



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**

## **TESIS**

**Comparación de la concentración de flavonoides de residuos de mango**

**(*Mangifera indica* L.) mediante espectrometría de masas**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera de Industrias Alimentarias**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Carranza Veliz Jackelin Stephany**

**ASESORADO POR:**

**Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán**

Lambayeque – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

## TESIS

Comparación de la concentración de flavonoides de residuos de mango

(*Mangifera indica* L.) mediante espectrometría de masas

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera de Industrias Alimentarias

PRESENTADO POR:

Bach. Carranza Veliz Jackelin Stephany

APROBADO POR:

Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulu

Presidente

Ing. Gerardo Santamaria Baldera

Vocal

M. Sc. Doyle Isabel Benel Fernandez

Secretaria

Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán

Asesora

## DEDICATORIA

*A Dios. Por darme fortaleza,  
por su protección, amor infinito y  
sabiduría en este camino.*

*A mis padres. Por su apoyo  
incondicional y por darme educación  
y valores que me sirvieron para cumplir  
mis objetivos y metas y lograr ser  
un orgullo para ellos.*

## **AGRADECIMIENTO**

***A mi asesora Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán.***

*Co Investigador del Subproyecto*

*“Espectrometría de masa para la Identificación y*

*Cuantificación de Metabolitos Secundarios en Vegetales”*

*por haberme guiado y ayudado con su experiencia a realizar*

*la tesis.*

***A la Dra, Noemi león Roque***

*Investigador Principal Responsable del Sub Proyecto*

*“Espectrometría de masa para la Identificación y*

*Cuantificación de Metabolitos Secundarios en Vegetales”*

*por su enseñanza a lo largo de la realización de la tesis.*

## **AGRADECIMIENTO**

Los autores agradecen el apoyo financiero del Proyecto Concytec - Banco Mundial “Espectrometría de Masas para la Identificación y Cuantificación de Metabolitos Secundarios en Vegetales”, a través de su unidad ejecutora Fondecyt. [contrato número 009-2018-FONDECYT/BM-Mejoramiento de la infraestructura para la investigación (equipamiento)].

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo comparar la concentración de flavonoides de residuos de mango (*Mangifera indica* L.) del Departamento de Lambayeque por espectrometría de masas, para lo cual se seleccionó las variedades (edward, kent, haden y criollo), separados sus cáscaras y almendras de forma manual, congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ , liofilizadas, tamizadas hasta alcanzar un tamaño de partícula entre 300 a  $150\text{ }\mu\text{m}$  de diámetro. La caracterización se realizó siguiendo la metodología de la AOAC; para la extracción se utilizaron cinco niveles de (etanol-agua) como solvente, tiempo de extracción, relación muestra/solvente (p/v), aplicando el diseño compuesto central rotacional (DCCR). La determinación del contenido de polifenoles totales se realizó por el método de Folin-Ciocalteu por espectrofotometría UV-vis expresados como equivalente de ácido gálico (EAG/100g) y la optimización se realizó por la función de deseabilidad; el contenido de flavonoides (quercetina) se determinó por la técnica de la cromatografía líquida con espectrometría de masas utilizando extractos etanólicos y metanólicos mediante un diseño factorial  $2 \times 2 \times 4$  por triplicado. El mayor contenido optimizado de polifenoles totales se obtuvo en los extractos etanólicos de almendra de mango criollo y de cáscara de mango edward; el de flavonoides en los extractos etanólicos de cáscara de mango criollo con  $23,28 \pm 2,35\text{mgQE}/100\text{g}$  y en los extractos metanólicos de cáscara de mango haden con  $19,54 \pm 1,29\text{ mgQE}/100\text{g}$ , los cuales mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

Palabras claves: Residuos, Solvente, Deseabilidad, Polifenoles, Quercetina, Espectrometría.

## ABSTRACT

The aim of this research is to compare the concentration of flavonoids in mango residues (*Mangifera indica* L.) of the Department of Lambayeque by mass spectrometry, for which the varieties (edward, kent, haden and criollo) were selected, separating their peels and almonds manually, frozen at -20°C, lyophilized, sieved until reaching a particle size between 300 to 150 µm in diameter. The characterization was carried out following the AOAC methodology; for the extraction, five levels of (ethanol-water) were used as solvent, extraction time, sample/solvent ratio (p/v), applying the rotational central compound design (DCCR). The determination of the content of total polyphenols was carried out by the Folin-Ciocalteu method by UV-vis spectrophotometry, expressed as gallic acid equivalent (GAE/100g) and the optimization was carried out by the desirability function; the content of flavonoids (quercetin) was determined by the liquid chromatography technique with mass spectrometry using ethanolic and methanolic extracts through a 2x2x4 factorial design in triplicate. The highest optimized content of total polyphenols was obtained in the ethanolic extracts of creole mango almond and edward mango peel; that of flavonoids in the ethanolic extracts of creole mango peel with  $23.28 \pm 2.35\text{mgQE}/100\text{g}$  and the methanolic extracts of haden mango peel with  $19.54 \pm 1.29\text{mgQE}/100\text{g}$ , which showed significant statistically differences ( $p < 0.05$ ).

Keywords: Residues, Solvent, Desirability, Polyphenols, Quercetin, Spectrometry.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	15
II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS.....	16
2.1. Antecedentes .....	16
2.2. Base teórica.....	18
2.2.1. Mango .....	18
2.2.1.1. Variedades de mango cultivadas en el Perú.....	19
2.2.1.2. Partes anatómicas del mango.....	19
2.2.1.3. Valor nutricional del mango.....	20
2.2.2. Residuos y su valorización.....	21
2.2.3. Compuestos fenólicos .....	22
2.2.3.1. Flavonoides.....	23
2.2.3.2. Polifenoles en residuos de mango .....	25
2.2.3.3. Composición de flavonoides en el mango .....	25
2.2.4. Técnicas de determinación y cuantificación de polifenoles totales y flavonoides.....	28
2.2.4.1. Espectrofotometría UV-visible.....	28
2.2.4.2. Cuantificación de polifenoles totales.....	28
2.2.4.3. Espectrometría UV-visible.....	29
2.2.4.4. Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).....	29
2.2.4.5. Espectrometría de masas .....	31
2.2.5. Análisis estadístico .....	34
2.2.5.1. Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR).....	34
2.2.5.2. Metodología de superficie de respuesta (MSR).....	34
III. MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1. Lugar de ejecución de la investigación .....	36
3.2. Población y muestra .....	36
3.3. Tipo de investigación.....	36
3.3.1. Para el análisis proximal de las cáscaras y almendras de las cuatro variedades de mango.....	36



3.3.2. Determinación de polifenoles totales.....	37
3.3.3. Determinación de flavonoides .....	37
3.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales.....	37
3.4.1. Equipos de laboratorio .....	37
3.4.2. Reactivos y soluciones.....	38
3.4.3. Materiales.....	39
3.5. Métodos de análisis.....	40
3.5.1. Análisis físico.....	40
3.5.2. Análisis proximal .....	41
3.5.2.1. <i>Preparación de la muestra</i> .....	41
3.5.2.2. <i>Caracterización</i> .....	41
3.5.3. Determinación de polifenoles totales.....	45
3.5.3.1. <i>Preparación de extractos</i> .....	45
3.5.3.2. <i>Preparación de la curva de ácido gálico</i> .....	45
3.5.3.3. <i>Determinación del contenido de polifenoles totales</i> .....	46
3.5.4. Determinación del contenido de flavonoides.....	47
3.5.4.1. <i>Extracción</i> .....	47
3.5.4.2. <i>Preparación de la curva de calibración de quercetina</i> .....	48
3.5.4.3. <i>Lectura de quercetina en extractos etanólicos</i> .....	48
3.5.4.4. <i>Lectura de quercetina en extractos metanólicos</i> .....	49
3.5.5. Análisis estadísticos de los datos .....	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	50
4.1. Pesos de residuos de mangos .....	50
4.1.1. Mangos – variedades del departamento de Lambayeque.....	50
4.2. Análisis proximal de residuos de mango .....	51
4.3. Determinación del contenido de polifenoles totales .....	53
4.4. Optimización del contenido de polifenoles totales .....	56
4.5. Determinación de flavonoides .....	65
V. CONCLUSIONES .....	77
VI. RECOMENDACIONES.....	78
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

VIII. ANEXOS .....	89
Anexo 1. Preparación de las muestras .....	89
Anexo 2. Tratamiento de muestras .....	90
Anexo 3. Análisis proximal de residuos de mango.....	93
Anexo 4. Extracción de muestras con etanol según el DCCR.....	94
Anexo 5. Determinación de polifenoles totales .....	97
Anexo 6. Determinación de flavonoides.....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Clasificación taxonómica del mango ( <i>Mangifera indica</i> L.) .....	18
<b>Tabla 2</b> Valor alimentario del mango (100 g de fruta fresca).....	21
<b>Tabla 3</b> Clasificación de los polifenoles y ejemplos de ellos .....	23
<b>Tabla 4</b> Métodos de análisis químico proximal .....	42
<b>Tabla 5</b> Tratamientos según el DCCR .....	47
<b>Tabla 6</b> Peso promedio de cuatro variedades de mango y porcentaje de los residuos respecto al fruto total .....	51
<b>Tabla 7</b> Composición proximal de la cáscara de cuatro variedades de mango.....	52
<b>Tabla 8</b> Composición proximal de la almendra de cuatro variedades de mango.....	53
<b>Tabla 9</b> Contenido de polifenoles totales en cáscaras de mango variedades edward, kent, haden y criollo .....	54
<b>Tabla 10</b> Contenido de polifenoles totales en almendras de mango variedades edward, kent, haden y criollo.....	55
<b>Tabla 11</b> Optimización por deseabilidad de los polifenoles totales de cáscaras de mangos de las variedades edward, kent, haden y criollo .....	57
<b>Tabla 12</b> Optimización por deseabilidad de los polifenoles totales de almendras de mangos de las variedades edward, kent, haden y criollo .....	58
<b>Tabla 13</b> Tratamientos óptimos de extracción con etanol .....	66
<b>Tabla 14</b> Pesos de muestras de cáscaras y almendras de mangos de las cuatro variedades .....	66
<b>Tabla 15</b> Lectura de comprobación de la concentración del estándar quercetina.....	67
<b>Tabla 16</b> Lectura de la concentración de quercetina en extractos etanólicos de cáscaras y almendras de mangos variedades edward, kent, haden y criollo Nota. 2022 .....	71
<b>Tabla 17</b> Lectura de la concentración de quercetina en extractos metanólicos de cáscaras y almendras de mangos variedades edward, kent, haden y criollo .....	72
<b>Tabla 18</b> Contenido de quercetina (mg/100g) en cáscaras y almendras de las cuatro variedades de mangos según el tipo de solvente.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Pág.**

<b>Figura 1</b> Estructura básica de flavonoide.....	24
<b>Figura 2</b> Estructura química de catequina .....	26
<b>Figura 3</b> Estructura química de rutina .....	26
<b>Figura 4</b> Estructura química del kaempferol .....	27
<b>Figura 5</b> Estructura química de la quercetina .....	28
<b>Figura 6</b> Mango variedad edward .....	50
<b>Figura 7</b> Mango variedad kent.....	50
<b>Figura 8</b> Mango variedad haden .....	51
<b>Figura 9</b> Mango variedad criollo .....	51
<b>Figura 10</b> Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta de polifenoles totales de CMK .....	59
<b>Figura 11</b> Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta de polifenoles totales de AME .....	60
<b>Figura 12</b> Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de CME .....	60
<b>Figura 13</b> Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de CMH .....	61
<b>Figura 14</b> Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de CMC .....	62
<b>Figura 15</b> Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de AMK.....	63
<b>Figura 16</b> Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de AMH.....	64
<b>Figura 17</b> Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de AMC .....	65
<b>Figura 18</b> Curva de calibración de quercetina .....	68
<b>Figura 19</b> Cromatogramas de quercetina (estándar) .....	68
<b>Figura 20</b> Cromatogramas de extractos etanólicos de CMC .....	75
<b>Figura 21</b> Cromatogramas de extractos metanólicos de CMH .....	76
<b>Figura 22</b> Desinfección de mango con hipoclorito de sodio (100ppm).....	89

<b>Figura 23</b> Codificación de muestras de mango kent.....	89
<b>Figura 24</b> Muestras de mango congeladas .....	90
<b>Figura 25</b> Liofilizador.....	90
<b>Figura 26</b> Cáscara de mango liofilizada .....	90
<b>Figura 27</b> Almendra de mango liofilizada .....	91
<b>Figura 28</b> Molienda de cáscara de mango en molino IKA/M 20.....	91
<b>Figura 29</b> Almendra de mango molida .....	91
<b>Figura 30</b> Pesado de cáscara de mango molida .....	92
<b>Figura 31</b> Pesado de almendra de mango molida .....	92
<b>Figura 32</b> Almacenamiento de muestra molida en una cámara de conservación a 20°C.....	92
<b>Figura 33</b> Determinación de humedad de residuos de mango en estufa.....	93
<b>Figura 34</b> Determinación de cenizas en residuos de mango en mufla.....	93
<b>Figura 35</b> Determinación de grasa en residuos de mango en equipo Soxhlet .....	93
<b>Figura 36</b> Determinación de fibra en residuos de mango en digestor .....	94
<b>Figura 37</b> Determinación de proteínas en residuos de mango por método Kjeldah .....	94
<b>Figura 38</b> Mezclado de muestra con solución etanólica .....	94
<b>Figura 39</b> Agitación de muestra con solvente (solución acuosa de etanol).....	95
<b>Figura 40</b> Centrifugación de muestra con solvente .....	95
<b>Figura 41</b> Separación del extracto .....	95
<b>Figura 42</b> Codificación del extracto de cáscara de mango .....	96
<b>Figura 43</b> Codificación del extracto de almendra de mango .....	96
<b>Figura 44</b> Muestras codificadas .....	96
<b>Figura 45</b> Muestras almacenadas en una cámara frigorífica a -20°C .....	97
<b>Figura 46</b> Preparación del estándar (ácido gálico) a diversas concentraciones.....	97
<b>Figura 47</b> Ácido gálico en el espectrofotómetro (765nm).....	98
<b>Figura 48</b> Preparación de muestra para lectura de polifenoles (reactivo Folin-Ciocalteu).....	98
<b>Figura 49</b> Muestra en el espectrofotómetro (765nm) .....	99
<b>Figura 50</b> Mezclado de muestra con solución etanólica .....	99
<b>Figura 51</b> Agitación de muestra con solvente (solución acuosa de etanol) .....	100

<b>Figura 52</b> Centrifugación de muestra con solvente .....	100
<b>Figura 53</b> Separación del extracto .....	100
<b>Figura 54</b> Muestras codificadas .....	101
<b>Figura 55</b> Mezclado de muestra con solución metanólica.....	101
<b>Figura 56</b> Agitación de muestra con solvente (solución acuosa de metanol).....	101
<b>Figura 57</b> Centrifugación de muestra con solvente .....	102
<b>Figura 58</b> Muestras codificadas .....	102
<b>Figura 59</b> Preparación del estándar (quercetina) a diversas concentraciones.....	103
<b>Figura 60</b> Lectura de concentración de la quercetina en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS–2020.....	103
<b>Figura 61</b> Lectura de concentración de quercetina en extractos etanólicos y metanólicos en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS–2020 .....	104

## **I. INTRODUCCIÓN**

El mango es una fruta estacional de verano, de sabor agradable, de gran consumo en la zona norte del Perú, rica en vitaminas y antioxidantes, con grandes beneficios para la salud humana.

Asimismo, su consumo genera gran cantidad de residuos, entre ellos semillas y cáscaras que representan del 3-16% y del 12-19% del total de la fruta respectivamente, dependiendo de la variedad, los cuales no tienen una adecuada disposición y van a formar parte de la basura, constituyendo un foco de contaminación debido a su rápida degradación. Ediriweera et al. (2017) sostiene que los residuos de mango representan una pérdida de materiales valiosos “compuestos bioactivos” como polifenoles, terpenos, esteroides, carotenoides, vitaminas y aminoácidos, entre otros.

En esta investigación se comparó la concentración de flavonoides en residuos de mango de las variedades (edward, kent, haden y criollo) del departamento de Lambayeque utilizando la técnica de espectrometría de masas.

## II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

### 2.1. Antecedentes

Anticona y Torres (2020) determinan la composición proximal de la almendra de mango criollo de la región Lambayeque con resultados (humedad 9,50%, fibra 2,75%, proteína 3,99%, grasas 2,10%, cenizas 1,60%, carbohidratos 80,51%).

Correa et al. (2019) reportan la composición proximal de la semilla de mango criollo de Chulucanas, Piura, la almendra tiene (humedad 9,75%, cenizas 1,60%, grasa 3,20%, fibra 4,50%, proteína 11,17%, carbohidratos 74,28%).

Rivera (2020) reporta la composición proximal de la cáscara de mango criollo de Guayas, Ecuador, con (humedad  $5,13 \pm 0,03\%$ , grasa  $2,31 \pm 0,19\%$ , proteína  $3,70 \pm 0,01\%$ , cenizas  $4,90 \pm 0,02\%$ , carbohidratos  $83,95 \pm 0,21\%$ ).

Marcillo et al. (2021) determinan la composición proximal de las cáscaras de mangos variedades haden y kent de Guayas, Ecuador. Para el haden (humedad  $5,40 \pm 0,13\%$ , proteína  $2,65 \pm 0,05\%$ , grasa  $2,01 \pm 0,03\%$ , cenizas  $2,18 \pm 0,04\%$ , carbohidratos  $93,20 \pm 0,22\%$ ), para el kent (humedad  $5,80 \pm 0,03\%$ , proteína  $4,04 \pm 0,14\%$ , grasa  $1,48 \pm 0,05\%$ , cenizas  $2,82 \pm 0,03\%$ , carbohidratos  $91,70 \pm 0,14\%$ ) y el contenido de polifenoles totales (para el haden  $6624 \pm 193$  mgEAG /100 g y para el kent  $5149 \pm 154$  mgEAG/100 g); flavonoides (para el haden  $682 \pm 14,50$  mg equivalentes de catequina/100 g y para el kent  $600 \pm 11,80$ mg equivalentes de catequina /100 g).

Lenucci et al. (2022) comparan los compuestos bioactivos analizados por HPLC en cáscaras y semillas de dos cultivares de mangos italianos (tommy atkins y keitt), obteniendo para la cáscara de mango: tommy atkins  $129,7 \pm 1,7$ mgEAG/100g, keitt 214,6



$\pm 3,97\text{mg EAG}/100\text{g}$ , y para la almendra: tommy atkins  $851,3 \pm 3,1\text{mgEAG}/100\text{g}$  y keitt  $338,2 \pm 6,5\text{mgEAG}/100\text{g}$ .

Castro-Vargas et al. (2019) analizan los residuos agroindustriales (cáscaras y almendras) de mango colombiano "mango azucarado" con valores de polifenoles y flavonoides en cáscara:  $1838,30 \pm 0,01\text{mgEAG}/100\text{g}$  y  $19,80 \pm 0,01\text{mgQE}/100\text{g}$  y almendra:  $48,60 \pm 0,09\text{mgEAG}/100\text{g}$  y  $56,10 \pm 0,01\text{mgQE}/100\text{g}$ .

Da Silva et al. (2018) utilizan un método de cromatografía líquida de alta resolución de fase reversa con detección de matriz de diodos (HPLC DAD) después de la extracción con metanol acidificado, para determinar compuestos fenólicos bioactivos en la cáscara del fruto del mango (*Mangifera indica* L.) cultivado en Bahía, estado de Brasil. Los extractos metanólicos de las muestras liofilizadas de mango espada contienen  $294,36 \pm 6,67\text{ mg CE}/100\text{g}$ ,  $33,99 \pm 0,16\text{ mg RU}/100\text{g}$  y  $9,83 \pm 0,43\text{ mg KMF}/100\text{g}$ ; el mango rosa  $22,38 \pm 2,38\text{ mg CE}/100\text{g}$ ,  $3,33 \pm 1,28\text{ mg QE}/100\text{g}$ ,  $88,09 \pm 7,28\text{ mg RU}/100\text{g}$  y  $3,50 \pm 0,34\text{ mg KMF}/100\text{g}$ ; y el mango tommy  $76,39 \pm 1,62\text{ mg CE}/100\text{g}$ ,  $11,21 \pm 0,01\text{ mg QE}/100\text{g}$ ,  $23,20 \pm 1,63\text{ mg RU}/100\text{g}$  y  $3,54 \pm 0,21\text{ mg KMF}/100\text{g}$ .

Gómez et al. (2016) determinan los compuestos fenólicos en los subproductos de mango español keitt (cáscara y almendra) por HPLC-DAD-ESI-qTOF-MS obteniendo solo en la cáscara  $42,16 \pm 0,80\text{ mg QE}/100\text{g}$ .

## 2.2. Base teórica

### 2.2.1. Mango

La fruta del mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a la familia Anacardiaceae del orden de los Sapindales y se cultiva en muchas partes del mundo, principalmente en los países tropicales (Oliveira et al., 2016).

Está constituido por una cáscara exterior (exocarpio), lisa y verde en el mango inmaduro, pero amarillo dorado, rojo carmesí, amarillo o rojo anaranjado en frutos maduros, según el tipo de cultivo. El endocarpio es un gran núcleo ovoide-oblongo que contiene una sola semilla. La pulpa (mesocarpio) es de color amarillo anaranjado, bien dotado de numerosas fibrillas blandas. Su sabor es agradable, dulce con leve acidez (Lauricella et al., 2017). Su peso puede oscilar entre 100g hasta 800g dependiendo de la variedad. En la tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica del mango (Mangifera indica L.)*

Clasificación científica	Mango
Reino	Plantae
División	Fanerógamas
Sub División	Angiosperma
Clase	Dicotiledoneae
Sub Clase	Archichramydeas
Orden	Sapindales
Familia	Anacardeaceas
Sub Familia	Proanacaediaceae
Género	<i>Mangifera</i>
Especie	<i>Mangifera Indica</i> L.

*Nota.* Alfaro, (2019)

### ***2.2.1.1.Variedades de mango cultivadas en el Perú***

BIOPAT (2018) clasifica las variedades de mango de la siguiente manera:

- a) Edward: De sabor dulce y picante, sin fibra, puede variar en color, de rosa a amarillo, y tiene forma redonda u oblonga.
- b) Kent: Pulpa jugosa y tierna con fibra limitada su color es verde oscuro y a menudo tiene un rubor rojizo oscuro sobre un área pequeña del mango, es grande con forma ovalada, pesando aproximadamente de 500 a 800 gramos.
- c) Haden: La pulpa firme se debe a fibras finas, es de color rojo vivo con matices verdes y amarillos y puntitos blancos, es mediano a grande con forma ovalada a redonda, pesando aproximadamente de 380 a 700 gramos.
- d) Tommy Atkins: De pulpa firme debido a su constitución fibrosa, tiene un rubor rojizo oscuro cubre la mayor parte de la fruta con acentos de color verde y anaranjado amarilloso, es mediano a grande con forma ovalada u oblonga, pesando aproximadamente 600 gramos.
- e) Mango criollo de la región Lambayeque: Es un fruto pequeño, fibroso y de pulpa dulce, proviene de distintas zonas del departamento de Lambayeque, y su periodo de cosecha es de enero a marzo. Su peso es de 100 a 330 gramos.

### ***2.2.1.2.Partes anatómicas del mango***

- **La pulpa**

Es la parte comestible de la fruta obtenido de la separación de los subproductos, como la cascara y la semilla, mediante procesos tecnológicos adecuados o manualmente. El rendimiento de la pulpa, depende de la variedad, así el mango criollo tiene menor cantidad comparado con las otras variedades que oscilan entre 72 y 82% del peso total del fruto.

- **La cáscara (piel)**

Es la capa protectora de la fruta, la cual durante el procesamiento industrial es un subproducto que se genera en grandes cantidades (12-19% del peso total del fruto). El color de la cáscara depende de la variedad.

- **La semilla**

Se compone de una capa exterior fibrosa (endocarpio) que es gruesa y dura y encierra una almendra, la cual está recubierta de una membrana delgada, de color marrón llamada tegumento. El tamaño de la almendra depende de la variedad de mango, así en el mango criollo la almendra es más pesada en comparación con las otras variedades de mango.

### ***2.2.1.3. Valor nutricional del mango***

El mango es una valiosa fuente de compuestos antioxidantes con muchos beneficios para la salud:

El mango se utiliza como alimento en todas las etapas de su desarrollo. Durante el proceso de maduración, la fruta es inicialmente ácida, astringente y rica en ácido ascórbico. La fruta del mango contiene aminoácidos, carbohidratos, ácidos grasos, minerales, ácidos orgánicos, proteínas y vitaminas. (Caballero et al., 2016, p. 644)

En la tabla 2 se presenta el valor nutricional del mango:

**Tabla 2***Valor alimentario del mango (100 g de fruta fresca)*

Componente	Contenido
Calorías (Kcal)	62,10-63,70
Humedad (g)	78,90-82,80
Proteínas (g)	0,36 - 0,40
Grasa (g)	0,30 - 0,53
Carbohidratos (g)	16,20-17,18
Fibra (g)	0,85 - 1,06
Ceniza (g)	0,34 - 0,52
Calcio (g)	6,10 -12,80
Fósforo (g)	5,50 -17,90
Hierro (g)	0,20 - 0,63

*Nota.* Caballero et al. (2016)

### **2.2.2. Residuos y su valorización**

Uno de los ejes relevante de la ley de gestión integral de residuos sólidos y su reglamento es el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM el cual considera la recuperación y valorización de los residuos sólidos, considerando “la basura” como recursos y no como amenazas. El Artículo 65 estipula:

La valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos sólidos. Son consideradas operaciones de valorización: reciclaje, compostaje, reutilización, recuperación de aceites, bio-conversión, coprocesamiento, coincineración, generación de energía en base a procesos de biodegradación, biochar, entre otras alternativas posibles y de acuerdo a la disponibilidad tecnológica del

país. Los generadores del ámbito de la gestión no municipal pueden ejecutar operaciones de valorización respecto de sus residuos sólidos. (D.S. 014-2017-MINAM)

Los residuos de frutas presentan una alta posibilidad de ser aprovechados o reutilizados generando beneficios para el medio ambiente y la sociedad, al reciclarse y utilizarse como compostaje para minimizar la contaminación ambiental (Hernández et al., 2016).

Los residuos del mango son fuente importante de compuestos bioactivos, entre los que se incluyen carotenoides, flavonoides, antocianinas, polifenoles, pectina, mangiferina, fibra dietaria y ácidos grasos poliinsaturados (García, M et al. 2015), los cuales tienen un efecto positivo para la salud, en la prevención de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares.

### **2.2.3. Compuestos fenólicos**

También llamados polifenoles, son un tipo de metabolitos secundarios distribuidos ampliamente en el reino vegetal; poseen un anillo aromático el cual está unido a uno o más grupos hidroxilo y se caracterizan por presentar propiedades biológicas, farmacológicas y medicinales (Castro et al., 2015).

**Tabla 3***Clasificación de los polifenoles y ejemplos de ellos*

Estructura Química	Tipo	Ejemplo de polifenol
C6	Fenol	Eugenol
C6-C1	Acido fenólico Acido benzoico	Ácido gálico Ácido elágico
(C6-C1)n	Taninos hidrolizables	
C6-C2	Ácido fenil acético	
C6-C3	Ácido hidroxicinámico Cumarinas	Ácido cafeico Ácido ferúlico
(C6-C3)2	Lignanós	
C6-C1-C6	Benzofenonas Xantonas	
C6-C2-C6	Estilbenos	Resveratrol
C6-C3-C6	Flavonoides	Flavonoles Flavonas Flavononas Flavanoles Isoflavonas Antocianinas
	Chalconas	
(C6-C3-C6)n	Proantocianinas (taninos $4 \leq n \leq 11$ )	

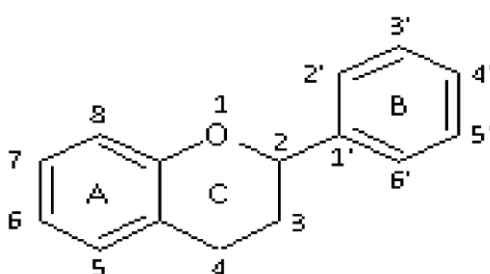
*Nota.* García, E. et al., 2015**2.2.3.1. Flavonoides**

Los flavonoides son metabolitos secundarios correspondientes a los polifenoles, que tienen una estructura variada, que se encuentran en forma de agliconas o glucósidos en muchas frutas y verduras (Li et al., 2017).

“Los flavonoides tienen una estructura química de 15 carbonos constituidos por un esqueleto común de fenil-benzo- $\gamma$ -pirano: dos anillos de benceno (anillo A y B) están unidos entre sí a través de un tercer anillo heterocíclico de pireno que contiene oxígeno”. (Li et al., 2017 y Karak, 2019)

**Figura 1**

*Estructura básica de flavonoide*



*Nota.* Adaptado de Karak (2019)

- **Clasificación de los flavonoides**

Según Karak, (2019, p. 1569):

Flavonoles: kaempferol, quercetina, miricetina y fisetina.

Flavonas: Crisina, apigenina, rutina, luteolina y glucosidos, tengeritina.

Flavononas: Naringina, naringenina, taxifolina y hesperidina.

Flavanoles: Catequina, epicatequina, epigallocatequina, glausan-3-epicatequina y proantocianidinas.

Isoflavonas: Genisteína y daidzeína.

Antocianidinas: Apigenidina, cianuración, delfinidina, pelargonidina y malvidina.



#### **2.2.3.2. Polifenoles en residuos de mango**

- **En la cáscara de mango**

El contenido de polifenoles en la cáscara varía de 55 a 110mgEAG/g de peso seco, y se encuentran niveles más altos en la cáscara madura que en la inmadura (Ajila et al., 2007)

Los compuestos polifenólicos de la cáscara del mango (*Mangifera indica* L.) incluyen mangiferina (169,0mg/100g), quercetina (6,5mg/100g), ramnetina (9,4mg/100g), kaempferol (3,6mg/100g). (Dar et al., 2016)

- **Semilla de mango (almendra)**

Ballesteros et al. (2019) determina que la almendra es una fuente prometedora de nutraceuticos y se caracteriza por su alto contenido de fitoquímicos tales como ácidos fenólicos, flavonoides, catequinas, taninos hidrolizables y xantanoides.

Abdalla et al. (2007) cuantifica los polifenoles totales en la semilla de mango de alrededor de 112mg/100g, y otros componentes como taninos (20,7mg/100g), ácido gálico (6,0mg/100g), cumarinas (12,6mg/100g), ácido cafeico (7,7mg/100g), vainillina (20,2mg/100g), mangiferina (4,2mg/100g), ácido ferúlico (10,4mg/100g), ácido cinámico (11,2mg/100g) y compuestos no identificados (7,1mg/100 g).

#### **2.2.3.3. Composición de flavonoides en el mango**

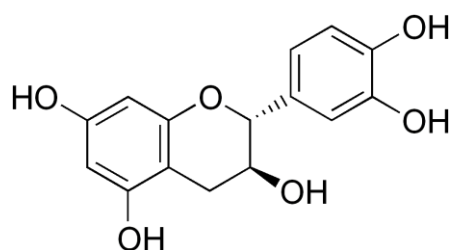
Catequina, rutina, kaempferol y quercetina son los principales flavonoides encontrados en *Mangifera indica* (Da Silva et al., 2018; Marcillo et al., 2021; Castro-Vargas et al., 2019)

- **Catequina**

Un número creciente de estudios han asociado la ingesta de alimentos ricos en catequinas con la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas en humanos, como enfermedad inflamatoria intestinal (EII) (Fan et al., 2017)

**Figura 2**

*Estructura química de catequina*



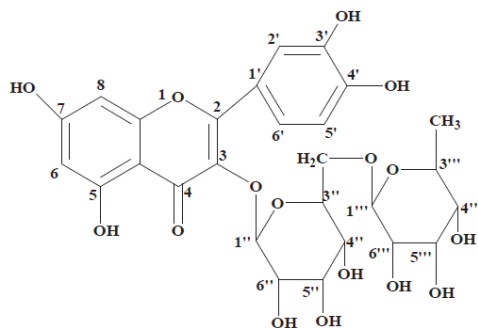
*Nota.* Adaptado de Fan, F. et al. (2017)

- **Rutina**

Presenta muchas actividades biológicas favorables, incluidas las antiinflamatorias y antivirales (Yang, et al., 2021).

**Figura 3**

*Estructura química de rutina*



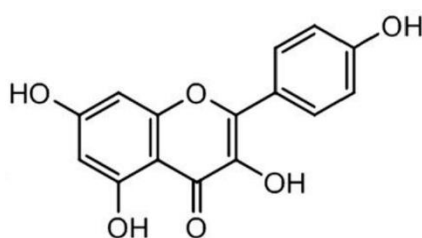
*Nota.* Adaptado de Yang et al. (2021)

- **Kaempferol**

Es un flavonoide natural ampliamente distribuido en frutas y verduras con amplia bioactividad de antioxidante, anticancerígeno, antidiabético, antimicrobiano, cardioprotector y anti-asma (Duan et al., 2017).

**Figura 4**

*Estructura química del kaempferol*



*Nota.* Adaptado de Duan et al. (2017)

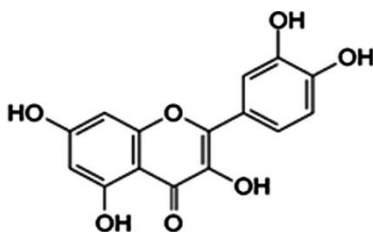
- **Quercetina**

“La quercetina (3, 3', 4', 5, 7-pentahidroxiflavona) (Figura 5), pigmento vegetal, es un potente flavonoide antioxidante y más específicamente un flavonol, que se encuentra principalmente en cebollas, uvas, bayas, cerezas, brócoli y frutas cítricas” (Anand et al., 2016, pp. 84-85). La quercetina tiene una amplia gama de acciones biológicas que incluyen anti-cancerígenos, antiinflamatorios y actividades antivirales (Li et al., 2016).

“Es de color amarillo y es poco soluble en agua caliente, bastante soluble en alcohol y lípidos y es insoluble en agua fría” (Anand et al., 2016, p. 85).

**Figura 5**

*Estructura química de la quercetina*



*Nota.* Adaptado de Anand et al. (2016)

#### **2.2.4. Técnicas de determinación y cuantificación de polifenoles totales y flavonoides**

##### ***2.2.4.1. Espectrofotometría UV–visible***

Esta técnica se utiliza para la determinación de polifenoles totales y flavonoides totales mediante colorimetría.

La espectroscopia UV-Vis utiliza la radiación del espectro electromagnético, cuya longitud de onda está comprendida entre los 200 y los 800 nm, y su efecto sobre la materia es producir transiciones electrónicas entre los orbitales atómicos y/o moleculares de la sustancia (Hidalgo y Mamani, 2018). Debido a su estructura, los flavonoides presentan espectros de absorción distintos, tanto en la región visible como en la ultravioleta, los cuales sirven para identificar los tipos de los flavonoides por sus espectros de absorción.

##### ***2.2.4.2. Cuantificación de polifenoles totales***

En la actualidad, la cuantificación de los fenoles totales es llevada a cabo mediante dos métodos que se fundamentan en reacciones de oxido-reducción:

- Folin-Ciocalteu: el ión fenolato es oxidado (en medio alcalino) mientras que el reactivo fosfotúngstico-molíbdeno es reducido, formando un complejo color azul (cromóforo).
- Price y Butler: el ión fenolato es oxidado, mientras que el ion férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) es reducido a ión ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) que se detecta con el reactivo ferricianuro de potasio mediante la formación de un complejo azul ( $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ).

El contenido de fenoles totales se expresa como (mgEAG/g de material seco) (Ricco et al., 2015). El método de Folin-Ciocalteu es el más empleado debido a su confiabilidad y reproductividad de resultados (Garcia, 2020).

#### **2.2.4.3. Espectrometría UV-visible**

El método más usual para un análisis preliminar de la estructura de un flavonoide es la absorción UV-Vis; esta técnica es utilizada para identificar el tipo de flavonoide. Los estudios sobre flavonoides por espectrometría UV han revelado que gracias a los anillos bencénicos que poseen en su estructura, son capaces de absorber radiación ultravioleta. La mayoría de los flavonoides exhiben dos principales bandas de absorción: la banda I (320-385 nm) representa la absorción de anillo B mientras que la banda II (250-285 nm) corresponde al anillo aromático A. (Gaete, 2018, p. 18)

#### **2.2.4.4. Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC)**

HPLC es una técnica analítica de uso común para la separación e identificación de sustancias biológicas en una solución de mezcla, permite la separación e identificación

simultáneas de una amplia gama de ácidos fenólicos y flavonoides de una muestra (Kuppusamy et al., 2018).

La cromatografía líquida de alta presión se encuadra dentro de la cromatografía de elución. En ésta, un líquido (fase móvil) circula en íntimo contacto con un sólido u otro líquido inmiscible (fase estacionaria); al introducir una mezcla de sustancias (analitos) en la corriente de fase móvil, cada analito avanzará a lo largo del sistema con una velocidad diferente que dependerá de su afinidad por cada una de las fases. Esto supone que después de terminado el recorrido de la muestra por la columna, cada una de las sustancias introducidas en el sistema eluirá con un tiempo diferente, es decir, estarán separadas. (Chavez, 2018, p. 17).

Inicialmente, la separación completa de los flavonoides naturales plantea problemas relacionados con la amplia gama de polaridades y la tendencia de flavonoides de polaridad similar para eluir en grupos. Fase invertida (RP) es comúnmente la fase estacionaria de elección. La encuesta de investigaciones durante las últimas décadas reveló que el mayor número de separación se ha hecho en las columnas RP-C18 y RP-C8 evitando la probabilidad de retención de flavonoides dentro de las columnas de fase normal (NP) debido a la alta polaridad de estos compuestos además de los grupos de enlace como moléculas de sacáridos (Subhi et al., 2021).

La fase móvil típicamente comprende agua, sustancias orgánicas, que contienen metanol (MeOH) y/o acetonitrilo (ACN), mientras que la fase acuosa incluye un modificador ácido

como el ácido acético glacial, ácido fórmico, ácido fosfórico o trifluoroacético (Subhi et al., 2021).

En los últimos años, algunas tecnologías mejoradas de fase estacionaria se han obtenido para la separación de flavonoides. Ambos Fused-Core® tecnología de columna (FCC) que depende de un sustrato de sílice de núcleo fundido con una capa de sílice porosa recubierta y columna monolítica tecnología (MC), que consisten en una barra de sílice porosa, han sido diseñado para ofrecer la mejora en la reducción del pico de la ruta de difusión para permitir una rápida transferencia de masa, proporcionando así más selectividad, eficiencia de separación y alta reproducibilidad en menos tiempo de análisis y menos contrapresión que las columnas particulares tradicionales. Algunos trabajan en la columna MC-C18 aplicada para la separación efectiva de flavonoides en muestras de alimentos que fueron reportados. La nota de resultados de la observación que esta tecnología mejoró claramente la eficiencia de separación al reducir el tiempo de análisis con la separación de 11 flavonoides a 15 min (Subhi et al., 2021).

#### ***2.2.4.5. Espectrometría de masas***

La espectrometría de masas permite determinar la masa de la molécula y a partir de esta se infiere la fórmula molecular. La necesidad de convertir las moléculas neutras en iones para realizar el espectro de masas ha condicionado el desarrollo de diversos modos de ionización. Las especies ionizadas pueden ser fragmentadas, lo que origina patrones de fragmentación que favorecen la caracterización estructural. Se conoce que el modo de ionización influye en el modo de fragmentación de las moléculas. La ionización electrónica (EI) y la ionización por electronebulización (ESI) son dos de los modos de ionización

más empleados en el análisis estructural de flavonoides. (Cuesta et al., 2015, p. 65)

El proceso en sí tiene lugar en la fuente de ionización. Los iones generados son acelerados hacia un analizador y separados en función de su relación masa/carga mediante la aplicación de campos eléctricos, magnéticos o determinando el tiempo de llegada a un detector. Cuando los iones llegan a este, producen una señal eléctrica que se envía al ordenador. El registro que se obtiene se llama Espectro de masas y, en general, es una información bidimensional que representa un parámetro relacionado con la abundancia de los diferentes tipos de iones en función de la relación masa/carga de cada uno de ellos (Formación Alcalá, 2021).

### **Espectrometría de masas acoplado al HPLC**

La espectrometría de masas por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC-MS) es una herramienta ideal para la identificación, la cuantificación y el análisis de masas y se utiliza para determinar la composición química y la pureza de los productos químicos. HPLC-MS tiene una alta sensibilidad y es óptimo para realizar análisis cuantitativos precisos y reproducibles. Las técnicas de cromatografía líquida de alta resolución son ideales para compuestos termolábiles, como proteínas y vitaminas en productos alimenticios.

HPLC-MS es adecuado para muestras en forma líquida. Para matrices de muestra sólidas, será necesaria la preparación de la muestra. Los compuestos



que se están determinando deben extraerse con un solvente y filtrarse antes del análisis.

La combinación de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y espectrometría de masas (MS) ofrece grandes capacidades en la separación física y el análisis de masas proporcionando datos precisos de la composición de la muestra. (Measurlabs, 2022)

Los espectrómetros de masas de cuadrupolo son los instrumentos de espectrometría de masas más simples. Funcionando efectivamente como una radio, el cuadrupolo MS, llamado así por sus cuatro varillas cargadas, que corren paralelas a las trayectorias de vuelo de los iones que mide, filtra iones por relación masa-carga ( $m/z$ ) alterando los voltajes en las varillas.

Los analizadores de masas de cuadrupolo se utilizan a menudo para aplicaciones cuantitativas específicas y se pueden utilizar para medir uno o unos pocos iones determinados en una mezcla, o para escanear en un rango de valores  $m/z$  (Labcompare, 2022).

## **DETECTORES USADOS EN HPLC**

### **Detector de arreglo de diodos (DAD)**

Se utiliza para generar información sobre la identidad, la cantidad y la pureza de las separaciones de muestras a medida que salen de la columna (Roberts, 2014).

### **2.2.5. Análisis estadístico**

#### **2.2.5.1. Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR)**

Este diseño se emplea cuando se quiere explorar una región que se espera sea más compleja o cuando se cree que el punto óptimo ya se encuentra dentro de la región experimental. El DCCR es el más utilizado en la etapa de búsqueda de segundo orden; debido a su flexibilidad, se puede construir a partir de un diseño factorial completo  $2^k$ , en el cual se consideran  $k$  factores,  $2^2$  dos factores en dos niveles en cada uno, 4 combinaciones o tratamientos,  $2^3$  tres factores en dos niveles cada uno, 8 tratamientos (Gutiérrez y De la Vara, 2008). Para el caso de 2 o 3 variables independientes se recomienda realizar un diseño compuesto central rotacional (DCCR) Un diseño compuesto central rotacional o factorial completo está conformado por formulaciones con condiciones factoriales, axiales y con condición de punto central (repeticiones). (Villanueva, 2018).

#### **2.2.5.2. Metodología de superficie de respuesta (MSR)**

Es una colección de técnicas matemáticas y estadísticas útiles en el modelado y el análisis de problemas, en los que una respuesta de interés, recibe la influencia de diversas variables y donde el objetivo es la optimización (Montgomery, 2011).

La superficie de respuesta (SR) se define como la representación geométrica de la función objetivo (relación entre la variable dependiente y las independientes consideradas en la investigación) o más propiamente dicho del modelo matemático obtenido (Montgomery, 2011).

En la mayoría de los problemas de MSR, la forma de la relación entre la respuesta y las variables independientes es desconocida. Por lo general, se emplea un polinomio de orden inferior en alguna región de las variables independientes. Si la respuesta está bien modelada por una función lineal de las variables independientes, entonces la función de aproximación es el modelo de primer orden:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

Si hay curvatura en el sistema, entonces debe usarse un polinomio de orden superior, tal como el modelo de segundo orden (diseño compuesto central rotacional):

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum_{ii} \beta_i^2 x_i^2 + \sum \sum_{ij} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

En casi todos los problemas MSR usa uno de estos modelos o ambos.

### **III. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Lugar de ejecución de la investigación**

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de investigación y servicios técnicos y en la unidad de espectrometría de masas de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

#### **3.2. Población y muestra**

##### **Población**

Mango maduro de las variedades (edward, kent, haden y criollo) procedente del mercado Moshoqueque del distrito de José Leonardo Ortiz de la provincia de Chiclayo del Departamento de Lambayeque utilizando el muestreo por conveniencia.

##### **Muestra**

1 kg de residuos de mango (cáscaras y almendras) de cada variedad codificadas CME (cáscara de mango edward), CMK (cáscara de mango kent), CMH (cáscara de mango haden), CMC (cáscara de mango criollo), AME (almendra de mango edward), AMK (almendra de mango kent), AMH (almendra de mango haden) y AMC (almendra de mango criollo).

#### **3.3. Tipo de investigación**

##### **3.3.1. Para el análisis proximal de las cáscaras y almendras de las cuatro variedades de mango**

Descriptiva, comparativa

### **3.3.2. Determinación de polifenoles totales**

Diseño experimental

Para la optimización y evaluación de la dependencia de la variable dependiente (concentración de polifenoles totales en cáscaras y almendras de las cuatro variedades de mango) con relación a las variables independientes (concentración del solvente (%), tiempo de extracción (min), relación muestra (g)/solvente (ml)), el diseño utilizado fue el compuesto central rotacional (DCCR).

### **3.3.3. Determinación de flavonoides**

Diseño factorial 2x2x4 por triplicado (factor residuo: Cáscara (C) y almendra (A); factor solvente: etanol y metanol; factor variedad (E, K, H, Cr).

## **3.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales**

### **3.4.1. Equipos de laboratorio**

- Estufa marca Memmert
- Estufa marca Binder
- Mufla marca Thermo SCIENTIFIC
- Mufla marca prothErm FURN<sup>^</sup>CES
- Equipo Kjeldahl marca velp scientifica SMS scrubber
- Extractor de Soxhlet marca Boeco Germany
- Rotavapor Buchi 110R
- Equipo digestor
- Desecador marca Lab Companion
- Equipo de filtración marca PALL Life sciences

- Cámara frigorífica a -20°C marca Ílshin BioBase
- Cámara de conservación a 20°C marca velp scientifica
- Plancha de calentamiento thermo scientific
- Campana extractora ESCO Laboratory fume Hood
- Equipo de filtración al vacío
- Liofilizador marca BioBase modelo BK-FD10PT
- Molino universal Marca IKA/M 20 (0.074 mm)
- Juego de tamices marca TYLER U.S.A STANDARD TEST SIEVE
- Multi rotator Multi Bio RS-24 marca Boeco-Germany
- Balanza analítica de 220g de 5 decimales marca KERN AEJ
- Balanza analítica de 2500g de 2 decimales marca KERN PCB
- Balanza analítica de 300g de 2 decimales marca EXCELL
- Centrífuga refrigerada marca Pro Analytical
- Espectrofotómetro UV-Visible marca pg instruments T92+
- Cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS–2020

#### **3.4.2. Reactivos y soluciones**

- Agua ultra pura
- Hipoclorito de sodio
- Etanol grado HPLC y grado MS
- Metanol grado HPLC y grado MS
- Estándar ácido gálico GA

- Ácido acético grado MS
- Acetonitrilo grado HPLC y grado MS
- Ácido fórmico
- Estándar de quercetina GA
- Sulfato de potasio
- Ácido sulfúrico concentrado GQ
- Hidróxido de sodio GQ
- Ácido bórico GQ
- Ácido clorhídrico GQ
- Cloroformo
- Sulfato de sodio anhidro
- Folin-Ciocalteu

### **3.4.3. Materiales**

- Cuchillo de acero inoxidable marca Selika
- Cuchara de acero inoxidable marca STAINLFSS-FACUSA
- Bolsas herméticas para alimentos pequeñas (16.5 x 14.9 cm) y medianas (17.5 x 20cm)
- Jeringas de 5ml
- Jarra medidora de 2L marca BASA

- Vasos de precipitados de 10, 20, 50, 100, 500 y 800 ml marca SCHOTT (DURAN) y Kyntel
- Fiolas de vidrio de 10 y 50ml marca DE-M
- Micropipetas de 2,5; 20; 100; 200 y 1000  $\mu$ l marca Transferpette S
- Tubos de fondo cónico de plástico de 15ml marca usalab
- Tubos de plástico de 5ml marca usalab
- Tubos fondo plano con tapa rosca de 5 ml
- Papel filtro marca ISO LAB
- Filtro de jeringa de 0,22 y 0,45 $\mu$ m
- Filtro de membrana de celulosa de 0,22 $\mu$ m
- Jeringas sin aguja de 3ml y 5ml
- Mortero de porcelana
- Balones de fondo plano de 500ml
- Crisoles de porcelana de 125ml
- Placas Petri
- Pinzas de metal
- Filtro de membrana de nylon marca Membrane Solutions
- Gradillas
- Viales con tapa septa de 2ml

### **3.5. Métodos de análisis**

#### **3.5.1. Análisis físico**

3 kg de mangos maduros de cada variedad (edward, kent, haden y criollo) fueron lavados con agua corriente y sumergidos en solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) por 5 min,



secados con papel toalla. Posteriormente se separó las cáscaras y semillas (almendras) con un cuchillo y cuchara de acero inoxidable y luego fueron pesados y expresados en porcentaje (%).

### **3.5.2. Análisis proximal**

#### ***3.5.2.1.Preparación de la muestra***

Las muestras de cáscaras y almendras previamente congeladas a -20°C en una cámara frigorífica marca Ílshin BioBase, fueron secadas en un liofilizador BioBase modelo BK-FD10PT a temperaturas de -45 a -50°C por 2 h, y cuando la temperatura alcanzó a -56°C (sublimación) a presión de 5 y 7 Pa por un tiempo de 18 a 24h dependiendo del tipo de muestra, hasta alcanzar una temperatura de 28,5 °C (T° ambiente), al termino del cual se procedió a la molienda en el molino universal marca IKA/M 20 por un periodo de 1,50 min para la cáscara y 3,00 min para la almendra, luego se tamizó hasta alcanzar un tamaño de partícula de 300 a 150µm de diámetro (malla 100). Las muestras liofilizadas y molidas fueron empacadas en bolsas herméticas autosellables previamente codificadas y pesadas, forradas con papel aluminio, almacenadas en una cámara de conservación marca velp científica a 20° C hasta la realización de los análisis.

#### ***3.5.2.2.Caracterización***

Los residuos (cáscaras y almendras) de las variedades de mango (edward, kent, haden, criollo) fueron analizados con los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC).

**Tabla 4***Métodos de análisis químico proximal*

Análisis	Método
Humedad	AOAC. 925.10-2016
Ceniza	AOAC. 930.05-2012
Grasa	AOAC. 930.09-2016
Proteína	AOAC. 978.04-2012
Fibra	AOAC. 962.09-2016
Carbohidratos totales	Se determinó por diferencia.

*Nota.* Latimer, 2012 y 2016

A continuación, se describe la metodología de los análisis:

➤ **Humedad (AOAC 925.10)**

Se pesó 2g de muestra y se llevó a la estufa a 130°C, durante 1 hora.

$$\%Humedad = \frac{M - (A - B)}{M} \times 100$$

Peso de la muestra = M

Peso del crisol vacío = B

Peso del crisol + muestra después del secado = A

➤ **Ceniza (AOAC 930.05)**

2 g de muestra se colocó en un crisol de porcelana y se llevó a la estufa a 100°C durante 40 min, al termino del cual se trasladó a la mufla a 600°C durante 2 horas. Posteriormente el crisol se colocó en el desecador durante 50 min, se enfrió y se pesó inmediatamente.

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{peso del crisol vacío}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

➤ **Grasa (AOAC. 930.09)**

Se utilizó el método Soxhlet, 5g de muestra se colocó en un cartucho, y este en el equipo

Soxhlet; como agente extractor se usó cloroformo; la extracción con reflujos continuos se realizó hasta 7 sifoneadas, al término del cual se concentró en un rotavapor (Buchi 110R), para recuperar el solvente y finalmente se dejó enfriar en un desecador. Se pesó el residuo para calcular el peso total de las grasas. El porcentaje de grasas se calculó:

$$\% G = \frac{m_2 - m_1}{M} \times 100$$

Donde:

M= peso de la muestra

m<sub>1</sub>= masa inicial (peso del balón vacío)

m<sub>2</sub>= masa final (peso del balón + peso de la grasa extraída)

#### ➤ **Proteína (AOAC 978.04)**

Se utilizó el método de Kjeldahl, se pesó 2 g de muestra y se sometió al proceso de digestión utilizando K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (15g), y solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 98% (25ml). Se calentó la solución en el digestor Kjeldahl observándose aclaramiento de la solución, el arrastre por vapor es recepcionado con solución de NaOH al 50% p/v para neutralizar la muestra, para ello se utilizó como refrigerante agua fría. Se conectó inmediatamente el matraz al bulbo de destilación del condensador y se colocó la punta del condensador sumergida en ácido bórico al 4%, seguidamente se calentó hasta que todo el NH<sub>3</sub> se haya destilado (> 150 ml de destilado). Finalmente, se tituló con HCl 0,1N para expresar la proteína en relación al nitrógeno presente en ella. Se trabajó con el factor de 6,25 para frutas.

$$\%P = \frac{V_{HCl} \times N_{HCl} \times F \times 0,014}{M}$$

Donde:

M, gramos de muestra utilizada.

$N_{HCl}$ , normalidad del HCl utilizado en la titulación: 0,1

$V_{HCl}$ , volumen de HCl consumido en la titulación.

F, factor utilizado para la conversión de % nitrógeno a % de proteína: 6,25

➤ **Fibra (AOAC 962.09)**

Se pesó 1 g de muestra, a la cual se le adicionó 100 ml de  $H_2SO_4$  al 1,25% y se llevó al equipo digestor por 30 min, al termino del cual se activó la bomba de filtración, después se lavó con 100 ml de agua destilada caliente hasta que se verificó el fin de la reacción ácida, se adicionó 100 ml de NaOH (1,25%) caliente, se hirvió con agitación por 30 min, seguidamente se filtró y lavó hasta que el líquido de los lavados no presentó reacción alcalina, se comprobó con papel indicador, luego se llevó a la estufa a 130°C por 2 horas y finalmente se calcinó a 600 °C por 30 min hasta obtener cenizas claras y fueron pesadas.

$$\% \text{ Fibra} = \frac{P_1 - P_2}{P_m} \times 100 \times \frac{100 - \%G}{100}$$

Donde:

$P_m$  = Peso en g de la muestra

$P_1$  = Peso de la muestra digerida y seca

$P_2$  = Peso del residuo de la calcinación

% G = Porcentaje de grasa

➤ **Carbohidratos**

Fue obtenida por diferencia entre los demás componentes mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{Humedad} + \% \text{Ceniza} + \% \text{Grasa} + \% \text{Proteína} + \% \text{Fibra})$$

### **3.5.3. Determinación de polifenoles totales**

#### ***3.5.3.1.Preparación de extractos***

Pesos de muestras liofilizadas de cáscaras y almendras de las cuatro variedades de mango según la tabla 5 se mezclaron en forma separada con solución etanólica (etanol GA + agua ultra pura), se colocaron en un tubo de fondo cónico de plástico de 15ml, luego se procedió a agitarlo en un Multi-Rotator Multi Bio RS-24 Boeco Germany, a 90 rpm (orbital), 45 deg (Reciprocal) 5° (vibro/pausa) por un tiempo determinado tal como se indica en la tabla 5, después se llevó a la centrífuga Pro Analytical a 5000 xg, a 4° C / 15min , al termino del cual se separó el sobrenadante (extracto) y se llenó en dos tubos de plástico de 5ml de volumen separando uno (R1) para el análisis de polifenoles y otro (R2) para el de flavonoides. Finalmente, los tubos con el extracto se forraron con papel aluminio y se almacenaron a -20° C en una cámara frigorífica ultra low temperatura freezer ilshin BioBase hasta el análisis.

#### ***3.5.3.2.Preparación de la curva de ácido gálico***

En un matraz Erlenmeyer de 100ml se colocó 0,05g de ácido gálico, se agregó 10 ml de etanol y 100,144μL de agua ultra pura (solución patrón). Posteriormente, se extrajo de la solución patrón 5 concentraciones 40μL (20ppm), 100μL (50ppm), 200μL (100ppm), 500μL (250ppm) y 1000μL (500ppm) y se colocaron en 5 fioles de 10ml diluyendo con agua ultra pura hasta alcanzar los 10ml. Luego en 5 matraces de 125ml se colocaron 1ml de las soluciones anteriores y se diluyeron con agua ultra pura hasta alcanzar un volumen de 75ml, a los cuales se les agregó 5ml de Folin-Ciocalteu, se dejó reposar la mezcla en una cámara de conservación a 20°C por 8min, al termino del cual se agregó 15ml de NaOH

0,3M y 9ml de agua ultra pura y se dejó incubando en una cámara de conservación a 20°C por 2h. Finalmente se leyó su absorbancia en un espectrofotómetro UV-vis a 765nm.

### ***3.5.3.3.Determinación del contenido de polifenoles totales***

Se utilizó la metodología descrita por Singleton et al. (1999) y Magalhães et al. (2010) con algunas modificaciones De los extractos etanólicos de cada muestra (CME, CMK, CMH, CMC, AME, AMK, AMH, AMC), obtenidos de la tabla 5, previamente filtrados con un filtro de membrana de celulosa de 0,22µm, se tomaron 100µL y transferidos a tubos de fondo cónico de plástico de 15ml. Posteriormente se añadieron 7,9ml de agua ultra pura y 500µL de reactivo Folin-Ciocalteu, se dejaron incubando en una cámara de conservación a 20°C por 8min, transcurrido el tiempo se retiró de la cámara y se completaron a 10ml con 1500µL de NaOH 0,3M, las mezclas se incubaron por 2h en una cámara de conservación a 20°C. Finalmente se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro UV-vis a 765nm. El ácido gálico se utilizó como estándar para construir la curva de calibración. El contenido de polifenoles totales se calculó y expresó como mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de peso de cáscara y almendra seca (mgEAG/100g).

$$\frac{mg \text{ Ac.gálico}}{100g \text{ muestra}} = C\left(\frac{mg}{l}\right) \times \frac{10ml \text{ sol.etanólica}}{Xg \text{ muestra seca}} \quad (\text{Magalhães et al., 2010})$$

**Tabla 5***Tratamientos según el DCCR*

Tratamiento	Etanol (%)	Tiempo (min)	g muestra/10ml sol.	Polifenoles totales (mgEAG/100 g)
	X1	X2	X3	Y
1	68,10	42,20	0,44	
2	68,10	42,20	0,86	
3	68,10	77,80	0,44	
4	68,10	77,80	0,86	
5	91,90	42,20	0,44	
6	91,90	42,20	0,86	
7	91,90	77,80	0,44	
8	91,90	77,80	0,86	
9	59,98667	60,00	0,65	
10	100,0133	60,00	0,65	
11	80,00	30,06409	0,65	
12	80,00	89,93591	0,65	
13	80,00	60,00	0,296823506	
14	80,00	60,00	1,003176494	
15 (C)	80,00	60,00	0,65	
16 (C)	80,00	60,00	0,65	
17 (C)	80,00	60,00	0,65	
18 (C)	80,00	60,00	0,65	

*Nota.* 2022**3.5.4. Determinación del contenido de flavonoides****3.5.4.1.Extracción**

**Extractos etanólicos:** Se tomó los extractos óptimos obtenidos según el DCCR (Tabla 5).

**Extractos metanólicos:** Se aplicó el método de Gómez et al. 2016. Se pesó 0,5 g de 4 muestras liofilizadas (cáscaras) y 4 (almendras) se disolvieron en 10 ml de una solución de metanol/agua (80:20, v/v), se agitó por 30min y luego se llevó a la centrifuga,

obteniendo una solución sobrenadante (extracto) y un sedimento, al cual se realizó una reextracción con la misma cantidad de solvente.

#### ***3.5.4.2.Preparación de la curva de calibración de quercetina***

En un matraz Erlenmeyer de 25ml se colocó 0,01004g de quercetina (estándar) y 10,04ml de metanol (solución patrón), se pasó por el ultrasonido por 5min. Posteriormente, se extrajo de la solución patrón 5 concentraciones 1μL, 5μL, 10μL, 100μL y 200μL y se colocaron en 5 fioles de 10ml diluyendo con agua ultra pura hasta alcanzar los 10ml. Finalmente se leyó su concentración en un cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS–2020 (Método modificado de Irakli, et al. 2021).

#### ***3.5.4.3.Lectura de quercetina en extractos etanólicos***

Se tomó aproximadamente 1ml de los extractos óptimos hallados según el DCCR (tabla 5), se filtraron con un filtro de jeringa de 0,45μm de diámetro y se colocaron en un vial de 2ml. La cuantificación de flavonoides se determinó en un cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS–2020 equipado con una columna C18 (150mm x 4,6mm, 5μm), fuente de ionización por electrospray (ESI) modo SIM, modo negativo, temperatura de columna de 40°C. La fase móvil fue solución ácido fórmico-agua (0,1% v/v) (solvente A) y acetonitrilo (solvente B), con gradientes: 15%B (0min), 25%B (5,5min), 35%B (11min), 60%B (31min), 15%B (31,01min), 15%B (35min), 10μL de cada extracto fue inyectado con un flujo de (0,5mL/min). La quercetina se usó como estándar para construir la curva de calibración (Método modificado de Irakli, et al. 2021). Y los resultados fueron



expresados en mg equivalentes de quercetina por 100g de peso de cáscara y almendra seca (mgQE/100g).

#### ***3.5.4.4. Lectura de quercetina en extractos metanólicos***

Se tomó aproximadamente 1ml de los extractos metanólicos y se filtraron con un filtro de jeringa de 0,45µm de diámetro y se colocaron en un vial de 2ml de cada una de las muestras codificadas CME, CMK, CMH, CMC, AME, AMK, AMH y AMC, se leyó su concentración en un cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS–2020 equipado con una columna C18 (150mm x 4,6nm, 5µm).

#### **3.5.5. Análisis estadísticos de los datos**

Para la extracción de polifenoles totales en cáscaras y almendras de mangos, el análisis de la varianza se realizó utilizando la prueba de falta de ajuste (Lack of Fit) y los coeficientes de regresión se determinaron con el software STATISTICA Statsoft V. 10. Los efectos de las variables independientes X1(% etanol), X2(tiempo), X3(g muestra/10ml sol) en la variable de respuesta Y (polifenoles totales) fueron evaluados usando el modelo de regresión polinómica.

El mismo software se utilizó para aplicar el análisis de respuesta (función de deseabilidad) para determinar la composición óptima de polifenoles totales. Para la comparación de flavonoides expresado en quercetina se utilizó el diseño factorial (2x2x4) por triplicado (factor residuo: Cáscara (C) y almendra (A); factor solvente: etanol y metanol; factor variedad (E, K, H, Cr), mediante el software STATISTICA Statsoft V. 10.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Pesos de residuos de mangos

#### 4.1.1. Mangos – variedades del departamento de Lambayeque

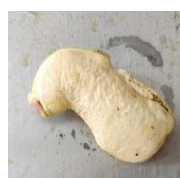
En las figuras 6, 7, 8, 9 y tabla 6 se presenta el peso de las distintas variedades de mango del Departamento de Lambayeque. Con respecto a los residuos, lo obtenido en la presente investigación son cercanos a lo reportado por Tuisima & Escobar (2021) para mango de Piura, variedad edward (cáscara 15,30%, semilla 6,30%); kent (cáscara 10,80%, semilla 7,00%) y que difieren de Correa et al. (2019) variedad criollo (cáscara 19,01% y almendra 8,57%) y de Anticona y Torres (2020) que reportan (cáscara 16,2%, 6,4% de almendra) para variedad criollo de Lambayeque.

**Figura 6**

*Mango variedad edward*



Cáscara



Almendra

**Figura 7**

*Mango variedad kent*



Cáscara



Almendra

**Figura 8**

*Mango variedad haden*



**Figura 9**

*Mango variedad criollo*



**Tabla 6**

*Peso promedio de cuatro variedades de mango y porcentaje de los residuos respecto al fruto total*

Variedad	Entero (g)	Cáscara (g)	% de cáscara	Semilla (g)	% de semilla	Almendra (g)	% de almendra
<b>Edward</b>	561,68 ±	65,87 ±	11,79 ±	32,15 ±	5,78 ±	17,89 ±	3,23 ±
	63,4478	10,2911	0,0176	8,4597	0,0159	7,6788	0,0139
<b>Kent</b>	495,63 ±	57,28 ±	11,50 ±	37,94 ±	7,69 ±	18,14 ±	3,69 ±
	31,8660	10,8591	0,0171	11,5931	0,0238	10,2571	0,0204
<b>Haden</b>	457,54 ±	70,12 ±	15,31 ±	34,33 ±	7,53 ±	18,82 ±	4,14 ±
	32,9129	11,6094	0,0222	5,4536	0,0128	4,7975	0,0111
<b>Criollo</b>	289,05 ±	76,75 ±	14,43 ±	73,72 ±	14,02 ±	28,47 ±	5,49 ±
	26,7754	8,3216	0,0197	7,7912	0,0284	6,1064	0,0225

*Nota.* 2022

#### 4.2. Análisis proximal de residuos de mango

En la tabla 7 se muestra la composición proximal de CME, CMK, CMH y CMC, valores cercanos a los obtenidos por Rivera, (2020) con mango de Ecuador, variedad criollo

(humedad  $5,13 \pm 0,03\%$ , grasa  $2,31 \pm 0,19 \%$ , proteína  $3,70 \pm 0,01 \%$ , carbohidratos  $83,95 \pm 0,21\%$ ); y Marcillo et al. (2021) variedad haden (humedad  $5,40 \pm 0,13\%$ , proteína  $2,65 \pm 0,05\%$ , grasa  $2,01 \pm 0,03\%$ , cenizas  $2,18 \pm 0,04\%$ ) y variedad kent (humedad  $5,80 \pm 0,03\%$ , proteína  $4,04 \pm 0,14\%$ , grasa  $1,48 \pm 0,05\%$ , cenizas  $2,82 \pm 0,03\%$ ).

**Tabla 7**

*Composición proximal de la cáscara de cuatro variedades de mango*

Variedad	No. de Muestra	% Humedad	% Cenizas	% Grasa	% Proteína	% Fibra	% Carbohidratos
CME	1	5,71	2,48	2,00	3,18	5,60	81,03
	2	5,77	2,42	2,00	3,19	5,89	80,73
	3	5,76	2,50	2,00	3,20	5,89	80,65
	$\bar{X}$	5,75	2,47	2,00	3,19	5,79	80,80
	$\sigma$	0,0321	0,0416	0,0000	0,0100	0,1674	0,2003
CMK	1	5,92	2,49	2,00	3,62	5,89	80,08
	2	5,89	2,46	2,00	3,59	5,89	80,17
	3	5,90	2,48	2,00	3,61	5,88	80,13
	$\bar{X}$	5,90	2,48	2,00	3,61	5,89	80,13
	$\sigma$	0,0153	0,0153	0,0000	0,0153	0,0058	0,0451
CMH	1	5,80	2,45	2,00	3,89	6,86	79,00
	2	5,78	2,43	2,00	3,99	6,86	78,94
	3	5,82	2,49	2,00	4,04	6,85	78,80
	$\bar{X}$	5,80	2,46	2,00	3,97	6,86	78,91
	$\sigma$	0,0200	0,0306	0,0000	0,0764	0,0058	0,1026
CMC	1	5,97	2,46	2,50	4,31	7,81	76,95
	2	5,95	2,50	2,50	4,39	7,83	76,83
	3	5,94	2,45	2,50	4,36	7,82	76,93
	$\bar{X}$	5,95	2,47	2,50	4,35	7,82	76,90
	$\sigma$	0,0153	0,0265	0,0000	0,0404	0,0100	0,0643

Nota. 2022

En la tabla 8 se muestra se muestra la composición proximal de AME, AMK, AMH y AMC, cuyos valores de fibra, proteína, cenizas y carbohidratos son similares a lo obtenido por Anticono y Torres (2020) en AMC de Lambayeque (fibra 2,75%, proteína 3,99%, cenizas 1,60%, carbohidratos 80,51%) y difieren de Correa et al. (2019) en AMC de Chulucanas, Piura, (humedad 9,75%, grasa 3,20%, fibra 4,50%, proteína 11,17%), pero valor cercano en carbohidratos 74,28%.

**Tabla 8***Composición proximal de la almendra de cuatro variedades de mango*

Variedad	No. de Muestra	% Humedad	% Cenizas	% Grasa	% Proteína	% Fibra	% Carbohidratos
AME	1	4,53	1,97	9,00	4,38	1,82	78,30
	2	4,55	1,98	9,00	4,39	1,82	78,26
	3	4,52	1,99	9,00	4,38	1,82	78,29
	$\bar{X}$	4,53	1,98	9,00	4,38	1,82	78,28
	$\sigma$	0,0153	0,0100	0,0000	0,0058	0,0000	0,0208
AMK	1	4,42	1,98	9,00	5,16	2,72	76,72
	2	4,48	1,99	9,00	5,19	2,73	76,61
	3	4,45	1,96	9,00	5,17	2,72	76,70
	$\bar{X}$	4,45	1,98	9,00	5,17	2,72	76,68
	$\sigma$	0,0300	0,0153	0,0000	0,0153	0,0058	0,0586
AMH	1	4,39	1,97	9,50	5,62	2,72	75,80
	2	4,32	1,94	9,50	5,59	2,72	75,93
	3	4,37	1,95	9,50	5,57	2,72	75,89
	$\bar{X}$	4,36	1,95	9,50	5,59	2,72	75,87
	$\sigma$	0,0361	0,0153	0,0000	0,0252	0,0000	0,0666
AMC	1	3,52	1,94	10,00	4,76	2,25	77,53
	2	3,50	1,95	10,00	4,79	2,25	77,51
	3	3,51	1,97	10,00	4,77	2,25	77,50
	$\bar{X}$	3,51	1,95	10,00	4,77	2,25	77,51
	$\sigma$	0,0100	0,0153	0,0000	0,0153	0,0000	0,0153

*Nota.* 2022**4.3. Determinación del contenido de polifenoles totales**

En las tablas 9 y 10 se muestran el contenido de polifenoles totales (mgEAG/100g) para las CME, CMK, CMH y CMC entre 289,33 a 2694,00, mientras que para AME, AMK, AMH y AMC entre 304,04 a 5001,52. Estos resultados son similares a lo obtenido por Castro-Vargas et al. (2019) para cáscara de mango de Colombia variedad azucarado de 1838,30mgEAG/100g, Lenucci et al. (2022) para almendra de mangos de Italia, variedad tommy atkins de 851.30mgEAG/100g y keitt de 338.20mgEAG/100g.

**Tabla 9**

*Contenido de polifenoles totales en cáscaras de mango variedades edward, kent, haden y criollo*

Polifenoles totales (mgEAG/100 g)						
Etanol (%)	Tiempo (min)	g muestra/ 10ml sol	CME	CMK	CMH	CMC
68,100	42,200	0,440	2536,023	1829,909	2020,023	1884,227
68,100	42,200	0,860	1797,721	1311,395	1269,709	1519,814
68,100	77,800	0,440	2373,068	1857,068	1721,273	2400,227
68,100	77,800	0,860	1769,930	1603,186	1366,977	1339,186
91,900	42,200	0,440	1992,864	1422,523	1504,000	1857,068
91,900	42,200	0,860	1353,081	1353,081	1075,186	1061,291
91,900	77,800	0,440	1884,227	1965,705	1585,477	1775,591
91,900	77,800	0,860	1575,395	1366,977	1047,395	1241,919
59,987	60,000	0,650	1918,923	1992,462	1569,615	1974,077
100,013	60,000	0,650	1091,631	484,198	1091,631	289,3277
80,000	30,064	0,650	1937,308	1955,692	1349,015	2010,831
80,000	89,936	0,650	1790,231	1753,462	1551,231	1790,231
80,000	60,000	0,290	2652,793	2158,310	2694,000	2405,552
80,000	60,000	1,000	1605,790	1103,900	1283,150	1366,79
80,000	60,000	0,650	2231,446	1532,846	1496,077	1349,015
80,000	60,000	0,650	2599,123	1551,231	1459,308	1514,462
80,000	60,000	0,650	2157,908	1440,938	1992,462	1679,923
80,000	60,000	0,650	2304,985	1367,400	1606,385	1863,769

*Nota.* 2022

**Tabla 10**

*Contenido de polifenoles totales en almendras de mango variedades edward, kent, haden y criollo*

Polifenoles totales (mgEAG/100 g)						
Etanol (%)	Tiempo (min)	g muestra/ 10ml sol	AME	AMK	AMH	AMC
68,100	42,200	0,440	3975,409	3024,864	3323,614	3676,682
68,100	42,200	0,860	2325,733	1964,453	2020,035	2464,674
68,100	77,800	0,440	4056,886	3214,977	3269,295	4192,682
68,100	77,800	0,860	2589,733	2131,198	2228,465	2561,942
91,900	42,200	0,440	3405,091	2943,409	2943,409	3052,023
91,900	42,200	0,860	2020,035	1589,291	1742,140	2117,302
91,900	77,800	0,440	3106,341	2780,455	2590,341	2671,818
91,900	77,800	0,860	1894,988	1505,930	1644,872	1950,558
59,987	60,000	0,650	2801,354	3205,800	2709,431	2801,354
100,013	60,000	0,650	304,035	399,632	359,188	576,120
80,000	30,064	0,650	2488,831	3095,508	2065,985	2838,123
80,000	89,936	0,650	2525,600	3021,969	2341,754	2709,431
80,000	60,000	0,290	4053,793	4136,207	4548,241	5001,517
80,000	60,000	1,000	1976,230	1952,330	2035,970	2155,470
80,000	60,000	0,650	2782,969	2709,431	2801,354	2838,123
80,000	60,000	0,650	2764,585	2599,123	2194,677	2948,431
80,000	60,000	0,650	2819,738	2893,277	2525,600	3132,262
80,000	60,000	0,650	2801,354	2580,738	2415,292	2838,123

*Nota.* 2022

#### **4.4. Optimización del contenido de polifenoles totales**

Las tablas 11 y 12 muestran los valores de optimización por la función de deseabilidad de los extractos de cáscaras y almendras de mangos de las cuatro variedades estudiadas, presentando falta de ajuste (Lack of Fit), la cáscara de mango kent con 0,032736 y almendra de mango edward con 0,000172 (figuras 10 y 11).

El mayor contenido de polifenoles totales se obtuvo en los extractos etanólicos de AMC con 67,992 % de solución etanólica, 89,936 min y 0,34325g de muestra/10ml de solución etanólica con  $R_{adj}$  de 0,89661 y para CME con 73,996% de solución etanólica, 58,503 min y 0,432g de muestra/10ml de solución con  $R_{adj}$  de 0,80198.

Los  $R_{adj}$  cercanos a 1 indican el alto grado de correlación entre los valores experimentales.



**Tabla 11**

*Optimización por deseabilidad de los polifenoles totales de cáscaras de mangos de las variedades edward, kent, haden y criollo*

Muestra	Ecuación	Radj	Lack of Fit	Optimización por deseabilidad		
				Etanol (%) (X1)	Tiempo (min) (X2)	g muestra/10ml solución etanólica (X3)
CME	$Y = 2152,44 - 224,25X_1 - 233,25X_1^2 - 23,76X_2 - 295,91X_3$	0,80198	0,583826	73,996	58,503	0,432
CMK	$Y = 1532,93 - 221,86X_1 - 92,60X_1^2 + 39,24X_2 + 125,28X_2^2 - 235,31X_3$	0,56784	0,032736	69,993	89,936	0,55625
CMH	$Y = 1537,08 - 144,24X_1 + 14,08X_2 - 326,47X_3$	0,57745	0,513522	71,995	54,013	0,29
CMC	$Y = 1628,20 - 295,89X_1 + 4,65X_2 - 329,76X_3$	0,56124	0,237584	71,995	89,936	0,503

*Nota.* 2022

**Tabla 12**

*Optimización por deseabilidad de los polifenoles totales de almendras de mangos de las variedades edward, kent, haden y criollo*

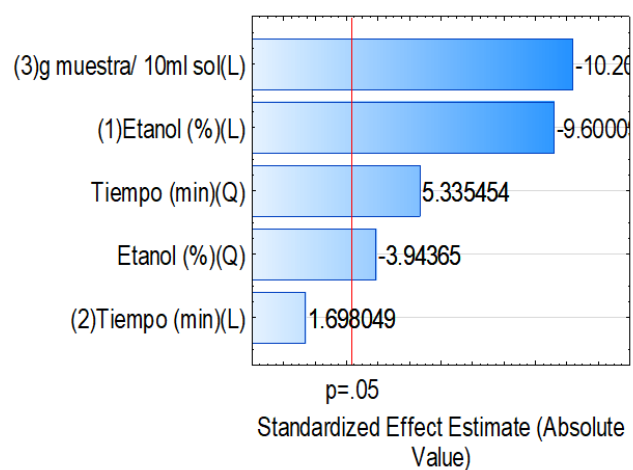
Muestra	Ecuación	Radj	Lack of Fit	Optimización por deseabilidad		
				Etanol (%) (X1)	Tiempo (min) (X2)	g muestra/10ml solución etanólica (X3)
AME	$Y = 2766,39 - 492,15X_1 - 309,46X_1^2 - 1,21X_2 + 28,02X_2^2 - 667,55X_3 + 197,54X_3^2$	0,78305	0,000172	69,993	89,936	0,432
AMK	$Y = 2836,77 - 456,61X_1 - 391,21X_1^2 - 0,96X_2 - 617,83X_3$	0,80253	0,052308	75,997	89,936	0,3326
AMH	$Y = 2402,57 - 430,06X_1 - 290,12X_1^2 + 12,27X_2 - 630,49X_3 + 324,09X_3^2$	0,85929	0,338097	70,994	76,465	0,29
AMC	$Y = 2906,99 - 501,34X_1 - 398,61X_1^2 - 10,99X_2 - 673,23X_3 + 263,36X_3^2$	0,89661	0,088253	67,992	89,936	0,34325

*Nota.* 2022

En las figuras 10 y 11 se muestran los diagramas de Pareto, estimaciones de los efectos lineales (L) y cuadráticos (Q) de etanol (%), tiempo (min), g de muestra/10ml (sol) en la extracción de cáscara y almendra de mango. La línea indica el nivel de confianza del 95% y los factores con valores de efecto estandarizados a la derecha de la línea son estadísticamente significativos.

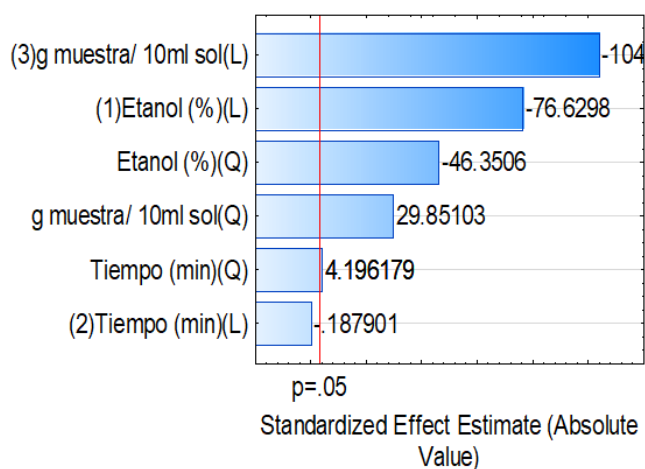
### Figura 10

*Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta de polifenoles totales de CMK*



**Figura 11**

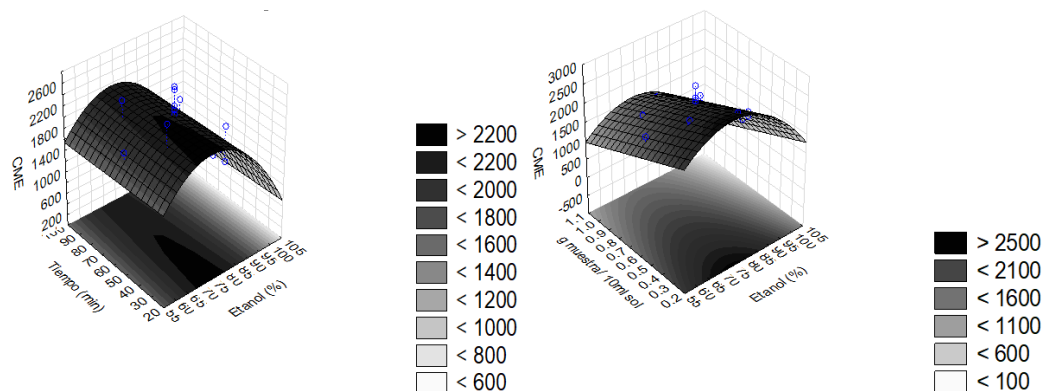
*Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta de polifenoles totales de AME*

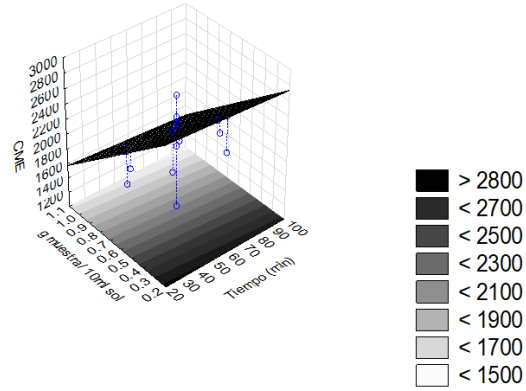


En las figuras 12, 13, 14, 15, 16 y 17 se presentan los valores óptimos de superficie de respuesta de los extractos CME, CMH, CMC, AMK, AMH, AMC para los que no tuvieron falta de ajuste (Lack of Fit).

**Figura 12**

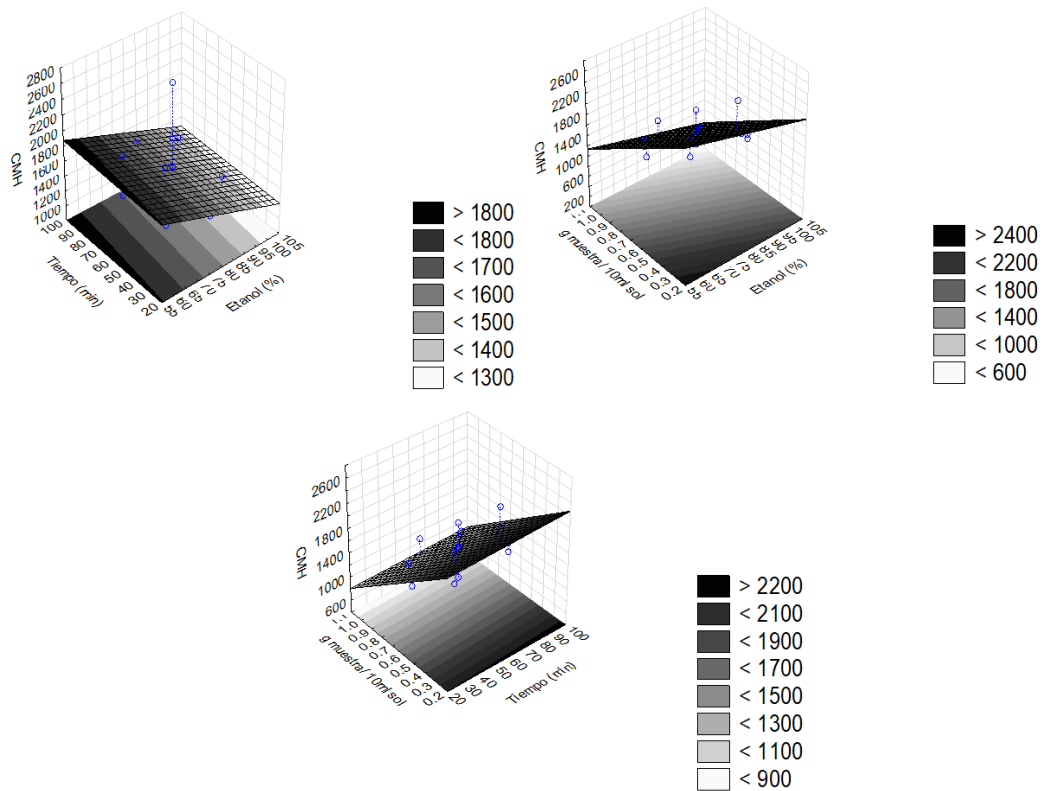
*Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de CME*





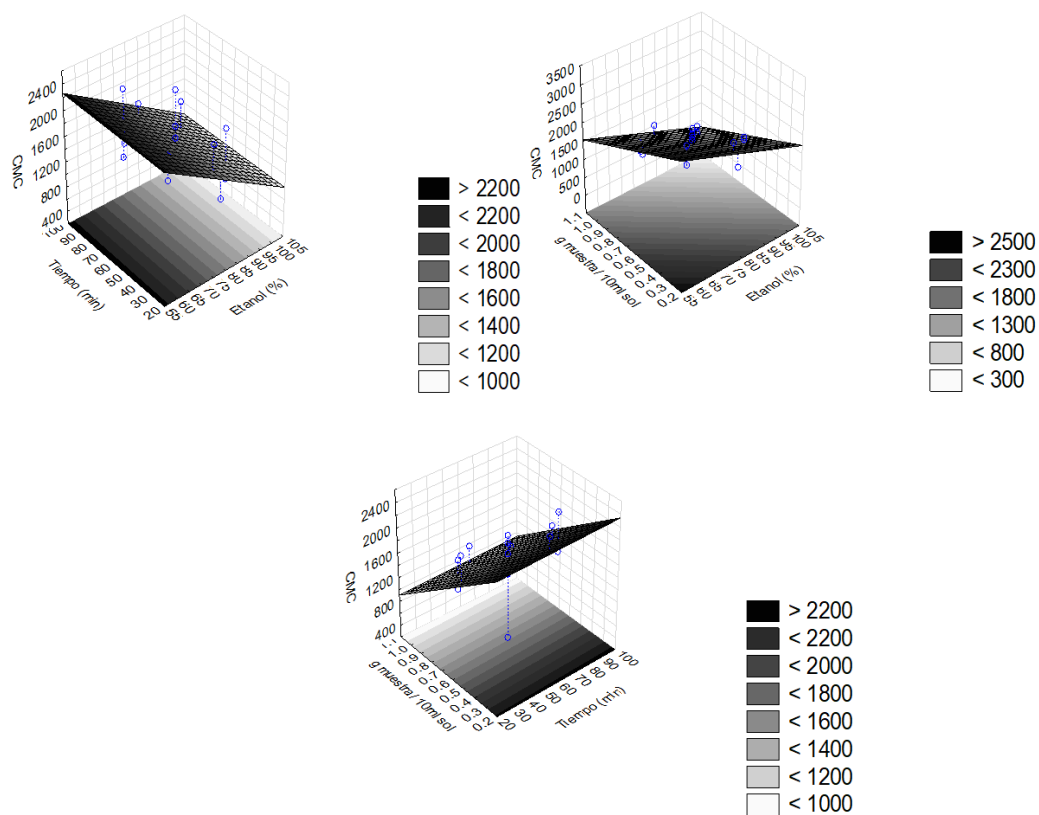
**Figura 13**

*Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de CMH*



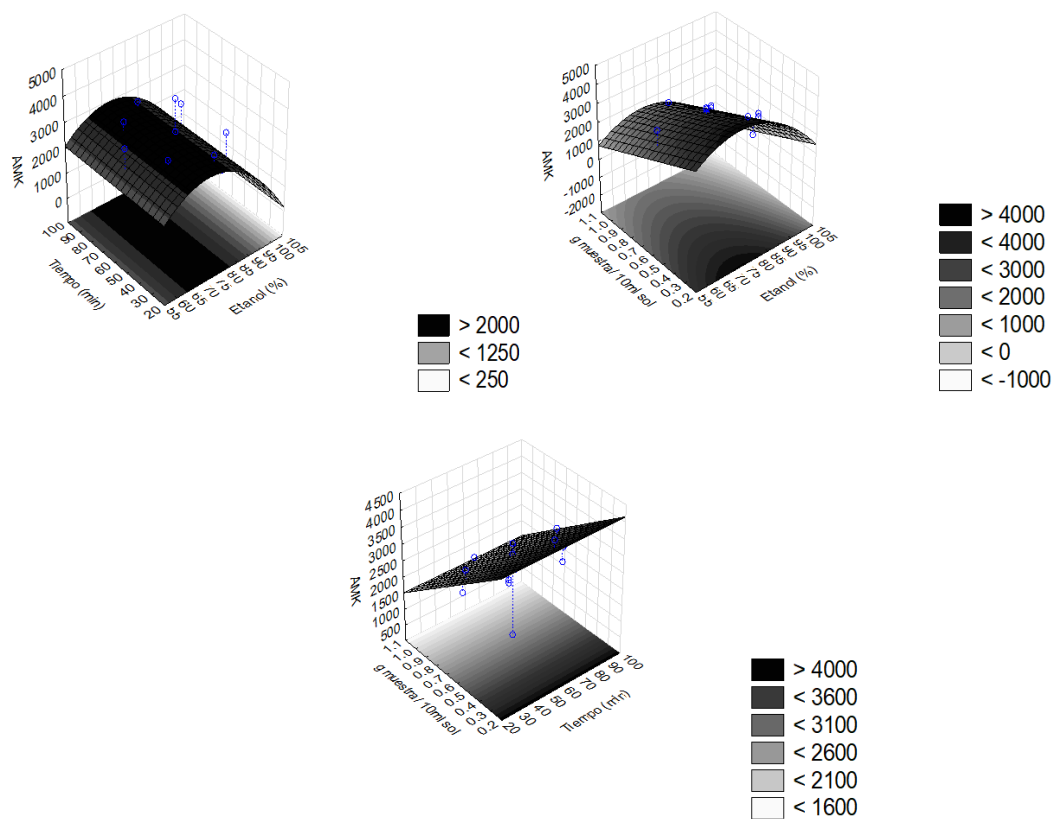
**Figura 14**

*Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%)  
tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de CMC*



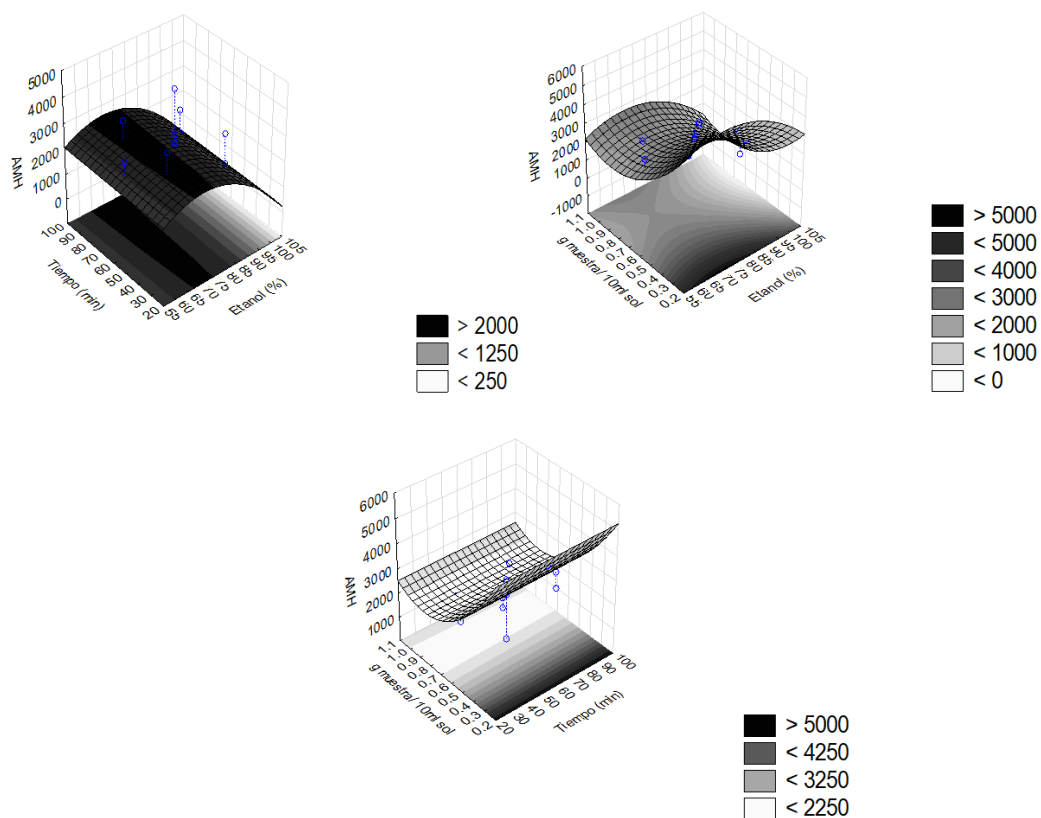
**Figura 15**

*Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%)*  
*tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de AMK*



**Figura 16**

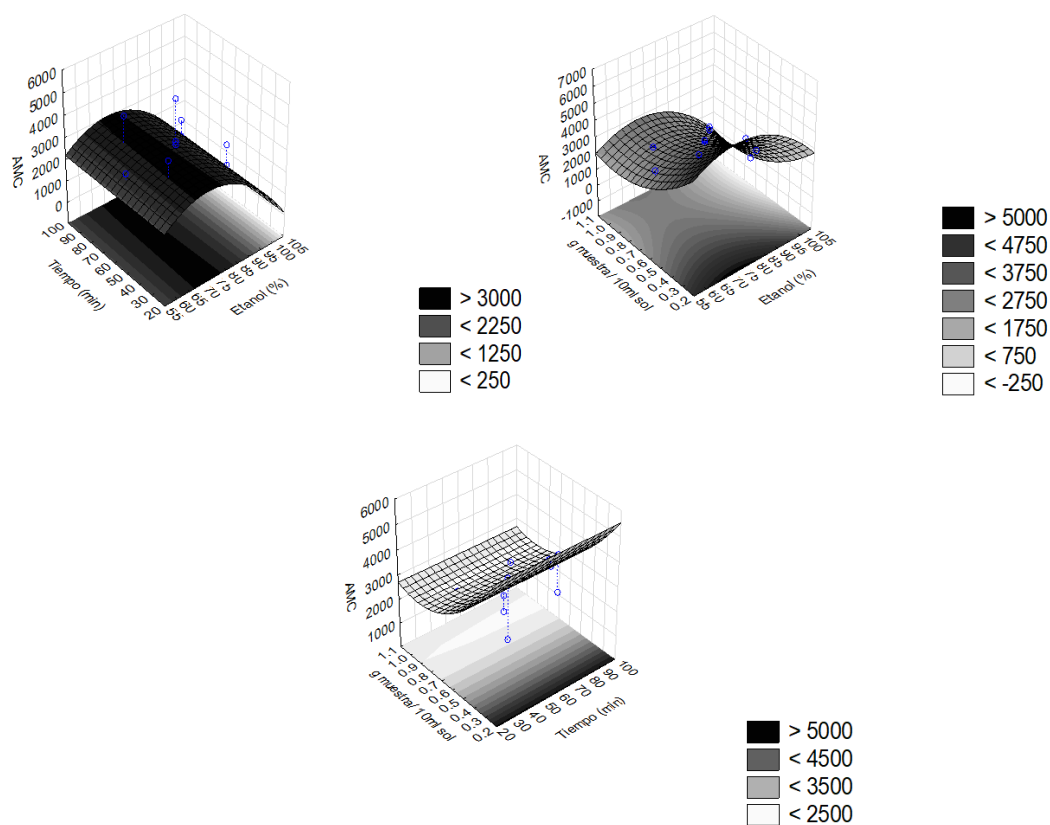
*Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%)*  
*tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de AMH*





**Figura 17**

*Superficie de respuesta para polifenoles totales en función de solución etanólica (%) tiempo (min) y relación muestra (g)/solvente (ml) de AMC*



#### 4.5. Determinación de flavonoides

##### Extracción con etanol

La tabla 13 representa los valores óptimos de deseabilidad extraídos de la tabla 11 y 12 donde se aplicó el DCCR.

**Tabla 13***Tratamientos óptimos de extracción con etanol*

<b>Muestra</b>	<b>Etanol (%)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>g muestra/ 10ml sol.</b>
CME	73,996	58,503	0,432
CMK	69,993	89,936	0,55625
CMH	71,995	54,013	0,29
CMC	71,995	89,936	0,503
AME	69,993	89,936	0,432
AMK	75,997	89,936	0,3326
AMH	70,994	76,465	0,29
AMC	67,992	89,936	0,34325

*Nota.* 2022**Extracción con metanol**

La tabla 14 representa los pesos de cáscara y almendra según el método de Gómez et al. (2016).

**Tabla 14***Pesos de muestras de cáscaras y almendras de mangos de las cuatro variedades*

<b>Cáscara (g)</b>		<b>Almendra (g)</b>	
CME	0,50092	AME	0,50671
CMK	0,50533	AMK	0,50241
CMH	0,50036	AMH	0,50826
CMC	0,50608	AMC	0,50140

*Nota.* 2022

**Tabla 15***Lectura de comprobación de la concentración del estándar quercetina*

Muestra	Solución patrón de QE en 10 ml (µg/ml)	Tiempo de retención	Área	Altura	Concentración de QE leída en el LC-MS (µg/ml)
1	0,01	16,602	32362	3266	0,009
2	0,05	16,617	161111	16252	0,050
3	0,10	16,633	357511	36782	0,113
4	1,00	16,635	3151249	327561	1,015
5	2,00	16,629	6123305	590505	1,973
$\bar{X}$		16,623	1965107,6	194873,2	0,632
%RSD		0,083	135,288	132,763	135,679
Máximo		16,635	6123305	590505	1,973
Mínimo		16,602	32362	3266	0,009
$\sigma$		0,014	2658562,3	258719,1	0,857

*Nota.* 2022

m/z:301,0000

 $f(x)=3,10039e+006 \cdot x+5661,10$ 

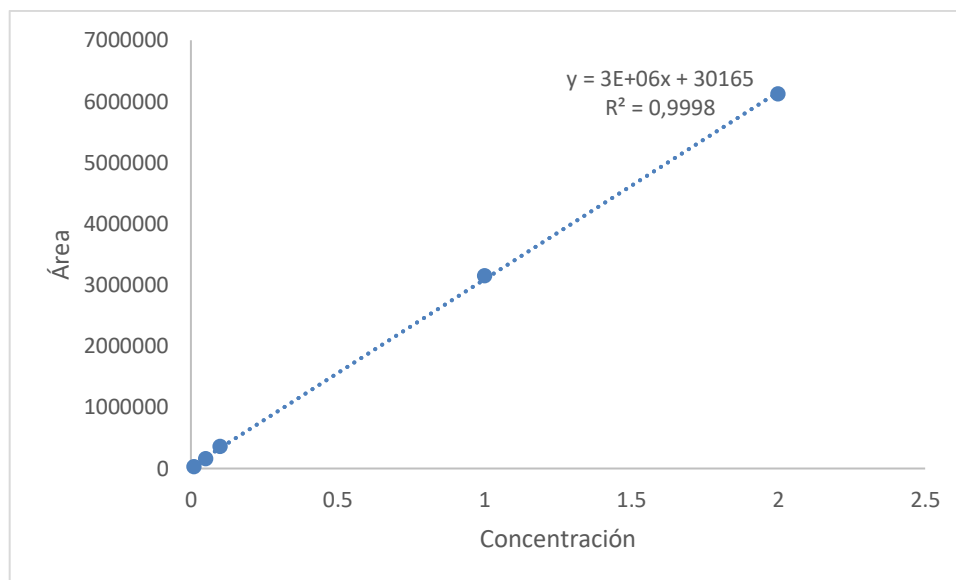
Rr1=0,9995653

Rr2=0,9991308

En la figura 18 se muestra la curva de calibración de quercetina en el rango de concentraciones de 0,01 a 2 µg/ml que responde a la ecuación  $Y= 3E+06x + 30165$  y a un coeficiente de correlación de 0,9998.

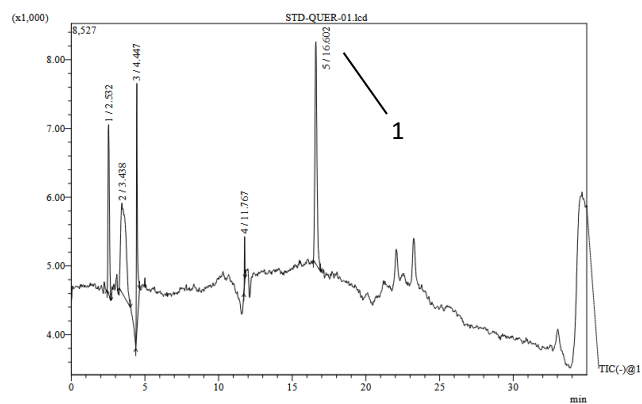
**Figura 18**

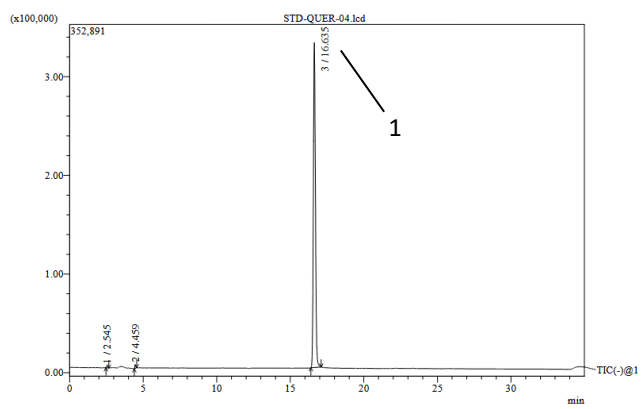
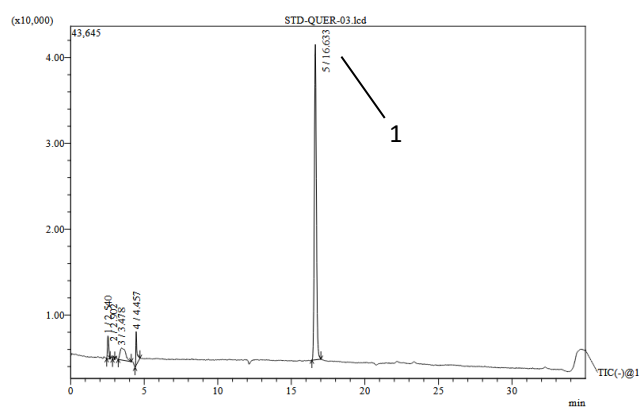
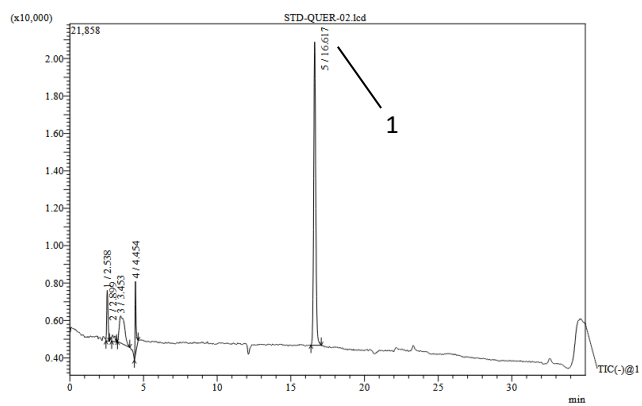
*Curva de calibración de quercetina*

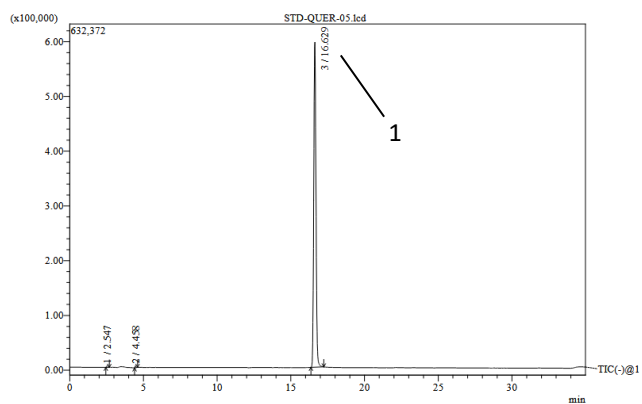


**Figura 19**

*Cromatogramas de quercetina (estándar)*







*Nota.* Quercetina (pico 1)

**Tabla 16**

*Lectura de la concentración de quercetina en extractos etanólicos de cáscaras y*

*almendras de mangos variedades edward, kent, haden y criollo*

Muestra	Tiempo de retención	Área	Altura	Concentración de QE leída en el LC-MS (µg/ml)	Concentración de QE (mg/100g)
CME1	16,589	1185487	127009	0,381	8,819
CME2	16,591	878414	92040	0,281	6,505
CME3	16,580	1042738	110739	0,334	7,731
CMK1	16,585	2693865	286151	0,867	15,587
CMK2	16,582	2729584	290054	0,879	15,802
CMK3	16,584	3197201	338024	1,029	18,499
CMH1	16,592	1621815	173153	0,521	17,966
CMH2	16,617	1289700	135361	0,414	14,276
CMH3	16,618	1339638	139744	0,430	14,828
CMC1	16,580	3213082	335191	1,035	20,577
CMC2	16,590	3869029	401200	1,246	24,771
CMC3	16,602	3824063	400282	1,232	24,493
AME1	16,592	19216	2468	0,004	0,093
AME2	16,635	13389	1469	0,002	0,046
AME3	16,612	11848	1340	0,002	0,046
AMK1	16,656	18097	2196	0,004	0,120
AMK2	16,635	22361	2769	0,005	0,150
AMK3	16,616	22702	2873	0,005	0,150
AMH1	16,584	21770	2648	0,005	0,172
AMH2	16,608	16291	1834	0,003	0,103
AMH3	16,598	13240	1548	0,002	0,069
AMC1	16,599	6154	728	0,001	0,025
AMC2	16,587	8709	956	0,001	0,029
AMC3	16,600	6629	858	0,001	0,032

*Nota. 2022*

**Tabla 17**

*Lectura de la concentración de quercetina en extractos metanólicos de cáscaras y almendras de mangos variedades edward, kent, haden y criollo*

Muestra	Tiempo de retención	Área	Altura	Concentración de QE leída en el LC-MS (µg/ml)	Concentración de QE (mg/100g)
CME1	16,669	420464	46175	0,134	8,040
CME2	16,710	401018	44835	0,128	7,680
CME3	16,715	379971	42594	0,121	7,260
CMK1	16,580	760374	83477	0,243	14,580
CMK2	16,624	750968	81775	0,240	14,400
CMK3	16,618	748878	81733	0,240	14,400
CMH1	16,556	1070921	115713	0,344	20,640
CMH2	16,582	1032151	112012	0,331	19,860
CMH3	16,618	942593	105424	0,302	18,120
CMC1	16,635	959200	106298	0,308	18,480
CMC2	16,631	960112	106104	0,308	18,480
CMC3	16,655	988715	109851	0,317	19,020
AME1	ND	ND	ND	ND	ND
AME2	ND	ND	ND	ND	ND
AME3	ND	ND	ND	ND	ND
AMK1	16,667	4442	533	0,000	0,000
AMK2	16,660	4728	577	0,000	0,000
AMK3	16,542	4892	548	0,000	0,000
AMH1	ND	ND	ND	ND	ND
AMH2	ND	ND	ND	ND	ND
AMH3	ND	ND	ND	ND	ND
AMC1	16,559	8189	697	0,001	0,060
AMC2	16,562	13544	961	0,003	0,180
AMC3	16,600	10464	893	0,002	0,120

*Nota. 2022*

En la tabla 18, se muestra el contenido de flavonoides analizados como quercetina (mgQE/100g) según el tipo de solvente (etanol y metanol) como agente extractor en cáscaras y almendras de las variedades de mangos (edward, kent, haden y criollo), la cual es una tabla resumen de las tablas 16 y 17. Los mayores contenidos de flavonoides se obtuvieron en el extracto etanólico de CMC de 23,28mgQE/100g (figura 20) y en el



extracto metanólico de CMH de 19,54mgQE/100g (figura 21), la mezcla de etanol-agua es el mejor solvente para la extracción de flavonoides (Dorta et al. 2012), por ser un disolvente ecológico de baja toxicidad, se ha demostrado que agregar una cierta cantidad de agua al solvente de etanol mejora la eficiencia de extracción (Oliveira et al. 2020) y el metanol también es un buen solvente para la determinación de quercetina (Da Silva et al. 2018). Los resultados son similares a lo obtenido por Castro-Vargas et al. (2019) en extractos metanólicos de cáscaras de mango de Colombia variedad azucarado de 19,80mgQE/100g, pero difieren de lo reportado por Da Silva et al. (2018) en cáscaras de mango brasileño, variedad tommy de 11,21mgQE/100g y de Gómez et al. (2016) para mango español variedad keitt de 42,16mgQE/100g.

En los extractos etanólicos de almendra se obtuvieron cantidades pequeñas de 0,14mgQE/100g de AMK y en el extracto metanólico de 0,12mgQE/100g de AMC, comparados con investigaciones de Gómez et al. (2016) en la almendra de mango español keitt donde no se encontró quercetina.

Asimismo, en la tabla 18 se muestra que en los extractos etanólicos, la concentración de quercetina (mgQE/100g), entre CMC y CME si hay diferencia estadística ( $p < 0,05$ ); y entre CMH y CMK no hay diferencia estadística y en los extractos metanólicos entre CMK y CME si hay diferencia estadística ( $p < 0,05$ ), y entre CMH y CMC no hay diferencia estadística.

En los extractos etanólicos entre AME, AMH y AMK; AMC y AME no hay diferencia estadística. Para los extractos metanólicos de las almendras no hay comparación ya que

solo se extrajo quercetina en mango criollo, y no se muestran los cromatogramas por tener valores bajos.

Con respecto al tipo de solvente, en los extractos etanólicos y metanólicos de CME, CMK y AMC no existe diferencia estadística; entre CMH y CMC si existe diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 18**

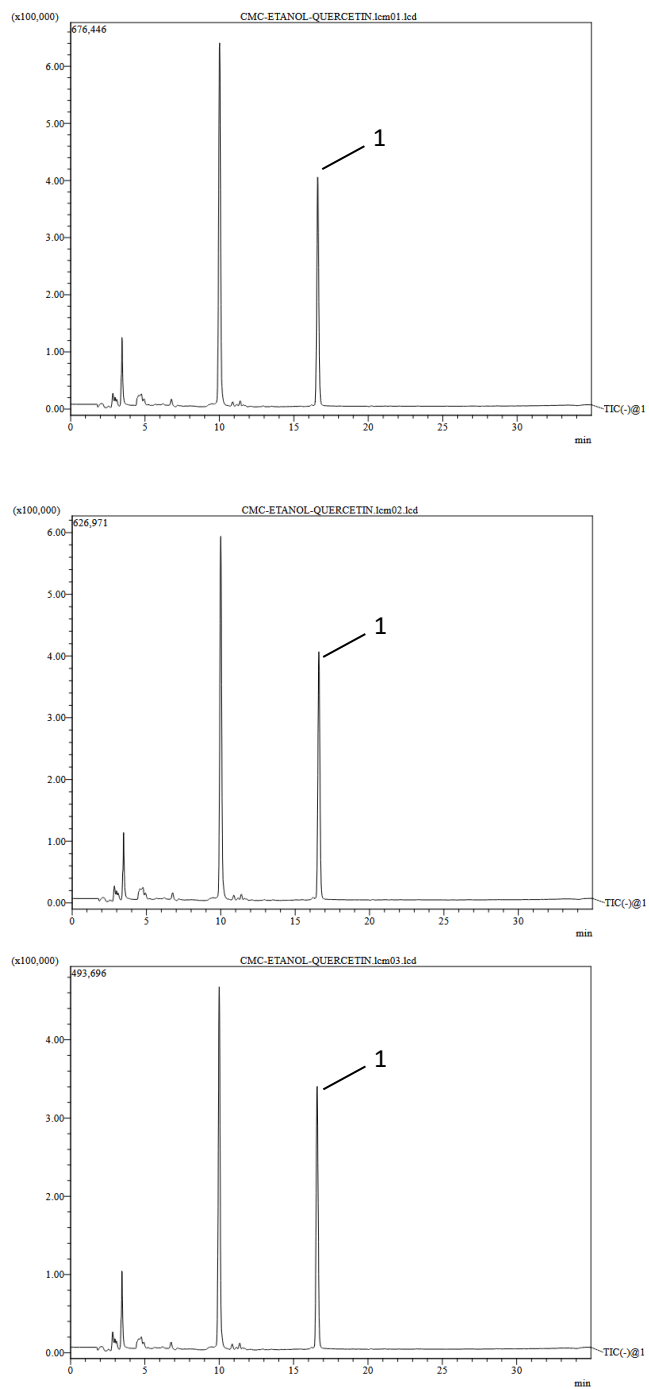
*Contenido de quercetina (mg/100g) en cáscaras y almendras de las cuatro variedades de mangos según el tipo de solvente*

<b>Muestra</b>	<b>Extracto etanólico (mg QE/100g)</b>	<b>Extracto metanólico (mg QE/100g)</b>
CME	$7,685 \pm 1,158$ C, a, $\alpha$	$7,660 \pm 0,390$ C, $\alpha$
CMK	$16,629 \pm 1,623$ B, a, $\alpha$	$14,460 \pm 0,104$ B, $\alpha$
CMH	$15,690 \pm 1,990$ B, a, $\beta$	$19,540 \pm 1,290$ A, $\alpha$
CMC	$23,280 \pm 2,345$ A, a, $\alpha$	$18,660 \pm 0,312$ A, a, $\beta$
AME	$0,062 \pm 0,027$ AB, b	ND
AMK	$0,140 \pm 0,017$ A, b	0,000
AMH	$0,115 \pm 0,052$ A, b	ND
AMC	$0,029 \pm 0,004$ B, b, $\alpha$	$0,120 \pm 0,060$ b, $\alpha$

Nota. 2022

## Figura 20

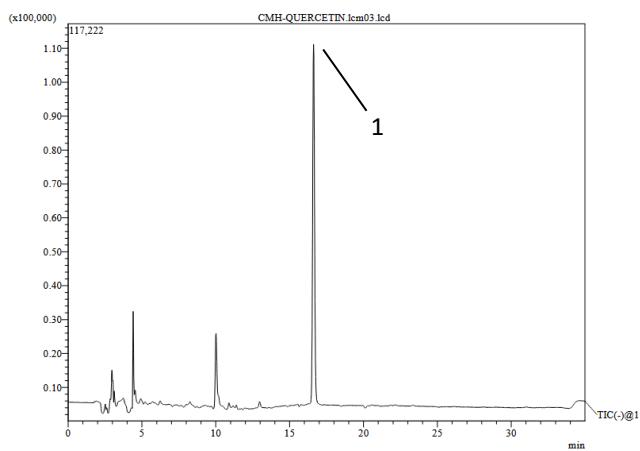
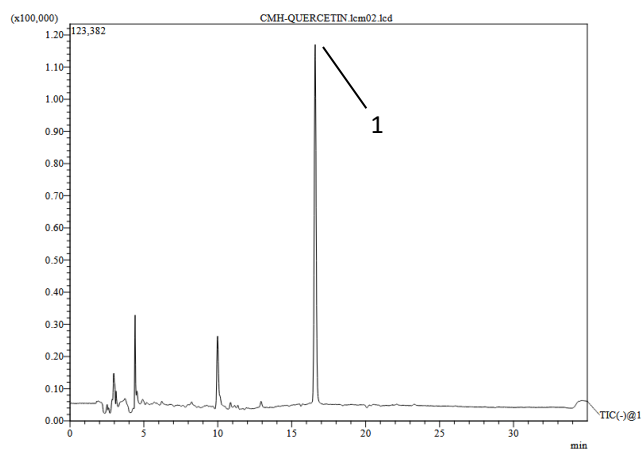
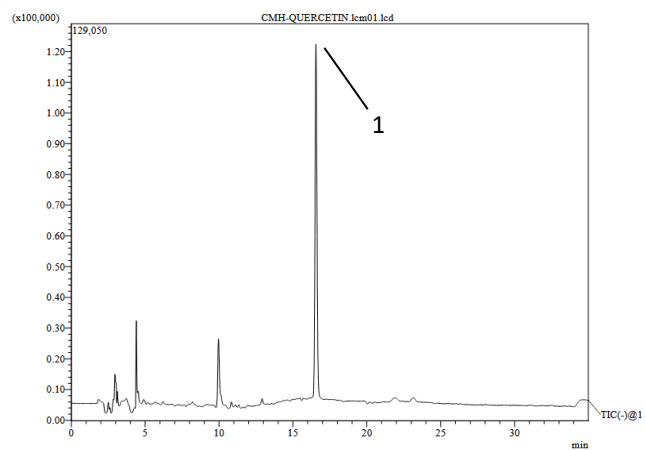
### *Cromatogramas de extractos etanólicos de CMC*



*Nota.* Quercetina (pico 1)

**Figura 21**

*Cromatogramas de extractos metanólicos de CMH*



*Nota.* Quercetina (pico 1)

## **V. CONCLUSIONES**

El análisis proximal de las cáscaras y almendras de las cuatro variedades de mango determinó que los mayores contenidos de proteínas se presentaron en la cáscara de mango criollo y almendra de mango haden y de carbohidratos en la cáscara y almendra de mango edward.

La optimización por deseabilidad permitió obtener el mayor contenido de polifenoles totales en los extractos etanólicos de almendra de mango criollo y cáscara de mango edward.

La mayor concentración de flavonoides (quercetina) se obtuvo en los extractos etanólicos de cáscara de mango criollo y en los extractos metanólicos de cáscara de mango haden; en los extractos etanólicos y metanólicos de las almendras de las cuatro variedades el contenido de quercetina no fue significativo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Para la obtención de muestra para los análisis, estas deben tener un contenido de humedad menor del 5% que facilite el proceso de molienda.

Durante el proceso para la determinación de polifenoles totales los tubos que contienen las muestras deben estar protegidos con papel aluminio dado que estos compuestos son muy sensibles a la luz.

Continuar con investigaciones para dar un valor agregado a los residuos de frutas y hortalizas de la región acorde con el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalla, A., Darwish, S., Ayad, E. & El-Hamahmy, R. (2007). Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry*, 103(4), 1134–1140. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.01>.
- Ajila, C., Bhat, S. & Prasada, U. (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, 102(4), 1006–1011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.036>.
- Alfaro, S. (2019). *Diseño de una bebida funcional con capacidad antioxidante a base de pulpa de mango (Mangifera indica L.), noni (Morinda citrifolia) y aguaymanto (Physalis peruviana L.)* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3099>.
- Anand, A., Arulmoli, R. & Parasuraman, S. (2016). Overviews of Biological Importance of Quercetin: A Bioactive Flavonoid. *Pharmacognosy Reviews*, 10(20), 84–89. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.194044>.
- Anticona, G. y Torres, L. (2020). *Efecto de la concentración de almidón de almendra de mango criollo (Mangifera indica L.) en la obtención de películas* [Tesis de Pre-Grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8715>.
- Ballesteros, D., Álvarez, G., Morantes, S., Sánchez, A., Ibáñez, E., Parada, F. & Cifuentes, A. (2019). An integrated approach for the valorization of mango seed kernel: Efficient extraction solvent selection, phytochemical profiling and

- antiproliferative activity assessment. *Food Res. Int.* 126, 108616.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108616>.
- BIOPAT PERÚ- INDECOPI. (2018). Mango. Boletín No 06  
<https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/2291514/Bolet%C3%ADn+N%C2%B0+6+%E2%80%93Mango.pdf/fcc10baa-8d39-5fc4-f7a6-1cc341025c92>.
- Caballero, B., Finglas, P. & Toldrá, F. (2016). *Encyclopedia of food and health*. Elsevier.
- Castro, L., Ortega, A. y Lozada, J. (2015). Modificaciones enzimáticas de compuestos fenólicos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 9, 5-14.  
[https://www.researchgate.net/publication/315760819\\_Modificaciones\\_enzimaticas\\_de\\_compuestos\\_fenolicos](https://www.researchgate.net/publication/315760819_Modificaciones_enzimaticas_de_compuestos_fenolicos).
- Castro-Vargas, H., Ballesteros Vivas, D., Ortega Barbosa, J., Morantes Medina, S., Aristizabal Gutiérrez, F., & Parada-Alfonso, F. (2019). Bioactive Phenolic Compounds from the Agroindustrial Waste of Colombian Mango Cultivars “Sugar Mango” and “Tommy Atkins”—An Alternative for Their Use and Valorization. *Antioxidants*, 8(2), 41. <https://doi.org/10.3390/antiox8020041>.
- Chavez, J. (2018). *Determinación y cuantificación de flavonoides mediante cromatografía líquida de alta presión (hplc) a partir del extracto polar ácido de Euphorbia laurifolia juss ex lam y su actividad tóxica* [Tesis de Pre-Grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú].  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6280>.



- Correa, D., Romero, B. y León, N. (2019). Extracción de taninos de semilla de mango criollo (*Mangifera indica* L.) y su aplicación como curtiente. *Revista Journal of Agro-Industry Sciences*, 1(3), 51-55. <http://dx.doi.org/10.17268/JAIS.2019.007>.
- Cuesta, O., Márquez, I. y Campo, M. (2015). *Introducción a la Caracterización Estructural de Flavonoides*. Ediciones UTMACH.
- Dar, M., Oak, P., Chidley, H., Deshpande, A., Giri, A. & Gupta, V. (2016). Nutrient and flavor content of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars: An appurtenance to the list of staple foods. *In Nutritional Composition of Fruit Cultivars*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 445–467.
- Da Silva, M., Paranhos, E., Da Silva, B., Requião, E., Da Cruz, J., Cavalcante, L., Pinto, A. & Lopes, W. (2018). Screening of *Mangifera indica* L. functional content using PCA and neural networks (ANN). *Food Chemistry*, 273 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.129>.
- Dorta, E., Lobo, G. & Gonzalez, M. (2012). Reutilization of Mango Byproducts: Study of the Effect of Extraction Solvent and Temperature on Their Antioxidant Properties. *Journal of Food Science* Vol. 77(1), C80-C88. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02477.x>.
- Duan, L., Ding, W., Liu, X., Cheng, X., Cai, J., Hua1 E. & Jiang, H. (2017). Biosynthesis and engineering of kaempferol in *Saccharomyces cerevisiae* [Biosíntesis e ingeniería de kaempferol en *Saccharomyces cerevisiae*]. *Microb Cell Fact*, 16:165.

<https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12934-017-0774-x>.

Ediriweera, M., Tennekoon, K. & Samarakoon, S. (2017). A Review on ethnopharmacological applications, pharmacological activities, and bioactive compounds of *Mangifera indica* (Mango). *Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, pp. 1-24. <https://doi.org/10.1155/2017/6949835>.

Fan, F., Sang, L. & Jiang, M. (2017). Catechins and Their Therapeutic Benefits to Inflammatory Bowel Disease. *Molecules* 22 (3), 484. <https://doi.org/10.3390/molecules22030484>.

Formación Alcalá. (12 de Marzo del 2021). Espectrometría de masas - qué es, elementos y usos en el laboratorio clínico. <https://www.formacionalcala.es/articulos/68/espectrometria-de-masas-que-es-elementos-y-usos-en-el-laboratorio-clinico>.

Gaete, J. (2018). *Identificación de estructuras de naturaleza flavónica mediante espectroscopía uv-vis a partir de estándares de flavonoides. Aplicación de la metodología a un extracto vegetal comercial* [Tesis de Pre-Grado, Universidad Andrés Bello, Chile]. <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/9728>.

García, E., Fernández, I. y Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin Ciocalteu. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia%20Mart%C3%ADnez%20et%20al.pdf?sequence=1>.

- Garcia, G. (2020). *Cinética de extracción asistida con ultrasonido de potencia de compuestos fenólicos a partir de uva Syrah (Vitis vinífera L.)* [Tesis de Pre-Grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla de Zaragoza, México]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/9931/20200911084658-8136-TL.pdf?sequence=1>.
- García, M., Paula, J., Paviani, L., Cabral, F. & Martinez, H. (2015). Extracts from mango peel by-product obtained by supercritical CO<sub>2</sub> and pressurized solvent processes. *LWT-Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.026>.
- Gómez, A., López, A., Verardo, V., Segura, A. & Fernández, A. (2016). HPLC-DAD-q-TOF-MS as a powerful platform for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part of mango and its by-products (peel, seed, and seed husk). *Electrophoresis* 37, 1072–1084. <https://doi.org/10.1002/elps.201500439>.
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. 2da Edición. Editorial Mc Graw Hill Educación. México, D.F.
- Hernández, A., Real, N., Delgado, M., Bautista, L. y Velasco, J. (2016). Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. *Agroproductividad*, 9(8):10-17. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/795>.
- Hidalgo, C. y Mamani, D. (2018). *Evaluación de la actividad antibacteriana de nanopartículas de cobre (NPsCu) sintetizadas con el extracto acuoso de Annona muricata L. frente a Acinetobacter spp* [Tesis de Pre-Grado, Universidad Nacional

de San Agustín, Arequipa, Perú].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6462?show=full>.

Irakli, M., Skendi, A., Bouloumpasi, E., Chatzopoulou, P. & Biliaderis, C. (2021). LC-MS Identification and Quantification of Phenolic Compounds in Solid Residues from the Essential Oil Industry. *Antioxidants* 10, 2016. <https://doi.org/10.3390/antiox10122016>.

Karak, P. (2019). Biological activities of flavonoids: an overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(4), 1567-1574. [http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10\(4\).1567-74](http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10(4).1567-74).

Kuppusamy, P., Dong, K., Eun, C., Ilavenil, S., Srigopalrama, S., Valan, M. & Choon, K. (2018). Quantification of major phenolic and flavonoid markers in forage crop *Lolium multiflorum* using HPLC-DAD. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28, 282–288. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.03.006>.

Labcompare. (2022). Quadrupole Mass Spectrometer (MS) / Quadrupole Mass Analyzer. <https://www.labcompare.com/Mass-Spectrometry/126-Quadrupole-Mass-Spectrometer-MS-Quadrupole-Mass-Analyzer/>.

Latimer, G. (2012). *AOAC International, Official Methods of Analysis of AOAC International*. 19th Edition Gaithersburg, Md.

Latimer, G. (2016). *AOAC International, Official Methods Of Analysis Of AOAC International*. 20th Edition Gaithersburg, Md.

- Lauricella, M., Emanuele, S., Calvaruso, G., Giuliano & D'Anne, A. (2017). Multifaceted Health Benefits of *Mangifera indica* L. (Mango): The Inestimable Value of Orchards Recently Planted in Sicilian Rural Areas. *Nutrients*, 9(5), 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu9050525>.
- Lenucci, M., Tornese, R., Mita, G. & Durante, M. (2022). Bioactive Compounds and Antioxidant Activities in Different Fractions of Mango Fruits (*Mangifera indica* L., Cultivar Tommy Atkins and Keitt). *Antioxidants* 11, 484. <https://doi.org/10.3390/antiox11030484>.
- Li, K., Fan, H., Yin, P., Yang, L., Xue, Q., Li, X., Sun, L. & Liu, Y., (2017). Structure-activity relationship of eight high content flavonoids analyzed with a preliminary assign-score method and their contribution to antioxidant ability of flavonoids-rich extract from *Scutellaria baicalensis* shoots. *Arabian Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.08.002>.
- Li, Y., Yao, J., Han, C., Yang, J., Tabassum, M., Wang, S., Liu, H. & Yin, Y. (2016). Quercetin, Inflammation and Immunity. *Nutrients* 8, 167. <https://doi.org/10.3390/nu8030167>.
- Magalhães, L., Santos, F., Segundo, M., Reis, S. & Lima, J. (2010). Rapid microplate high-throughput methodology for assessment of Folin-Ciocalteu reducing capacity. *Talanta*. 83(2), 441-447.
- Marcillo, V., Anaguano, M., Molina, M., Tupuna, D., Ruales, J. (2021). Characterization and quantification of bioactive compounds and antioxidant activity in three different varieties of mango (*Mangifera indica* L.) peel from the Ecuadorian

- region using HPLC-UV/VIS and UPLC-PDA. *NFS Journal* 23, 1-7.  
<https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.02.001>.
- Measurlabs. (2022). High performance liquid chromatography mass spectrometry.  
<https://measurlabs.com/methods/liquid-chromatography-mass-spectrometry-hplc-ms/>.
- Montgomery, D. (2011). *Diseño y análisis de experimentos*. 2da ed. Limusa. México.
- Normas Legales El Peruano. (2017). DECRETO SUPREMO N° 014-2017-MINAM.  
[http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds\\_014-2017-minam.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf).
- Oliveira, B., Costa, H., Ventura, J., Kondratyukc, T., Barroso, M., Correia, R., Pimentel, E., Pinto, F., Endringer, D. & Romãoae, W. (2016). Chemical profile of mango (*Mangifera indica* L.) using electrospray ionisation mass spectrometry (ESI-MS). *Food Chemistry*, 204, 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.117>.
- Oliveira, J., Corrêa, M., Capelasso, L., Lachos, D., Torres, P., Fonseca, A., Forster, T., Vázquez, M., Velasco, A., Fernández, G. & Rostagno, M. (2020). Extraction of Flavonoids From Natural Sources Using Modern Techniques. *Front. Chem.* 8:507887. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.507887>.
- Ricco, R., Agudelo, I., Wagner, M. (2015). Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad. *Lilloa* 52 (2): 161–174.  
[https://www.researchgate.net/publication/288180597\\_Metodos\\_empleados\\_en\\_el\\_analisis\\_de\\_los\\_polifenoles\\_en\\_un\\_laboratorio\\_de\\_baja\\_complejidad](https://www.researchgate.net/publication/288180597_Metodos_empleados_en_el_analisis_de_los_polifenoles_en_un_laboratorio_de_baja_complejidad).

- Rivera, V. (2020). *Evaluación de la actividad antioxidante de los carotenoides presentes en tres variedades de cáscara de mango (Mangifera indica L.)* [Tesis de Pre-Grado, Universidad Central del Ecuador, Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22049>.
- Roberts, J. (19 de Agosto del 2014). Photodiode Array Detectors: An Array of Possibilities for (U) HPLC Detection. <https://www.labcompare.com/10-Featured-Articles/167104-Photodiode-Array-Detectors-An-Array-of-Possibilities-for-U-HPLC-Detection/>.
- Singleton, V., Orthofer, R. & Lamuela, R. (1999). Oxidants and Antioxidants. *Pt A* 299, 152–178.
- Subhi, M., Clavijo, S. & Cerda, V. (2021). Recent, advanced sample pretreatments and analytical methods for flavonoids determination in different samples. *Trends in Analytical Chemistry* 138, 116220. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116220>.
- Tuisima, L. & Escobar, H. (2021). Characterization of fruits of varieties of mango (*Mangifera indica*) conserved in Peru. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal* 43(2). <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1340>.
- Villanueva, J. (2018). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (triticum aestivum) por harina de cáscara de maracuya (passiflora edulis) y harina de camote (ipomoea batatas) en las características tecnológicas y sensoriales del cupcake* [Tesis de Pre-Grado, Universidad Nacional del Santa, Perú]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3115>.

Yang, S., Sun, L., Song, Z. Xu, L. (2021). Extraction and Application of Natural Rutin From *Sophora japonica* to Prepare the Novel Fluorescent Sensor for Detection of Copper Ions. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9:642138. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.642138>.



## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Preparación de las muestras

#### Figura 22

*Desinfección de mango con hipoclorito de sodio (100ppm)*



#### Figura 23

*Codificación de muestras de mango kent*



## Anexo 2. Tratamiento de muestras

### 2.1. Liofilización

**Figura 24**

*Muestras de mango congeladas*



**Figura 25**

*Liofilizador*



**Figura 26**

*Cáscara de mango liofilizada*



**Figura 27**

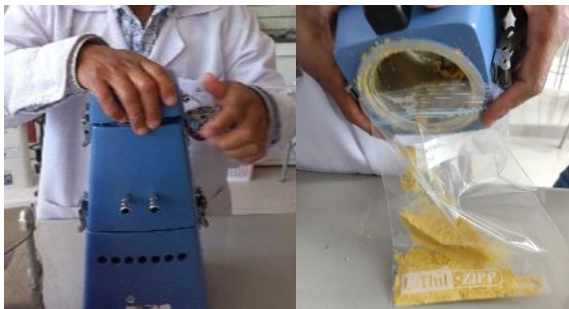
*Almendra de mango liofilizada*



## **2.2. Molienda**

**Figura 28**

*Molienda de cáscara de mango en molino IKA/M 20*



**Figura 29**

*Almendra de mango molida*



**Figura 30**

*Pesado de cáscara de mango molida*



**Figura 31**

*Pesado de almendra de mango molida*



**Figura 32**

*Almacenamiento de muestra molida en una cámara de conservación a 20°C*



### Anexo 3. Análisis proximal de residuos de mango

**Figura 33**

*Determinación de humedad de residuos de mango en estufa*



**Figura 34**

*Determinación de cenizas en residuos de mango en mufla*



**Figura 35**

*Determinación de grasa en residuos de mango en equipo Soxhlet*



**Figura 36**

*Determinación de fibra en residuos de mango en digestor*



**Figura 37**

*Determinación de proteínas en residuos de mango por método Kjeldah*



#### **Anexo 4. Extracción de muestras con etanol según el DCCR**

**Figura 38**

*Mezclado de muestra con solución etanólica*





**Figura 39**

*Agitación de muestra con solvente (solución acuosa de etanol)*



**Figura 40**

*Centrifugación de muestra con solvente*



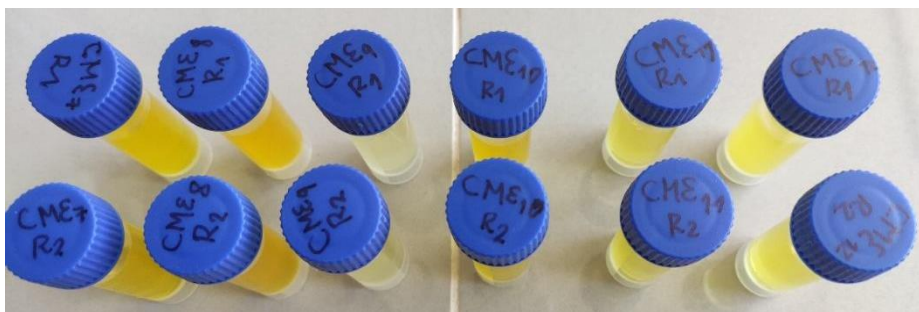
**Figura 41**

*Separación del extracto*



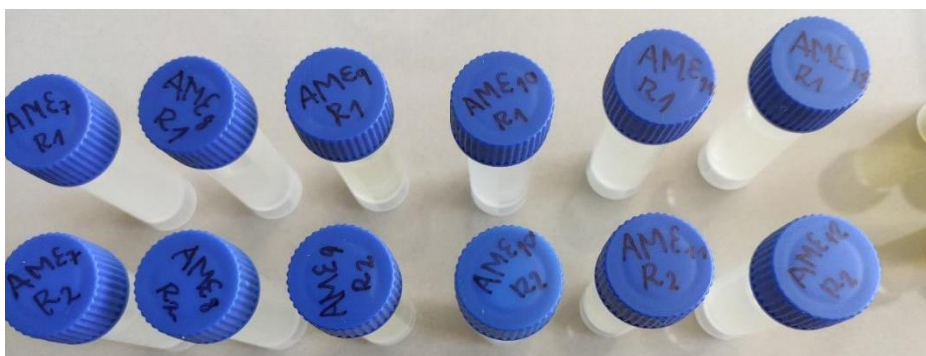
**Figura 42**

*Codificación del extracto de cáscara de mango*



**Figura 43**

*Codificación del extracto de almendra de mango*



**Figura 44**

*Muestras codificadas*





**Figura 45**

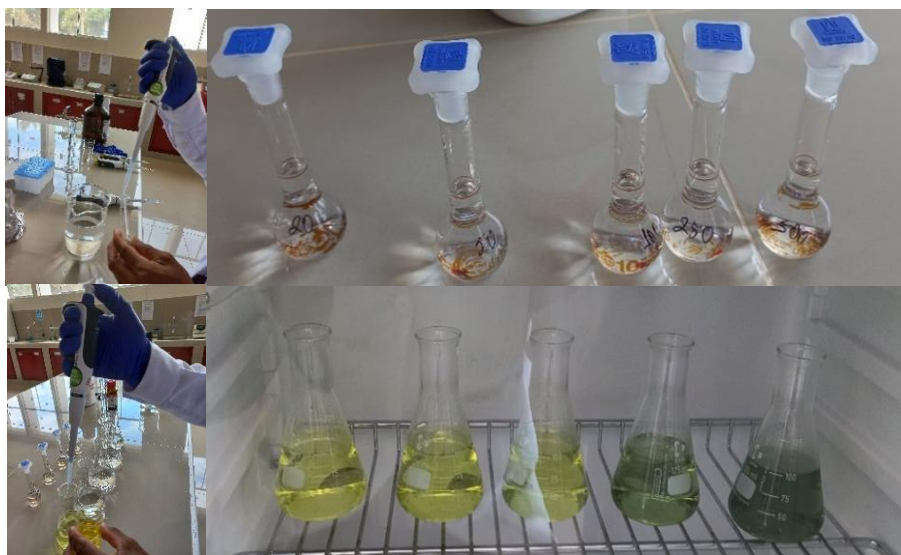
*Muestras almacenadas en una cámara frigorífica a -20°C*



## **Anexo 5. Determinación de polifenoles totales**

**Figura 46**

*Preparación del estándar (ácido gálico) a diversas concentraciones*



**Figura 47**

*Ácido gálico en el espectrofotómetro (765nm)*



**Figura 48**

*Preparación de muestra para lectura de polifenoles (reactivo Folin-Ciocalteu)*



**Figura 49**

*Muestra en el espectrofotómetro (765nm)*



## **Anexo 6. Determinación de flavonoides**

### **6.1. Extracción de muestras óptimas con etanol**

**Figura 50**

*Mezclado de muestra con solución etanólica*



**Figura 51**

*Agitación de muestra con solvente (solución acuosa de etanol)*



**Figura 52**

*Centrifugación de muestra con solvente*



**Figura 53**

*Separación del extracto*



**Figura 54**

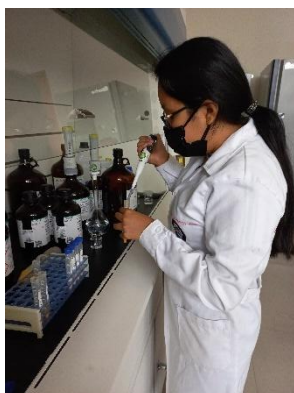
*Muestras codificadas*



## 6.2. Extracción de muestras con metanol

**Figura 55**

*Mezclado de muestra con solución metanólica*



**Figura 56**

*Agitación de muestra con solvente (solución acuosa de metanol)*



**Figura 57**

*Centrifugación de muestra con solvente*



**Figura 58**

*Muestras codificadas*





### 6.3. Preparación y lectura del estándar quercetina en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS-2020

**Figura 59**

*Preparación del estándar (quercetina) a diversas concentraciones*



**Figura 60**

*Lectura de concentración de la quercetina en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS-2020*



#### 6.4. Lectura de los extractos etanólicos y metanólicos en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS-2020

**Figura 61**

*Lectura de concentración de quercetina en extractos etanólicos y metanólicos en el cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) marca SHIMADZU con detector de masa de simple cuadrupolo LCMS-2020*







## ACTA DE SUSTENTACIÓN

### ACTA DE SUSTENTACIÓN N°068-2022-UINV-FIQIA-VIRTUAL

Siendo las 15:00 Hrs del día 07 de setiembre del 2022, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/ecv-vqkn-edh?hs=224>, los miembros de jurado evaluador de la Tesis Titulada: “COMPARACION DE LA CONCENTRACION DE FLAVONOIDES DE RESIDUOS DE MANGO (Mangifera indica L.) MEDIANTE ESPECTROMETRIA DE MASA”; designados por Decreto N° 309-2019-UINV-FIQIA de fecha: 29 de noviembre del 2019, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulu.....Presidente
- M.Sc. Doyle Isabel Benel Fernández.....Secretario
- Ing. Gerardo Santamaria Baldera.....Vocal.

La tesis fue asesorada por la Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán, nombrado (a) por Decreto N° 254-2019-UINV-FIQIA de fecha: 09 de octubre del 2019. El acto de sustentación fue autorizado por Resolución N°284-2022-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 03 de setiembre del 2022. La Tesis fue presentada y sustentada por la Bachiller: Jackelin Stephany Carranza Veliz y tuvo una duración de una hora.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de (18) (Dieciocho) en la escala vigesimal, mención Muy bueno. Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de Ingeniera de Industrias Alimentarias de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 16:00 Hrs.. se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas

.....  
Presidente: Dr. Cesar A. Monteza Arbulu.

.....  
Secretario: M.Sc. Doyle I. Benel Fernández

.....  
Vocal: Ing. Gerardo Santamaria Baldera.

.....  
Asesor: Dra. Blanca M. Romero Guzmán

**“Año del Fortalecimiento de la soberanía Nacional “**

Lambayeque 25 de agosto del 2022

Señor

**Dr LUIS ALBERTO POZO SUCLUPE**

Director De La Unidad De Investigación

Facultad De Ingeniería Química e Industrias Alimentarias

Presente

Me dirijo a Ud para saludarle cordialmente y en concordancia con la Directiva para la evaluación de originalidad de los documentos académicos, de investigación formativa y para la obtención de Grados y títulos de la UNPRG, alcanzo la siguiente constancia:

## **CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Yo, Blanca Margarita Romero Guzmán, Asesora de tesis de la Bachiller:

**JACKELIN STEPHANY CARRANZA VELIZ**

---

Titulada:

**‘COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FLAVONOIDES DE RESIDUOS DE MANGO (*MANGIFERA INDICA* L.) MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE MASAS’**

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 14% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

La suscrita analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las Normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 25 de Agosto del 2022



---

Blanca Margarita Romero Guzmán  
DNI: 16440129

BMRG.

# COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FLAVONOIDES DE RESIDUOS DE MANGO (MANGIFERA INDICA L.) MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE MASAS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	14%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://www.formacionalcala.es">www.formacionalcala.es</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.mango.org">www.mango.org</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://jupiter.utm.mx">jupiter.utm.mx</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://riunet.upv.es">riunet.upv.es</a> Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to Universidad de Piura Trabajo del estudiante	<1 %
10	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
12	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
13	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	rodin.uca.es Fuente de Internet	<1 %
16	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
17	riut.ut.edu.co Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	reviberpol.files.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.ute.edu.ec">repositorio.ute.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://repository.ut.edu.co">repository.ut.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
25	Submitted to Cyprus International University Trabajo del estudiante	<1 %
26	Submitted to Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
27	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
30	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://pdffox.com">pdffox.com</a> Fuente de Internet	<1 %



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jackelin Stephany Carranza Veliz  
Título del ejercicio: Tesis 5ta rev  
Título de la entrega: COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FLAVONOIDES D...  
Nombre del archivo: Turniti\_INFORME\_DE\_TESIS\_FINAL\_2022.docx  
Tamaño del archivo: 5.36M  
Total páginas: 75  
Total de palabras: 11,492  
Total de caracteres: 64,406  
Fecha de entrega: 25-ago.-2022 11:32a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 1886972827



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



**TESIS**  
"COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FLAVONOIDES DE  
RESIDUOS DE MANGO (*MANGIFERA INDICA* L.) MEDIANTE  
ESPECTROMETRÍA DE MASAS"

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero de Industrias Alimentarias

PRESENTADO POR:  
Bach. CARRANZA VELIZ JACKELIN STEPHANY

ASESORADO POR:  
Dra. BLANCA MARGARITA ROMERO GUZMÁN

Lambayeque – Perú  
2022

1