

Raybaudi-Massilia, R. M., Mosqueda-Melgar, J., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2009). Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and

fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3), 157–180. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00076.x

Red Agrícola. (2020, abril). Residuos agroindustriales se convertirán en envases 100% biodegradables. <https://www.redagricola.com/pe/residuos-agroindustriales-se-converiran-envases-100-biodegradables/#:~:text=Los%20residuos%20agroindustriales%2C%20los%20m%2C3%A1s,y%20la%20cascarilla%20del%20arroz.>

Revista de Agroexportaciones & Medio Ambiente. (2019, 25 de junio). Perú es uno de los más importantes proveedores mundiales de mango de muy alta calidad. <https://agroexportaciones.com/2019/06/25/peru-es-uno-de-los-mas-importantes-proveedores-mundiales-de-mango-de-muy-alta-calidad/>.

Ribeiro, S. M. R., Barbosa, L. C. A., Queiroz, J. H., Knödler, M., & Schieber, A. (2008). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry*, 110(3), 620–626. doi:10.1016/j.foodchem.2008.02.067

Rojas-González, A. F., Flórez-Montes, C., & López-Rodríguez, D. F. (2019). Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. *Revista Cubana de Química*, 31(1), 31-52. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212019000100031&script=sci_arttext&tlng=en

Romaní, L. (2016). Actividad antibacteriana de compuestos fenólicos aislados de la semilla de *Persea americana* Mill. “palta jass” frente a *Escherichia coli*. ATCC 35218, Ayacucho 2016 [tesis de Título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2331>

Saavedra, J., Córdova, A., Navarro, R., Díaz-Calderón, P., Fuentealba, C., Astudillo-Castro, C., ... & Galvez, L. (2017). Industrial avocado waste: Functional compounds

preservation by convective drying process. *Journal of Food Engineering*, 198, 81-90.

Sánchez, W. F., Murillo, E., & Méndez, J. J. (2010). Potencial antioxidante de residuos agroindustriales de tres frutas de alto consumo en el Tolima. *Scientia et Technica*, 17(46), 138-143.

Sánchez-Camargo, A., Gutierrez, L. F., Vargas, S. M., Martinez-Correa, H. A., Parada-Alfonso, F., & Narvaez-Cuenca, C. E. (2019). Valorisation of mango peel: Proximate composition, supercritical fluid extraction of carotenoids, and application as an antioxidant additive for an edible oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104574. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104574>

Santos, T. R. J., & de Aquino Santana, L. C. L. (2019). Antimicrobial potential of exotic fruits residues. *South African Journal of Botany*, 124, 338–344. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.031>

Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46.

Serna, L., & Torres, C. (2015). Agro industrial potential of peels of mango (*Mangifera indica*) Keitt and Tommy Atkins. *Acta Agronómica*, 64(2), 110-115.

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–1397

Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18, 757–781. doi:10.1016/j.jff.2015.01.047

Shi, D., Xu, W., Balan, P., Wong, M., Chen, W., & Popovich, D. G. (2021). *In Vitro Antioxidant Properties of New Zealand Hass Avocado Byproduct (Peel and Seed)*

Fractions. ACS Food Science & Technology, 1(4), 579–587. doi:10.1021/acsfoodscitech.0c000

Sobamiwa, O., & Longe, O. G. (1994). Utilization of cocoa-pod pericarp fractions in broiler chick diets. *Animal Feed Science and Technology, 47(3-4), 237–244. doi:10.1016/0377-8401(94)90127-9*

Sotelo, L., & Alivis, A. (2018). Extracción de compuestos con actividad antimicrobiana a partir de subproductos del cacao. *Alimentos Hoy, 26(45), 26-37.*

Sotelo, L., Alvis, A., & Arrázola, G. (2015). Evaluación de epicatequina, teobromina y cafeína en cáscaras de cacao (*Theobroma cacao L.*), determinación de su capacidad antioxidante. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 9(1), 124-134.*

Stratil, P., Klejdus, B., & Kubáň, V. (2007). Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta, 71(4), 1741–1751. doi:10.1016/j.talanta.2006.08.012*

Sunder, J., Singh, D. R., Jeyakumar, S., Kundu, A., & De, A. K. (2011). Antibacterial activity in solvent extract of different parts of *Morinda citrifolia* plant. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 3(8), 1404.*

Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control, 21(9), 1199–1218. doi:10.1016/j.foodcont.2010.02.003*

Taroco, R., Seija, V., & Vignoli, R. (2006). Métodos de estudio de la sensibilidad antibiótica. *Temas de Bacteriología y Virología Médica, Oficina del libro FEFMUR, Uruguay, 36(1), 665-668.*

Valdiviezo, J. (2021). Una revisión de la obtención de compuestos fenólicos a partir de

cáscara y semilla de palta (*Persea americana* Mill.), empleando tecnologías emergentes [tesis de Bachiller, Universidad Nacional de Frontera]. <http://repositorio.unf.edu.pe/handle/UNF/103>

Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 1(1), 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>

Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V., Vandenberghe, L. P., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., ... & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste management*, 90, 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>

Vega, V. (2011). Enriquecimiento de la capacidad antioxidante y protección antimicrobiana del mango fresco cortado aplicando compuestos fenólicos de sus subproductos [tesis de Maestría, Centro de investigación en alimentos y desarrollo, Tecnología de alimentos de origen vegetal].

Velasquez, S. (2019). Caracterización de los compuestos fenólicos con actividad antioxidante, factor de protección solar y capacidad regeneradora de la cáscara de *Mangifera indica* L. mango [tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.

Velderrain-Rodríguez, G. R., Quero, J., Osada, J., Martín-Belloso, O., & Rodríguez-Yoldi, M. J. (2021). Phenolic-rich extracts from avocado fruit residues as functional food ingredients with antioxidant and antiproliferative properties. *Biomolecules*, 11(7), 977. doi:10.3390/biom11070977

Vermerris, W., & Nicholson, R. (2008a). Families of phenolic compounds and means of classification. *Phenolic Compound Biochemistry*, 1–34. doi:10.1007/978-1-4020-5164-7_1

- Vermerris, W., & Nicholson, R. (2008b). Isolation and identification of phenolic compounds. *Phenolic Compound Biochemistry*, 151–196. doi:10.1007/978-1-4020-5164-7_4
- Villanueva, C. (2002). Cultivo comercial de la lúcuma en Perú y el mercado internacional. Schmidt Impresores.
- Villarán, M. C., Chávarri, M., Dietrich, T., & Rodríguez, E. (2018). Subproductos hortofrutícolas para una bioeconomía circular. *Mediterráneo económico*, (31), 251-272.
- Vuolo, M. M., Lima, V. S., & Maróstica Junior, M. R. (2019). Phenolic compounds. *Bioactive Compounds*, 33–50. doi:10.1016/b978-0-12-814774-0.00002-5
- Widsten, P., Cruz, C. D., Fletcher, G. C., Pajak, M. A., & McGhie, T. K. (2014). Tannins and extracts of fruit byproducts: Antibacterial activity against foodborne bacteria and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(46), 11146–11156. doi:10.1021/jf503819t
- Zhang, W. M., Wang, W., Zhang, J. J., Wang, Z. R., Wang, Y., Hao, W. J., & Huang, W. Y. (2016). Antibacterial constituents of Hainan *Morinda citrifolia* (noni) leaves. *Journal of food science*, 81(5), M1192-M1196. doi:10.1111/1750-3841.13302

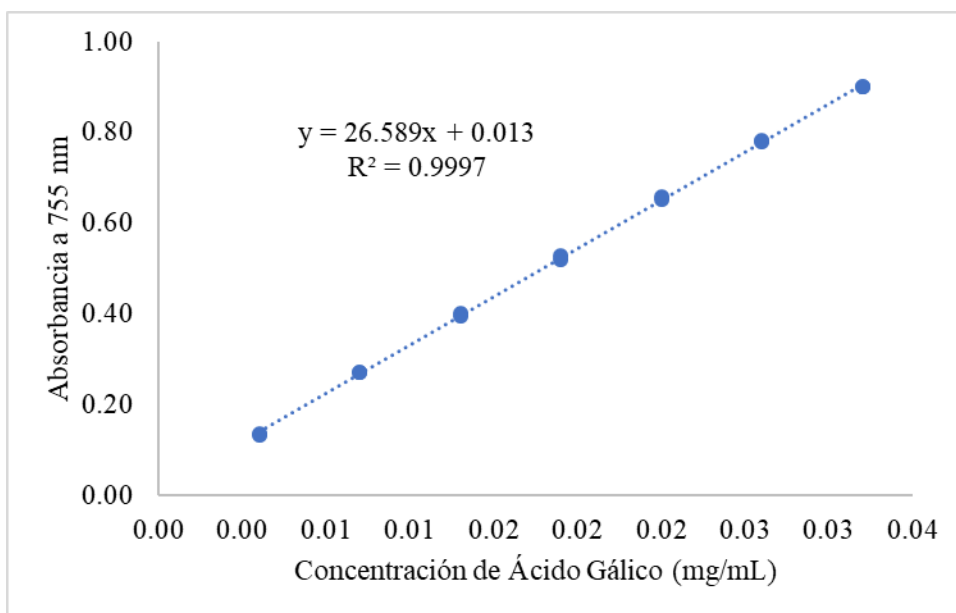
VIII. ANEXOS

ANEXO 1: CONTENIDO PROXIMAL DE LOS CINCO RESIDUOS AGROINDUSTRIALES (% p/p base seca).

Muestra	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza	Carbohidratos
VC	80.94	5.09	1.00	26.76	7.40	59.76
VC	80.94	5.14	1.21	27.02	6.87	59.76
VC	80.94	5.12	1.11	26.89	7.14	59.76
CM	76.89	2.73	5.02	10.99	3.55	77.72
CM	76.91	2.73	4.76	11.04	3.59	77.87
CM	76.90	2.73	4.89	11.02	3.57	77.80
SP	64.39	4.89	3.73	2.72	2.75	85.90
SP	64.37	4.88	3.79	3.00	2.69	85.63
SP	64.38	4.89	3.76	2.86	2.72	85.77
OU	72.67	4.35	3.70	9.48	2.45	80.02
OU	72.78	4.37	3.64	9.18	2.39	80.42
OU	72.73	4.36	3.67	9.33	2.42	80.22
SL	47.10	6.60	3.76	10.83	1.63	77.18
SL	46.98	6.58	3.83	11.22	1.55	76.82
SL	47.04	6.59	3.80	11.03	1.59	77.00

VC: vaina de cacao, CM: cáscara de mango, SP: semilla de palta, OU: orujo de uva y SL: semilla de lúcumá.

ANEXO 2: CURVA ESTÁNDAR DE ÁCIDO GÁLICO PARA EL ENSAYO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES



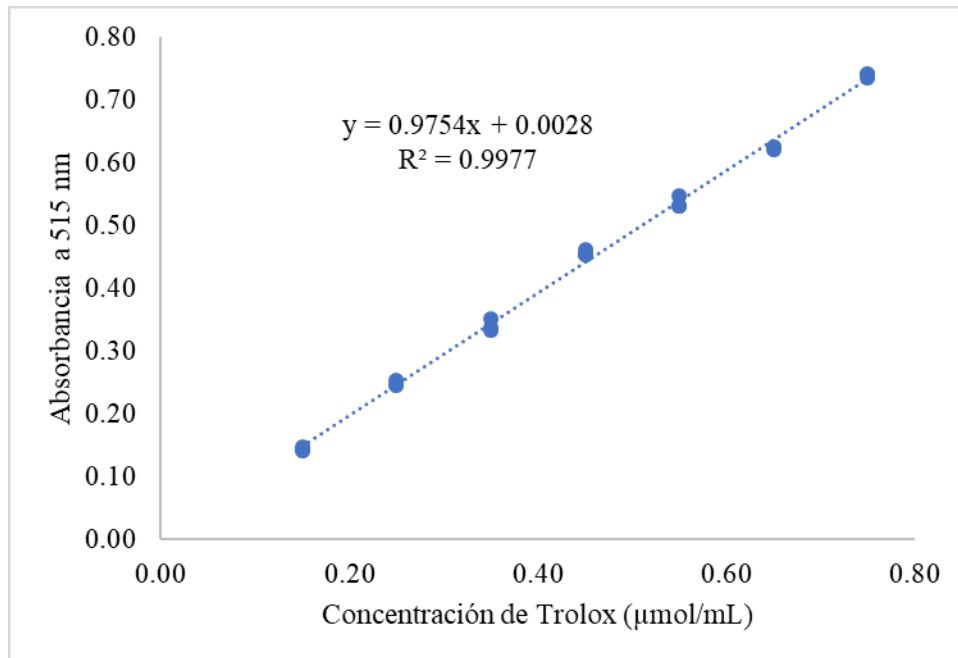
Donde:

x = miligramos de ácido gálico por mililitro

y = Absorbancia a 755 nm

ANEXO 3: CURVA ESTÁNDAR DE TROLOX PARA EL ENSAYO DE DPPH

a. Curva estándar para la parte hidrofílica-(DPPH-H)

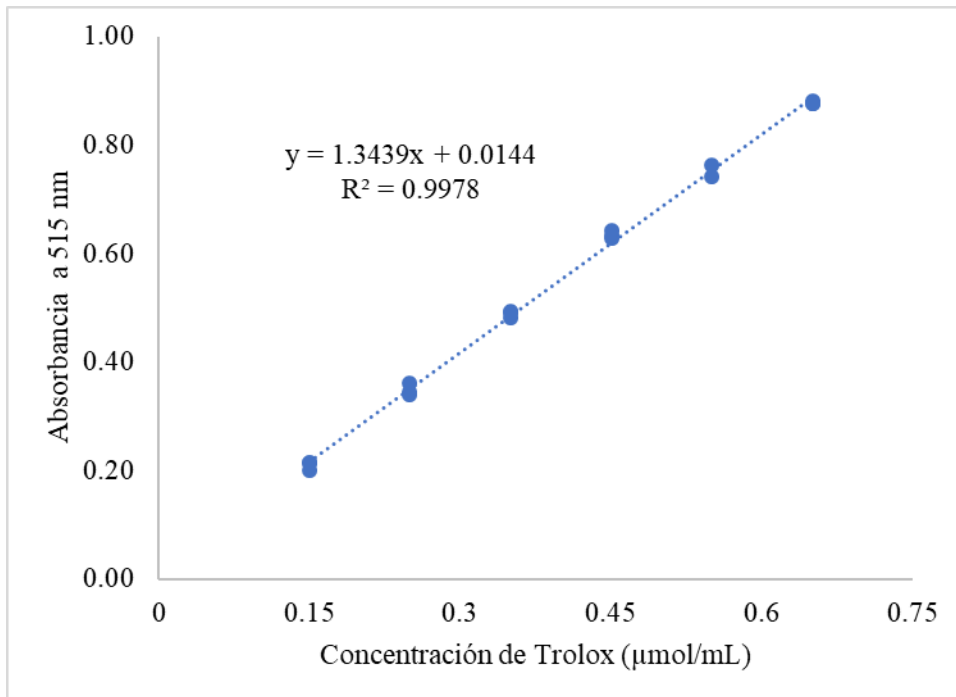


Donde:

x = micromoles de Trolox por mililitro

y = Absorbancia a 515 nm

b. Curva estándar para la parte lipofílica-(DPPH-H)



Donde:

x = micromoles de Trolox por mililitro

y = Absorbancia a 515 nm

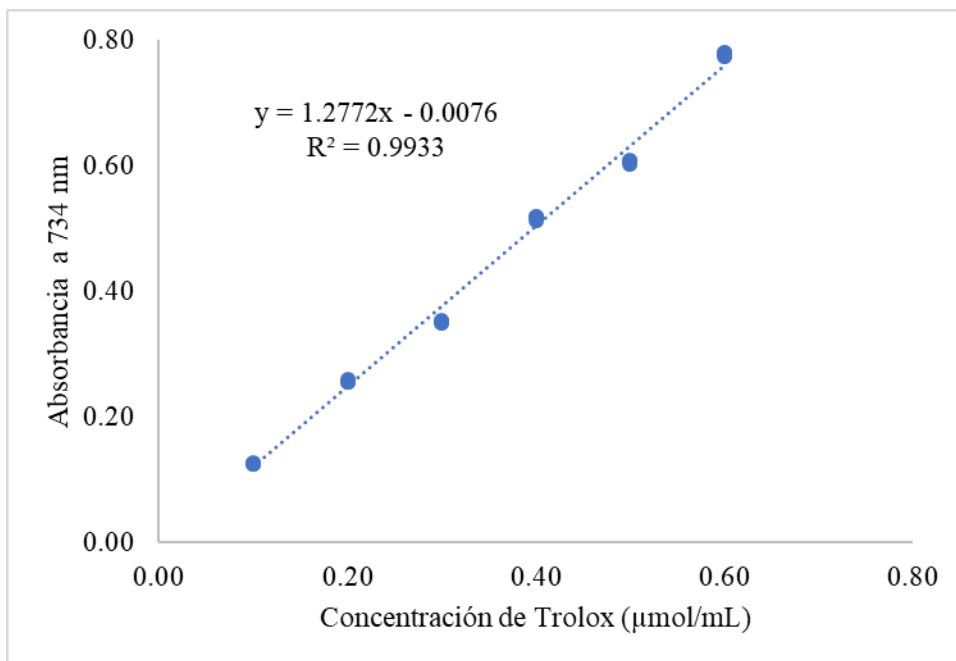
**ANEXO 4: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (ABTS, DPPH-H, DPPH-L Y FRAP)
DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES ($\mu\text{mol ET/g b.s.}$).**

Muestra	CFT	ABTS-H	ABTS-L	FRAP	DPPH-H	DPPH-L	IC_{50-ABTS}
CM	58.17	978.95	12.33	1679.85	984.14	6.04	0.40
CM	50.54	984.49	12.10	1638.12	952.73	5.73	0.39
CM	61.72	1009.10	11.86	1683.72	935.66	5.55	0.36
SP	56.05	385.66	29.75	229.15	273.92	17.42	0.73
SP	56.35	383.63	30.72	222.65	276.06	17.69	0.75
SP	56.72	386.08	29.96	229.44	273.27	17.76	0.74
VC	48.02	279.15	4.86	505.32	290.60	1.88	2.17
VC	55.60	307.10	4.49	543.88	304.11	1.97	2.21
VC	51.81	315.37	4.25	527.32	310.04	1.79	2.20
SL	4.39	83.62	5.90	34.74	25.03		4.25
SL	4.36	84.61	5.69	35.01	25.93		4.28
SL	4.40	83.70	5.83	35.61	25.07		4.27
OU	11.54	122.21	5.79	89.08	87.13	n.d.	2.89
OU	14.30	119.98	5.65	90.30	92.54		2.94
OU	13.00	118.88	5.52	86.76	87.36		2.93

CM: cáscara de mango, SP: semilla de palta, VC: vaina de cacao, OU: orujo de uva y SL: semilla de lúcuma.
CFT: Compuestos fenólicos totales, ABTS-H: ABTS hidrofílico, ABTS-L: ABTS lipofílico, DPPH-H:
DPPH hidrofílico y DPPH-L: DPPH lipofílico. n.d.: no detectado.

ANEXO 5: CURVA ESTÁNDAR DE TROLOX PARA EL ENSAYO DE ABTS

a. Curva estándar para la parte hidrofílica-(ABTS-H)

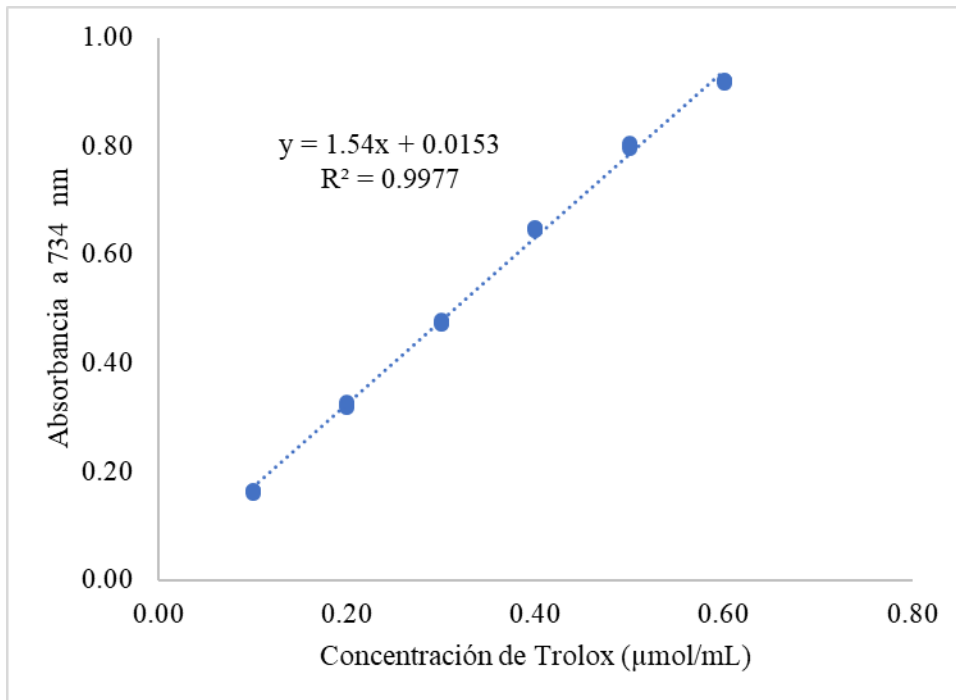


Donde:

x = micromoles de Trolox por mililitro

y = Absorbancia a 734 nm

b. Curva estándar para la parte lipofílica-(ABTS-L)

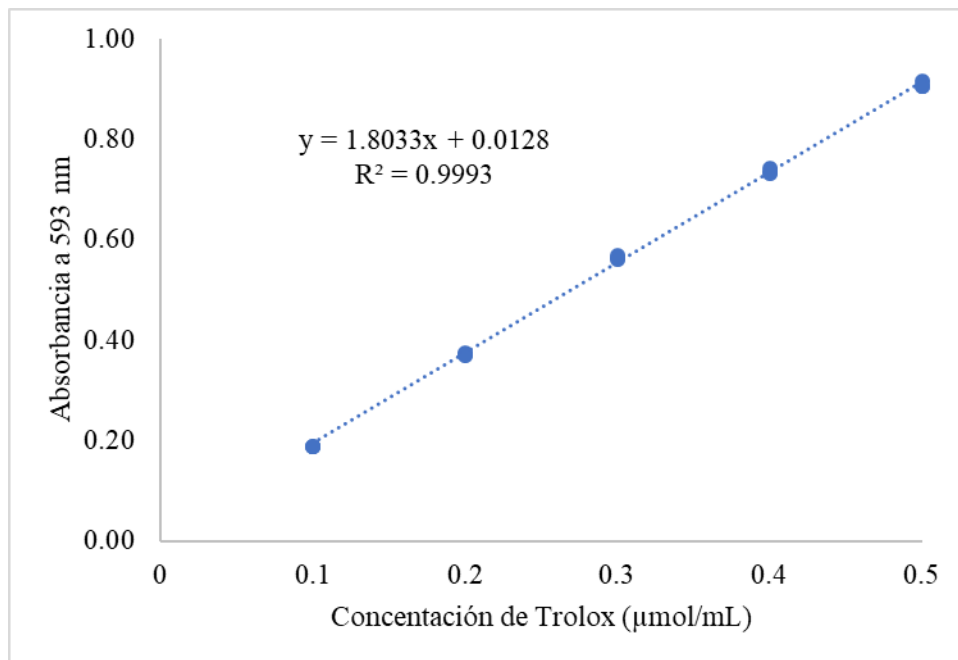


Donde:

x = micromoles de Trolox por mililitro

y = Absorbancia a 734 nm

ANEXO 6: CURVA ESTÁNDAR DE TROLOX PARA EL ENSAYO DE FRAP



Donde:

x = micromoles de Trolox por mililitro

y = Absorbancia a 593 nm

**ANEXO 7: COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN UTILIZADO PARA EL
CÁLCULO DEL IC50**

Extracto	Coefficiente de determinación (R²)
Cáscara de mango	0.8548
Semilla de Palta	0.9901
Vaina de cacao	0.9699
Orujo de uva	0.9835
Semilla de lúcuma	0.9953

**ANEXO 8: DIÁMETRO (mm) DE LA ZONA DE INHIBICIÓN DE CADA UNO DE
LOS EXTRACTOS FRENTE A LOS MICROORGANISMOS**

Muestra	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923	<i>Escherichia coli</i> ATCC25922	<i>Penicillium digitatum</i>	<i>Aspergillus niger</i>
VC	8.00	11.20	Ausencia	Ausencia
VC	8.10	11.00	Ausencia	Ausencia
VC	8.05	11.10	Ausencia	Ausencia
SL	7.80	7.10	11.2	Ausencia
SL	7.80	7.00	11	Ausencia
SL	7.80	7.05	11.1	Ausencia
OU	8.10	8.00	Ausencia	Ausencia
OU	7.80	7.80	Ausencia	Ausencia
OU	7.95	7.90	Ausencia	Ausencia

VC: vaina de cacao, CM: cáscara de mango, SP: semilla de palta, OU: orujo de uva y SL: semilla de lúcuma.

Interpretación de los resultados: (a) resistente (no presenta halo de inhibición) o (b) sensible (el microorganismo presenta un área de inhibición causada por el producto y mientras más grande sea el halo de inhibición más potente será el extracto).